ტოქსიკოლოგიური ქიმია

ნაწილი I

წინასიტყვაობა

ადამიანის შხამებთან შეხება მოხდა ჯერ კიდევ უხსოვარ დროს, როდესაც ჩვენმა წინაპრებმა პირველად დაიწყეს შხამიანი მცენარეების და ცხოველების გამოყენება.

შხამების მოქმედება მოცული იყო საიდუმლოებებით და აიხსნებოდა მათი კავშირით ბოროტ სულებთან და შავ მაგიასთან. ადამიანები შხამებს იყენებდნენ ცხოველებზე ნადირობის, დანაშაულის ჩადენის, ასევე მკურნალობის მიზნით. ბერძნულ და რომაულ მითოლოგიაში დაწვრილებით არის აღწერილი შხამების მომზადების და გამოყენების მეთოდები. ძველი რომის ისტორიაში ნახსენებია სასამართლო პროცესი მატრონების წინააღმდეგ (331 წ. ჩვ. წთ. აღრ.), რომლებიც წამლავდნენ ხალხს. 81 წ. ჩვ. წთ. აღრ. რომში მიღებული იქნა განსაკუთრებული კანონი დანაშაულის წინააღმდეგ, რომლის დროსაც გამოიყენებოდა შხამი.

შხამების სახით, ძირითადად გამოიყენებოდა მცენარეული წარმოშობის ნივთიერებები – ალკალოიდები და გლიკოზიდები (სტრიქნინი, კურარე, აკონიტი, სტროფანტინი და სხვ.), განსაკუთრებით აღსანიშნავია ისეთი მცენარეები, როგორიც არის მანდრაგორა და ციკუტა.

კარგათ იცნობდნენ შხამიან და ძილისმომგვრელ მცენარეებს ანტიკურ საქართველოში. კოლხეთის მეფის აიეტის ასული მედეა, რომლის სახელსაც მრავალი თანამედროვე მეცნიერი უკავშირებს მედიცინას, ფლობდა უდიდეს ცოდნას. მან მონუსხა დრაკონი და იასონს დაეხმარა ოქროს საწმისის გატაცებაში. მითოლოგიის თანახმად მას შეეძლო მკვდრის გაცოცხლება და ცხვრის ბატკნად ქცევა. ეჭვებით შეპყრობილი მედეა, სამკურნალო მცენარეების ცოდნას იყენებს იასონის საცოლის, მეფე კრეონტის ასულის კრეუსას, წინააღმდეგ და უგზავნის მოწამლულ სამოსს.

საქართველოს ყველა კუთხეში ჩატარებული სამეცნიერო ექსპედიციები ადასტურებს "შხამმკეთებლობის" მაღალი და გასაიდუმოლებული კულტურის არსებობას. ტრადიციულად ძველ ქართულ, კლასიკურ მედიცინას ოთხი წყაროთი იკვლევენ - "უსწორო კარაბადინი" (ჩვ. წ. აღრ. X ს.); წიგნი სააქიმოჲ (ჩვ. წ. აღრ. XIII ს.); ზაზა-ფანასკერტელ-ციციშვილის "სამკურნალო წიგნი - კარაბადინი" (ჩვ. წ. აღრ. XV ს.) და დავით ბაგრატიონის "იადიგარ დაუდი" (ჩვ. წ. აღრ. XVI ს.);

ქანანელის “უსწორო კარაბადინი” X საუკუნის სამედიცნო დამწერლობითი ძეგლი ვრცლად აღწერს მოწამვლასთან დაკავშირებულ საკითხებს. აქ აღწერილია მოწამვლის სახეები, მიზეზები, მკურნალობის ხერხები, კავშირი მომწამვლელ ნივთიერებებსა და კვებას შორის, პროფილაქტიკური ღონისძიებები შხამის შეწოვის თავიდან ასაცილებლად.

შხამიანი და ძლიერმოქმედი ნივთიერებებით მოწამვლის შემთხვევაში “უსწორო კარაბადინში” აწერილია უნივერსალური შხამსაწინააღმდეგო საშუალებები: “დიდი თრიაყი”, “თრიაყი არბა” და “თრიაყი ღალი”.

თრიაყის ანუ თერიაქის ისტორია იწყება ჩვ. წ. აღრ. 143-63 წლებში, როდესაც ლეგენდის თანახმად პირველი ანტიდოტი შექმნილი იყო **მეფე მითრიდატე IV პონტოელის** მიერ, რასაც “მითრიდატუმი” ეწოდებოდა. ძველ რომში პირველი თერიაქი შექმნა ანდრომახმა, იმპერატორ ნერონის პირადმა ექიმმა, რომელმაც პირველმა შეცვალა ანტიდოტის სახელწოდება და მითრიდატუმის ნაცვლად თერიაქი უწოდა. თერიაქის უნივერსალური რეცეპტის შექმნაზე მუშობდა საექიმო პრაქტიკის ერთ-ერთი დამაარსებელი გალენი (131-201წ. ჩვ წ. აღრ.). თერიაქის რეცეპტის გაუმჯობესებისთვის გალენმა რომის იმპერატორის მარკუს ავრელიუსისგან საჩუქრად მიიღო ოქროს ჯაჭვი, რაზეც ეწერა: “ანტონინ - რომის იმპერატორისგან, გალენს – ექიმების იმპერატორს”.

სხვადასხვა ეპოქასა და ქვეყნებში თერიაქის შემადგენლობა იცვლებოდა, პირველი მითრიდატუმი შესდგებოდა 54 მცენარის ნაყენისგან. ანდრომახმა ამ რეცეპტს დაამატა გველგესლას ხორცი, ვინაიდან ამ პერიოდში პოპულარული იყო “მსგავსის მსგავსით მკურნალობა”. გალენმა რეცეპტი მნიშვნელოვნად გადაამუშავა და თერიაქის შემადგენლობაში შეიტანა ხაშხაშის ნაყენი.

შუა საუკუნეებში თერიაქის შემადგენლობა ხშირად იცვლებოდა, თუმცა ორი კომპონენტი მუდმივად რჩებოდა რეცეპტში ეს იყო კატაბალახა და ოპიუმი. ნაყენი მზადდებოდა თეთრი თაფლისა და წითელი ღვინის გამოყენებით.

თერიაქი წარმოადგენდა მუქ, ყავისფერ, პასტისმგვარ მასას რომელიც დანით იჭრებოდა და შესაძლებელი იყო მისი პატარა კუბიკებად დაჭრა. თერიაქს იღებდნენ ასეთი პასტილების სახით ან ხსნიდნენ წყალში და სპირტში. შუა

საუკუნეებში ის ითვლებოდა პანაცეად და გამოიყენებოდა როგორც პროფილაქტიკის ისე მკურნალობის მიზნით.

თუმცა უკვე XVII საუკუნეში ინგლისელი ექიმი გიდეონ ჰარვეი კრიტიკულად არის განწყობილი პროდუქტის მიმართ, რასაც აღნიშნავს თავის ნარკვევში "ავადმყოფობის მკურნალობის ხელოვნება მოთმინებით" (1668).

თერიაქის სასწაულებრივი მოქმედებისა სჯეროდათ XIX საუკუნემდე, უკანსაკნელი ცნობები ამ პროდუქტის შესახებ გვხვდება ლონდონის (1745), ფრანგულ (1818) და გერმანულ (1872) ფარმაკოპეაში.

განსაკუთრებით დაწვრილებით არის აღწერილი მოწამვლები და მათი მკურნალობა ქართული სამედიცინო დამწერლობის XV საუკუნის ძეგლში – ზაზა ფანასკერტელი-ციციშვილის "სამკურნალო წიგნი - კარაბადინი". წიგნი უნიკალურია მასში აღწერილი რთული შემადგენლობის შხამსაწინააღმდეგო საშუალებებით – თერიაქი და მაჯუნები. ისინი გამოიყენებოდა არა მხოლოდ შხამების საწინააღმდეგო ანტიდოტებად, არამედ სხვადასხვა შინაგანი დაავადებების სამკურნალოდ.

დავით ბაგრატიონის "იადიგარ დაუდი" (XVI) აღწერს მრავალი საკვების და სამკურნალო საშუალების გამოყენებით გამოწვეულ მსუბუქ მოწამვლებს, ანუ ნაწყენობის მიზეზებს და მათი მკურნალობის მეთოდებს. "იადიგარ დაუდში" წარმოდგენილია ე.წ. "ღვინის ნაწყენობის" ანუ ალკოჰოლური მოწამვლების სიმპტომები, მიზეზები და მკურნალობის საშუალებები.

ევროპაში, შუა საუკუნეების პერიოდში, მოწამვლა იყო პოლიტიკური და პირადი ანგარიშსწორების ძირითადი იარაღი. ამ მიზნით ხშირად იყენებდნენ დარიშხანს, რომელმაც შექმნა მთელი ეპოქა და შეიწირა მრავალი ადამიანის სიცოცხლე.

თუმცა ქიმიის, როგორც მეცნიერების განვითარებასთან ერთად, XVIII-XIX საუკუნეებში აღმოჩენილი იქნა ქიმიური ნივთიერებების ბიოლოგიური მოქმედების მექანიზმი და შხამებმა დაკარგეს თავისი მისტიკური მნიშვნელობა. თუმცა ამას მოჰყვა მრავალრიცხოვანი სინთეზური შხამების მიღება. ზოგიერთი მათგანის ტოქსიკური მოქმედება მნიშვნელოვნად აღემატებოდა ბუნებრივი შხამების მოქმედებას. ამ დროიდან მოყოლებული გამუდმებით იზრდება ქიმიური ნივთიერებე-

ბის რიცხვი, რომლებიც გამოიყენება მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში, მედიცინაში, ყოფა-ცხოვრებაში, რამაც შექმნა ახალი ეკოლოგიური საფრთხე ადამიანის ჯანმრთელობისთვის.

მწვავე და ქრონიკული მოწამვლების რიცხვი განსაკუთრებით გაიზარდა მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ, როდესაც ადამიანის მეცნიერულ-ტექნიკური მოღვაწეობის შედეგად გარემოში დაგროვდა ქიმიური ნაერთების უდიდესი რიცხვი - 6 მილიონი დასახელება.

საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ თითქმის მთელ მსოფლიოში იზრდება ყოფითი მოწამვლების რიცხვი. ისინი წარმოადგენენ მოწამვლების 98 %. პროფესიული მოწამვლები, როგორც წესი დაკავშირებულია წარმოებასთან, თუმცა ასეთი ხასიათის მოწამვლებთან ბრძოლა ხორციელდება საწარმოო ჰიგიენის განვითარების და სამედიცინო კონტროლის მეშვეობით.

მწვავე მოწამვლები (მათ შორის კრიმინალური – მსხვერპლის მოკვლის ან უგონო მდგომარეობაში გადაყვანის მიზნით) იშვიათობა გახდა, რაც ძირითადად დაკავშირებულია სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის განვითარებასთან და მაღალტოქსიკური ნაერთების შენახვა-გამოყენებაზე მკაცრი კონტროლის დაწესებასთან.

ობიექტური მიზეზი, რაც განაპირობებს მწვავე მოწამვლების რიცხვის ზრდას, მნიშვნელოვნად არის დაკავშირებული, XX და XXI საუკუნის დაძაბული ცხოვრების წესთან, რამაც მოსახლეობის ერთ ნაწილში გამოიწვია დამაწყნარებელი საშუალებების მუდმივი გამოყენების მოთხოვნილება.

მნიშვნელოვანია აგრეთვე მწვავე მოწამვლები, რომლებიც დაკავშირებულია ალკოჰოლიზმთან, ტოქსიკომანიასთან და ნარკომანიასთან.

XX საუკუნის 70-იანი წლებიდან, რეგისტრირებული მონაცემების საფუძველზე, მუდმივი მზარდი მაჩვენებელი აქვს პესტიციდებით მწვავე მოწამვლების როცხვს.

მწვავე და ქრონიკული მოწამვლების პრევენციისა და მკურნალობის პრობლემა მნიშვნელოვანი ამოცანაა ჯანდაცვის სფეროს წარმომადგენლების წინაშე, როგორც კლინიკური დიაგნოსტიკის, ასევე ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის თვალსაზ-

რისით. აუცილებელია ამ დარგში დაკავებული პროფესიონალების კომუნიკაციის მაღალი დონის არსებობა, აგრეთვე შესაბამისი მეცნიერულ-ტექნიკური ბაზის არსებობა, რაც საშუალებას იძლევა ზუსტად იქნას დადგენილი კონკრეტული მოწამვლის მიზეზი.

ვიმედოვნებთ, რომ წინამდებარე წიგნი "ტოქსიკოლოგიური ქიმია", რომელიც შექმნილია ფარმაცევტული ფაკულტეტის სტუდენტებისთვის - ბაკალავრებისთვის და მაგისტრებისთვის, იქნება როგორც თეორიული ისე პრაქტიკული სახელმძღვანელო და მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს ფამაცევტული კადრების აღზრდაში.

წიგნი ასევე საინტერესო და ინფორმაციული იქნება, შხამიანი და ნარკოტიკული საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზით დაკავებული ყველა პროფესიული კადრისთვისაც.

წიგნი შედგება – "ზოგადი" და "სპეციალური" ნაწილებისგან.

"ზოგად" ნაწილში მოცემულია ტოქსიკოლოგიური ქიმიის ძირითადი ამოცანები, ცნებები, განმარტებები, სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარების, გაფორმების და დოკუმენტაციის წარმოების წესები, ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში გამოყენებული მეთოდები, ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარების ორგანიზაცია საქართველოში და ა.შ.

"სპეციალურ" ნაწილში კი განხილულია ძირითადი შხამიანი, ნარკოტიკული და ფსიქოტროპული ნივთიერებების ტოქსიკოლოგიური მოქმედება, ტოქსიკოკინეტიკა, მათი სხვადასხვა ობიექტებიდან იზოლირების, ობიექტების გასუფთავების, აღმოჩენის და რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდები, მიღებული შედეგების ინტერპრეტაცია.

ფარმაცევტულ ფაკულტეტზე ტოქსიკოლოგიური ქიმიის განვითარების მოკლე ისტორია

1919 წლის ოქტომბრიდან თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის სამკურნალო ფაკულტეტთან ჩამოყალიბდა ფარმაციის განყოფილების "ფარმაციისა და ფარმაკოგნოზიის კათედრა", რომელმაც შემდგომში საფუძველი ჩაუყარა ფარმაცევტული ფაკულტეტის სხვა კათედრებს (მათ შორის სასამართლო ქიმიის) და მოგვიანებით კი, თვით ფარმაცევტული ფაკულტეტის ჩამოყალიბებას. აღნიშნული კათედრა 1921 წლამდე ფაქტიურად ხელმძღვანელის გარეშე იყო. 1921 წელს ოდესიდან მოწვეული იქნა და 1922 წლის იანვრიდან კათედრის გამგის მოვალეობის შესრულებას შეუდგა აკადემიკოსი იოველ ქუთათელაძე. იმავე წელს ჩამოყალიბდა **სასამართლო ქიმიის კათედრა**, რომელმაც ამ სახელწოდებით იარსება 1925 წლამდე.

1925 წელს სასამართლო ქიმიის კათედრა გადაკეთდა სასამართლო და ანალიზური ქიმიის კათედრად, რომელსაც არსებობის მთელ პერიოდში - 1959 წლამდე ხელმძღვანელობდა იოველ ქუთათელაძე.

1959 წელს კათედრას ეწოდა ორგანული და სასამართლო ქიმიის კათედრა, რომელსაც 1959-1972 წლებში (გარდაცვალებამდე) ხელმძღვანელობდა აკადემიკოსი ვლადიმერ ასათიანი, ხოლო 1972-83 წლებში პროფესორი თინათინ ფიჩხაია.

1983 წლიდან სასამართლო ქიმია გამოეყო ორგანული ქიმიის კათედრას და ანალიზის ინსტრუმენტალური მეთოდების კურსთან ერთად ჩამოყალიბდა დამოუკიდებელ კურსად სახელწოდებით **"ტოქსიკოლოგიური ქიმია – ანალიზის ინსტრუმენტალური მეთოდებით"**, რომელსაც რეორგანიზაციამდე, ფარმაცევტული და ტოქსიკოლოგიური ქიმიის კათედრის ჩამოყალიბებამდე (1996 წელი), სათავეში ედგა პროფესორი რომან მახარაძე.

1996 წელს ფარმაცევტული ქიმიის კათედრა და ტოქსიკოლოგიური ქიმია – ანალიზის ინსტრუმენტალური მეთოდებით კურსი გაერთიანდა და კათედრას ეწოდა **"ფარმაცევტული და ტოქსიკოლოგიური ქიმიის კათედრა"**, რომელსაც ამჟამად "ფარმაცევტული და ტოქსიკოლოგიური ქიმიის დეპარტამენტი" ეწოდება და მას ხელმძღვანელობს აკადემიკოსი, პროფესორი რომან მახარაძე.

სხვადასხვა წლებში ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში ლექცია-პრაქტიკულებს ატარებდნენ: ქეთევან მუჯირი (1937-40 წლები), ნინო ჟღენტი (1937-42 წლები), ელენე ჯაფარიძე (1939-41 წლები), მათე ჯანიაშვილი (1939-42 წლები), ვიქტორ ბოსტოღანაშვილი (1940-44 წლები), ლევან ჩხატარაშვილი (1942-48 წლები), კლარა გამსახურდია (1944-46 წლები), შოთა ღლონტი (1945-48 წლები), თამარ ფხეიძე (1947-50 წლები), სიმონ უჯმაჯურიძე (1947-48 წლები), თინათინ ზურაბაშვილი (1944-

83 წლები), ნუნუ იობაშვილი (1940-92 წლები), მაია ქურციკიძე (1985-2010 წლები), ნანა გორგასლიძე (1992-97 წლები).

ფარმაცევტული საზოგადოებისთვის მნიშვნელოვანი გამოცდა იყო 1989 წლის 9 აპრილს დატრიალებული ტრაგედიის მიზეზების დადგენა.

1989 წლის აპრილის ბოლოს საქართველოს უმაღლესი საბჭოს 9 აპრილის ტრაგედიის გამომკვლევ კომისიასთან შეიქმნა ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ქვეკომისია. მანამადე (13 აპრილიდან) მომწამვლელ ნივთიერებათა გამოყენების საკითხს განიხილავდა ჯანდაცვის სამინისტროსთან შექმნილი სამედიცინო კომისია. ანალიზები ტარდებოდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ბიოლოგიური ფიზიკის ინსტიტუტში, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის ფარმაცევტული ქიმიის კათედრაზე, საქართველოს ჯანდაცვის სამინისტროს სანიტარულ-ქიმიურ ლაბორატორიაში და ქრომატოგრაფიულ ცენტრში, რესპუბლიკურ ქრომატო-მას სპექტრომეტრიულ ცენტრში (ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი).

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ქვეკომისიის შექმნის საფუძველი გახდა გარდაცვლილები და უამრავი უგონოდ მყოფი და მოწამლული ადამიანი, რომლებიც მიიყვანეს თბილისის საავადმყოფოებში.

რუსთაველის გამზირზე, მთავრობის სასახლის წინ, მის მიმდებარე ტერიტორიაზე და შენობებიდან აღებული იყო საანალიზო ნიმუშები, რომელთა ანალიზის შედეგად დადგინდა ქლორაცეტოფენონის შემცველობა 190 სინჯში, სი-ეს-ის 89 სინჯში. 9 აპრილიდან 3 კვირის შემდეგ ნიადაგიდან აღებულ ნიმუშებში ქლორაცეტინოფენოლის და სი-ეს-ის არსებობის დადგენა მიგვითითებდა, რომ დემონსტრაციის დარბევის დროს ეს ნივთირებები გომოყენებული იყო დიდი რაოდენობოთ, ხოლო შენობების სათავსებში ამ ნივთიერებების აღმოჩენა ადასტურებდა ცრემლმდენი ნივთირებების გამოყენების ინსტრუქციის უხეშ დარღვევას. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სი-ეს-ის გამოყენება არ იყო ნებადართული მშვიდობიანი დემონსტრაციის მონაწილეთა დასაშლელად.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურმა კომისიამ ჩაატარა აღებული ნიმუშების ქრომატოგრაფიული ანალიზი და ცხადი გახდა, რომ ყველა საანალიზო ობიექტი დომინანტურად შეიცავდა მესამეულ ამინს, რაც წესით არ უნდა ყოფილიყო არცერთ ნიმუშში. აგრეთვე დადგინდა მინორული რაოდენობით ქლორპიკრინის არსებობა საკვლევ ობიექტებში. ანალიზის შედეგებმა ცხადყო, რომ დემონსტრანტების წინააღმდეგ გამოყენებული იყო მომწამვლელი ნივთიერებების რთული ნარევი.

მოსკოვიდან ჩამოსულმა სამხედრო უწყების ოფიციალურმა წარმომადგენელმა ვერ ახსნა მიღებული ანალიზის შედეგები. კვლევის პროცესს ართულებდა ისიც,

რომ არ არსებობდა აღნიშნული ნივთიერებების სახელმწიფო სტანდარტები და დამტკიცებული ანალიზის მეთოდები.

1989 წლის 20 მაისს ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური და სამედიცინო კომისიის მუშაობას გაეცნო ამერიკელი და ფრანგი ტოქსიკოლოგები, მათი ყურადღება მიიპყრო გარდაცვლილთა ორგანოების მორფოლოგიური კვლევის მასალებმა, რის საფუძველზეც გამოითქვა მტკიცე მოსაზრება, რომ მოწამლულთა კლინიკური სურათი და გარდაცვლილთა სასუნთქი გზების დაზიანების ხასიათი მიუთითებდა ქლორპიკრინის გამოყენებაზე, რაც დადასტურდა მთავრობის სახლის წინ აღებული ნიადაგის გამოკვლევით (ქრომატოგრაფიული და სპექტრალური ანალიზით).

სტანდარტული ნივთიერებების და ანალიზის მეთოდების არარსებობის გამო, კომისიის ექსპერტებს მუშაობა უხდებოდათ მეტისმეტად რთულ ვითარებაში, ისინი იძულებულები იყვნენ ქრომატოგრაფიული მეთოდებით დაეყოთ ქიმიური იარაღის კომპონენტები, გამოეყოთ ინდივიდუალური ნივთიერებები და მოეხდინათ მათი იდენტიფიკაცია. მუშაობის პროცესში საჭირო გახდა თანამედროვე მეთოდების დამუშავება და მათთვის სტატუსის მინიჭება.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ კომისიას დიდი დახმარება გაუწია პუბლიკაციებმა, რომელიც მოგვაწოდა უცხოური ქვეყნების ექსპერტებმა. ეს პუბლიკაციები ეხებოდა ვიეტნამსა და ავღანეთში საბჭოთა არმიის მიერ გამოყენებული ქიმიური იარაღის გამოკვლევებს და ანალიზის მეთოდებს.

1989 წლის აპრილ-ივნისში დამოუკიდებლობისთვის თავშეწირულთა გარდაცვალების მიზეზის დასადგენად თავდაუზოგავად მუშაობდნენ უფროსი თაობის მკვლევარები: აკადემიკოსი მალხაზ ზაალიშვილი, პროფესორები: ბიძინა ჭუმბურიძე, ზურაბ სალია, ზურაბ ზურაბიშვილი, თამაზ ჭუმბურიძე, მიხეილ ვაშაკიძე და ახალგაზრდები: ქეთევან ბარამიძე, თამარ ჩიკვილაძე, გიორგი ანთაძე, შალვა ფირცხალავა, ლეილა მამალაძე, შალვა ჩხიკვიშვილი, გია ახალკაცი, არჩილ ბეგიაშვილი და სხვები.

მოსკოვში მორფოლოგიურ-ტოქსიკოლოგიური კომიის დასკვნას იცავდა აკადემიკოსი თამარ დეკანოსიძე, ხოლო ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური კომისიის დასკვნას – პროფესორი ბიძინა ჭუმბურიძე.

ქართველი მეცნიერების ოპონენტები იყვენენ საბჭოთა კავშირის სამხედრო პროკურატურის ექსპერტები, სამხედრო სამედიცინო აკადემიის პროფესორები, საბჭოთა არმიის მთავარი ტოქსიკოლოგები და ა.შ. პაექრობა იყო ხანგრძლივი.

საექსპერტო კომისიის თავმჯდომარე, აკადემიკოსი გაზენკო გაკვირვებული იყო: “საოცარია, როგორ შეძელით ჭეშმარიტების დადგენა”.

საქართველოს ფარმაცევტთა საზოგადოებამ მოკრძალებული წვლილი შეიტანა ჭეშმარიტების დადგენსა და სამშობლოს დამოუკიდებლობისთვის ბრძოლის საქმეში.

სადღეისოდ ტოქსიკოლოგიური ქიმიის კურსი მიჰყავს პროფესორ ლია ადეიშვილ-ანდღულაძეს (1992 წლიდან დღემდე), ტოქსიკოლგიურ ქიმიაში აგრეთვე მუშაობენ თამაზ მურთაზაშვილი (1983 წლიდან დღემდე), ნინო იმნაძე (1998 წლიდან დღემდე), ნანა ლეკიშვილი (1974 წლიდან დღემდე), ნინო ნიჟარაძე (1984 წლიდან დღემდე).

დეპარტმანტის სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის ძირითადი მიმართულება იყო და არის "ნარკოტიკული და ფსიქოტროპული საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ახალი მეთოდების შემუშავება და არსებულის სრულყოფა".

თავი 1.

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

ტოქსიკოლოგიური ქიმიის საგანი, არსი, ამოცანები, კავშირი სხვა მეცნიერებებთან, როლი ფარმაცევტის მომზადებაში

ტოქსიკოლოგიური ქიმია – მეცნიერებაა, რომელიც შეისწავლის ტოქსიკური ნივთიერებების (შხამიანი და ძლიერმოქმედი ნივთიერებების) და მათი გარდაქმნის პროდუქტების - მეტაბოლიტების სხვადასხვა ობიექტებისაგან გამოყოფის, აღმოჩენის და რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდებს.

ტოქსიკოლოგიური ქიმიის არსი მდგომარეობს ტოქსიკური ნივთიერებების და მათი გარდაქმნის (მეტაბოლიზმის) პროდუქტების გამოყოფის, აღმოჩენის და რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდების შემუშავებაში.

ტოქსიკოლოგიური ქიმიის ამოცანებია:

1. შესაბამისი ობიექტებისაგან ტოქსიკური ნივთიერებების იზოლირების ახალი მეთოდების შემუშავება და უკვე არსებულის გაუმჯობესება

2. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ობიექტებისაგან მიღებული გამონაწვლილის გასუფთავების ეფექტური მეთოდების შემუშავება

3. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის პრაქტიკაში ტოქსიკური ნივთიერების აღმოჩენის ახალი უფრო მგრძნობიარე და სპეციფიკური რეაქციების და მეთოდების (ქრომატოგრაფიული, სპექტრომეტრიული და სხვა) შემუშავება

4. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის პრაქტიკაში რაოდენობრივი განსაზღვრის ახალი, უფრო მგძნობიარე და ზუსტი მეთოდების შემუშავება

5. ორგანიზმში ტოქსიკური ნივთიერებების მეტაბოლიზმის შესწავლა და მეტაბოლიზმის პროდუქტების ანალიზის მეთოდების შემუშავება

ხშირად "ტოქსიკოლოგიური ქიმია" გაიგივებულია "ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზთან", რაც არ არის სწორი. ტოქსიკოლოგიური ქიმია შეიმუშავებს ახალ და სრულყოფს არსებულ მეთოდებს, იძლევა ამ მეთოდების თეორიულ დასაბუთებას. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი კი არის მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების ერთობლიობა, რომლებსაც იყენებენ პრაქტიკაში ტოქსიკური ნივთიერებების გამოყოფის, აღმოჩენის და რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის.

ტოქსიკოლოგიური ქიმია კვლევის ობიექტების და გადასაწყვეტი ამოცანების მიხედვით იყოფა რამდენიმე ნაწილად – სასამართლო ქიმია, რომელიც ითვლება მის ძირითად, ყველაზე ძველ და განვითარებულ ნაწილად, ემსახურება სასამართლო-სამედიცინო ტოქსიკოლოგიას. 1965 წლამდე ტოქსიკოლოგიურ ქიმიას "სასამარ-

თლო ქიმიას" უწოდებდნენ, ამ უკანასკნელისაგან იგი განსხვავდება მხოლოდ კვლევის ობიექტების მრავალგვარობით. ვითარდება ტოქსიკოლოგიური ქიმიის ნაწილები, რომლებიც დაკავშირებული არიან სამრეწველო-სანიტარულ, სამხედრო, ვეტერინარულ, სამკურნალო, სამკურნალო მცენარეების (ფიტოტოქსიკოლოგია), კომუნალურ, კვებით, სასოფლო-სამეურნეო, საყოფაცხოვრებო, საავიაციო-კოსმოსურ, ქიმიურ, რადიოლოგიურ ტოქსიკოლოგიებთან.

ტოქსიკოლოგიურ ქიმიას სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვა სახელწოდება აქვს, თუმცა შინაარსი ერთი და იგივეა: სასამართლო-ქიმიური ტოქსიკოლოგია, ტოქსიკოლოგიური და სასამართლო ქიმია, ანალიზური ტოქსიკოლოგიური ქიმია, ქიმიური ტოქსიკოლოგია და სხვა.

<u>ტოქსიკოლოგიური ქიმიის კავშირი სხვა მეცნიერებებთან და მისი როლი ფარმაცევტის მომზადებაში</u>. ტოქსიკოლოგიური ქიმია დაკავშირებულია როგორც სამედიცინო (ტოქსიკოლოგია, ფარმაკოლოგია), ასევე ბიოლოგიურ (ბიოქიმია, ფარმაკოგნოზია) და ქიმიურ (ანალიზური, ორგანული, ფიზიკური, ფარმაცევტული ქიმიები) დისციპლინებთან. იგი ერთ-ერთი სპეციალური ფარმაცევტული დისციპლინაა, რომლის სწავლება არ შემოიფარგლება მხოლოდ მომავალი ფარმაცევტის მომზადებით ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური კვლევის სფეროში. <u>ფარმაცევტული დისციპლინების კომპლექსში ტოქსიკოლოგიურ ქიმიას ეკუთვნის ზოგადსაგანმანათლებლო და აღმზრდელობითი როლი.</u> იგი ასწავლის სტუდენტს კვლევის მეცნიერულ მეთოდებს, განსაზღვრულ პირობებში ცდის დაგეგმვას და ჩატარების წესებს, ამ დროს მიმდინარე პროცესებზე დაკვირვებას, მიღებული მონაცემებიდან ლოგიკური, სწორი დასკვნების გამოტანას და აგრეთვე რაც უმნიშვნელოვანესია მიღებული შედეგის <u>ზედმიწევნით დოკუმენტალურ გაფორმებას</u>.

ტოქსიკოლოგიური ქიმია მჭიდროდ არის დაკავშირებული როგორც ტოქსიკოლოგიასთან, ასევე ქიმიასთან. სამედიცინო დისციპლინები – მათ შორის პირველ რიგში ტოქსიკოლოგია და ფარმაკოლოგია – მის წინაშე აყენებენ საკითხებს, ხოლო ქიმიური და ფარმაცევტული მეცნიერებები – პირველ რიგში ანალიზური და ფარმაცევტული ქიმია – იძლევიან ამ საკითხების გადასაჭრელ მეთოდებს. ამრიგად ტოქსიკოლოგიური ქიმია გადაჯაჭვულია სხვა ფარმაცევტულ დისციპლინებთან, რომელთა შორის აღსანიშნავია ფარმაციის შედარებით ახალი მიმართულებები – ბიოფარმაცია, ფარმაკოკინეტიკა და ფარმაკოდინამიკა.

სსიპ "ლევან სამხარაულის – სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიურო" ჩამოყალიბდა 2004 წლის 4 ნოემბერს. იგი წარმოადგენს საჯარო სამართლის იურიდიულ პირს, რომელიც უზრუნველყოფს საქართველოს და უცხო ქვეყნის ფიზიკურ და იურიდიულ პირებს საექსპერტო მომსახურებით. ის ერთადერთი დამოუკიდებელი სასამართლო ლაბორატორიაა ქვეყნის მასშტაბით.

ბიუროს მომსახურებით სარგებლობენ, როგორც სახელმწიფო, ისე კერძო სტრუქტურები, საბიუჯეტო ორგანიზაციები, კომერციული და არაკომერციული დაწესებულებები, ასევე ფიზიკური პირები.

ბიუროს მიზანია, კანონმდებლობით დადგენილი წესით და კვალიფიციური ექსპერტების მეშვეობით, ბიუროს დებულებით განსაზღვრული ექსპერტიზებისა და გამოკვლევების ჩატარება, შესაბამისი დასკვნის და დასკვნის შედგენის შეუძლებლობის შესახებ აქტის მომზადება და გაცემა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე.

ბიურო თავის საქმიანობაში ხელმძღვანელობს საქართველოს კონსტიტუციით, საერთაშორისო ხელშეკრულებებითა და შეთანხმებებით, სხვა საკანონმდებლო აქტებითა და ბიუროს დებულებით. იგი ანგარიშვალდებულია საქართველოს პრეზიდენტისა და საქართველოს მთავრობის წინაშე.

ბიურო საკუთარი სახელით იძენს უფლებებსა და მოვალეობებს, დებს გარიგებებს, საკუთარი სახელით გამოდის სასამართლოში მოსარჩელედ ან/და მოპასუხედ.

ბიუროს ფუნქციები:

- სამოქალაქო, ადმინისტრაციული და სისხლის სამართლის საქმეებზე სასამართლო ექსპერტიზის ჩატარება და შესაბამისი დასკვნის და დასკვნის შედგენის შეუძლებლობის შესახებ აქტის გაცემა;
- სასამართლო-საექსპერტო მომსახურეობის განხორციელება ფიზიკურ და იურიდიულ პირებთან დადებული ხელშეკრულების საფუძველზე;
- სამეცნიერო და მეთოდური მუშაობის განხორციელება, ახალი მეთოდების დანერგვა და გამოკვლევათა მეთოდების სრულყოფა;
- საქართველოს და საერთაშორისო სასამართლო-საექსპერტო დაწესებულებებსა და სხვადასხვა ორგანიზაციებთან თანამშრომლობა;
- დაქტილოსკოპიური, ცეცხლსასროლი იარაღისა და ნარკოლოგიური აღრიცხვის მონაცემთა საინფორმაციო ბაზების წარმოება;
- ბეჭვდითი პროდუქციის გამოცემა სასამართლო ექსპერტიზის საკითხების შესახებ;

- მოქმედი კანონმდებლობით და ბიუროს დებულებით დაკისრებული სხვა ფუნქციების განხორციელება.

ბიუროს ექსპერტების მიერ გაცემულ კომპეტენტურ დასკვნას სასამართლოს წინაშე მტკიცებულების სახე აქვს და არბიტრაჟის შემთხვევაში ენიჭება უპირატესობა.

ბიუროს დამოუკიდებელი საექსპერტო მომსახურების დარგები

ბიურო ახორციელებს სრულფასოვან დამოუკიდებელ საექსპერტო მომსახურებას შემდეგ დარგებში:

- ვიდეო, ფონოსკოპიური და ჰაბიტოსკოპიური ექსპერტიზა;
- ბალისტიკური, ტრასოლოგიური და დაქტილოსკოპიური ექსპერტიზა;
- სატრანსპორტო-ტექნიკურ ტრასოლოგიური ექსპერტიზა;
- რადიაციული და სახანძრო-ტექნიკური ექსპერტიზა;
- დოკუმენტების ტექნიკური და ხელწერის ექსპერტიზა;
- ფინანსური და ბუღალტრული ექსპერტიზა;
- სამშენებლო და საინჟინრო-ტექნიკური ექსპერტიზა;
- სასაქონლო ექსპერტიზა;
- ზოგადი ქიმიური ექსპერტიზა;
- ქიმიურ-ნარკოლოგიური ექსპერტიზა;
- ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ექსპერტიზა;
- ნარკოტიკული, მომწამვლელი ნივთიერებებისა და ფარმაცევტული პრეპარატების ექსპერტიზა;
- ნარკოლოგიური შემოწმება და ექსპერტიზა;
- ნივთიერებათა, მასალათა, ნაკეთობათა და მცენარეთა ექსპერტიზა
- კვების (მათ შორის ბავშვთა) პროდუქტების, თამბაქოს ნაწარმის, ალკოჰოლიანი და უალკოჰოლო სასმელების ექსპერტიზა;
- ნავთობპროდუქტების ექსპერტიზა;
- სამედიცინო ექსპერტიზა (ცოცხალი პირებისა და გვამების სამედიცინო-კრიმინალისტიკური);
- ჰისტოლოგიური ექსპერტიზა;
- ფსიქიატრიული შემოწმება და ექსპერტიზა (ამბულატორიული და სტაციონარული);
- კომპიუტერული ექსპერტიზა;
- ბიოლოგიური ექსპერტიზა (გენეტიკური (დნმ), სეროლოგიური, ფარმაკოგენეტიკა, ვენური თრომბოზი, მემკვიდრული ძუძუს კიბო და სხვა).

ბიურო უფლებამოსილია კომპეტენციის ფარგლებში აწარმოოს სხვა სახის ექსპერტიზებიც.

ბიუროს სტრუქტურა

ბიუროს მართავს ბიუროს უფროსი, რომელსაც თანამდებობაზე ნიშნავს და თანამდებობიდან ათავისუფლებს საქართველოს პრეზიდენტი. ბიუროს უფროსი საქმიანობას წარმართავს ერთპიროვნულად. მასვე ეკისრება ბიუროს წარმომადგენლობა. იგი პერსონალურად აგებს პასუხს ბიუროს საქმიანობის სწორად წარმართვისათვის, ფულადი სახსრების მიზნობრივად და სწორად ხარჯვისათვის, ბიუროს საკუთრებაში არსებული ქონებისა და იმ ქონებისათვის, რომელიც ბიუროს გადმოცემული აქვს კანონმდებლობით დადგენილი წესით.

ბიუროს სტრუქტურული დანაყოფები:

- ადმინისტრაცია (დეპარტამენტი);
- შიდა აუდიტისა და ინსპექტირების დეპარტამენტი;
- ფსიქიატრიული ექსპერტიზის დეპარტამენტი;
- ქიმიურ-ნარკოლოგიური ექსპერტიზის დეპარტამენტი;
- სასაქონლო და ფინანსური ექსპერტიზის დეპარტამენტი;
- სამედიცინო ექსპერტიზის დეპარტამენტი;
- ბიოლოგიური ექსპერტიზის დეპარტამენტი;
- კრიმინალისტიკური ექსპერტიზის დეპარტამენტი;
- საინფორმაციო ტექნოლოგიების და კომპიუტერული ექსპერტიზის დეპარტამენტი;
- კირიაკ ზავრიევის სამშენებლო მექანიკის, სეისმომედეგობის და საინჟინრო ექსპერტიზის ცენტრი (დეპარტამენტი).

ბიუროს ტერიტორიული ორგანოები

ბიუროს ტერიტორიული ორგანოებია აჭარის რეგიონული ექსპერტიზის დეპარტამენტი; დასავლეთ საქართველოს რეგიონული ექსპერტიზის დეპარტამენტი.

ბიუროში ყველა დარგს გააჩნია სათანადო ლაბორატორია, სადაც დასაქმებულნი არიან გამოცდილი და კვალიფიციური ექსპერტები, რომლებიც უზრუნველყოფენ საექსპერტო კვლევების მაღალ ხარისხს და ბიუროს სახელით სასამართლო პროცესებზე თავად იცავენ გაცემული დასკვნის ჭეშმარიტებას.

ბიუროს შენობა დაპროექტებულია უცხოელი კონსულტანტების დახმარებით, სადაც გათვალისწიენბულია ლაბორატორიული კვლევებისთვის ყველა საჭირო სტანდარტი.

სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიურო ემსახურება მუდმივი განვითარების კონცეფციას, აღნიშნული ხედვა საფუძვლად უდევს ხარისხის მიზნების ჩამოყალიბებას. ბიუროში ინერგება საერთაშორისო სტანდარტის ISO:17025-ის მოთხოვნები და უახლოეს მომავალში ბიურო მიიღებს საერთაშორისო აკრედიტაციას.

სტატისტიკური მონაცემების თანახმად, ბიურო ყოველი წლის განმავლობაში ემსახურება დაახლოებით 36 000-მდე მომხმარებელს.

ბიუროს პარტნიორები:

- ამერიკის შეერთებული შტატების საელჩოს ანტინარკოტიკული და სამართალდაცვითი პროგრამა (INL Program);
- ჩრდილო-ატლანტიკური ალიანსი (NATO);
- წითელი ჯვარი, ამერიკის შეერთებული შტატების საერთაშორისო განვითარების სააგენტო (USAID);
- გაეროს განვითარების პროგრამა (UNDP);
- ევროკავშირი, სასამართლო ექსპერტიზის დაწესებულებათა ევროპული ქსელი (ENFSI);
- ნიდერლანდების სასამართლო ექსპერტიზის ინსტიტუტე (NFI);
- ჰოლანდიური საერთაშორისო არასამთავრობო ორგანიზაცია – ფონდი "გლობალური ინიციატივა ფსიქიატრიაში" (GIP);
- თურქეთის სასამართლო მედიცინის საბჭო (Adli Tip Kurumu);
- სახელმწიფო ექსპერტიზის ბიურო - ლატვია;
- ატომური ენერგიის საერთაშორისო სააგენტო (IAEA).

§1. ქიმიურ-ნარკოლოგიური ექსპერტიზის დეპარტამენტი

სსიპ ლევან სამხარაულის სახელობის სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიუროს საქმიანობაში ქიმიურ-ნარკოლოგიური ექსპერტიზის დეპარტამენტს სტატისტიკურად 27% უჭირავს.

დეპარტამენტის ამოცანები

ბიუროს დაბულების თანახმად ქიმიურ-ნარკოლოგიური ექსპერტიზის დეპარტამენტის ამოცანებია:

- სისხლის, სამოქალაქო ან ადმინისტრაციული სამართლის საქმეებზე სასამართლოს, პროკურორის, გამომძიებლის, საქმეში მონაწილე მხარის ან უფლებამოსილი პირის მიერ კანონით დადგენილი წესით, აგრეთვე საქართველოს ან უცხო ქვეყნის ფიზიკური და იურიდიული პირების ადმინისტრაციული ორგანოს მოთხოვნის საფუძველზე მოქმედი კანონმდებლობისა და სამედიცინო სტანდარტების ფარგლებში, საჭირო გარემოებების დასადგენად და საკითხების გადასაწყვეტად, ქიმიური და ნარკოლოგიური ექსპერტიზების ჩატარება და შესაბამისი დასკვნის და დასკვნის შედგენის შეუძლებლობის შესახებ აქტის გაცემა;
- გამომძიებლის ან პროკურორის დადგენილების, მოსამართლის განჩინების/დადგენილების, ფიზიკურ და იურიდიულ პირებთან დადებული ხელშეკრულების საფუძველზე ექსპერტიზის ჩატარება;
- სამეცნიერო და მეთოდური მუშაობა, გამოკვლევათა სრულყოფა და ახალი მეთოდების დანერგვა;
- თანამშრომელთა კვალიფიკაციის ამაღლება ქიმიური და ნარკოლოგიური ექსპერტიზის დარგში.

დეპარტამენტის ფუნქციები:

- საავტომობილო და საავიაციო საწვავის, დიზელის საწვავის, სხვადასხვა დასახელების ზეთების (საავტომობილო, სამუხრუჭე, ღერძის, ტრანსმისიური და სხვა), ნედლი და სასაქონლო ნავთობის, მაზუთის გამოკვლევა;
- საცხის – საპოხი მასალების, სპეციალური სითხეების, სამუშაო სითხეების, ბუნებრივი აირების, უცნობი ნავთობ-პროდუქტების ხარისხის დადგენა ან/და ნივთმტკიცებების სახით წარმოდგენილ ობიექტში ნავთობის, ნავთობპროდუქტების და ბუნებრივი აირების არსებობის, სახეობის, მარკის და სხვა მახასიათებელი პარამეტრების განსაზღვრა;
- სხვა სახის ნავთობპროდუქტების ექსპერტიზა;
- პიროვნების ბიომასალის (შარდი, ნერწყვი და სხვა) გამოკვლევა ფსიქოაქტიურ (ნარკოტიკული, ფსიქოტროპული და სხვა) ნივთიერებებზე;
- ნარკოტიკულ ან/და ფსიქოტროპულ საშუალებათა ზემოქმედების ფაქტის დადგენა კლინიკური გამოკვლევით;
- ალკოჰოლის მიღების ფაქტის დადგენა კლინიკურ-ლაბორატორიული გამოკვლევით (ამონასუნთქ ჰაერში ალკოჰოლის რაოდენობის განსაზღვრა);
- ამბულატორიული სასამართლო-ნარკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარება;
- სტაციონარული სასამართლო-ნარკოლოგიური ექსპერტიზა;
- ნარკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარება სამედიცინო დოკუმენტაციით;
- დინამიური ნარკოლოგიური გამოკვლევა;
- ნარკოლოგიური აღრიცხვიანობის მონაცემთა ბაზის ფორმირება, წარმოება, შევსება და განახლება;
- ნარკოლოგიური ცნობის გაცემა მონაცემთა ბაზის მიხედვით;
- სხვა სახის ნარკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარება;
- ნარკოტიკული, ფსიქოტროპული და სხვა მომწამვლავი ნივთიერებების აღმოჩენა;
- ნარკოტიკული ნივთიერებების და ფარმპრეპარატების გამოკვლევა;
- ბიომასალაში (სისხლი) ალკოჰოლური თრობის ხარისხის განსაზღვრა ლაბორატორიული მეთოდით;
- პიროვნების ბიომასალის (სისხლი, შარდი, ნერწყვი, თმები და სხვა) და საქმესთან თანდართული ობიექტების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური კვლევა;
- გვამის ბიოლოგიური სითხეების (სისხლი, შარდი, ნერწყვი და სხვა) შინაგანი ორგანოების (კუჭი, ნაწლავი, ღვიძლი, ფილტვი, თირკმელი, ტვინი და სხვა) და ძვლების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევა;
- გვამური ობიექტების (თმების, ფრჩხილების, კანის და მისი ჩამონარეცხის), ექსჰუმირებული ობიექტის (გვამური მასალა – კუბო, მიწა და სხვა) და საქმესთან თანდართული ნივთმტკიცების სასამართლო-სამედიცინო, ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევა ალკოჰოლზე, მის სუროგატებზე, ნარკოტიკულ, ფსიქოტროპულ და სხვა ტოქსიკურ ნივთიერებებზე;
- სხვა სახის ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარება;
- თამბაქოს ნაწარმის, კვების პროდუქტების უვნებლობისა და ხარისხობრივი მაჩვენებლების გამოკვლევა.

- ფალსიფიკაციის ნიშნებისა და ვარგისიანობის დადგენა ან წარმოდგენილ საკვლევ ობიექტში საკვები დანამატების, ქსენონაერთების და სხვა მახასიათებელი მაჩვენებლების განსაზღვრა;
- ხორცის პროდუქტებში სახეობრიობის დადგენა, გენმოდიფიცირებული საკვები პროდუქტის იდენტიფიკაცია, პროდუქტების და პროდუქტმწარმოებელი ობიექტების (მათ შორის საყოფაცხოვრებო ობიექტების) სანიტარული-ჰიგიენური შეფასება და ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის საშიშროების განსაზღვრა;
- სხვა სახის კვების პროდუქტების, თამბაქოს ნაწარმის, ალკოჰოლიანი და უალკოჰოლო სასმელების ექსპერტიზა;
- ლაქ-საღებავებისა და მათი საფარების ბოჭკოვანი მასალებისა და მათი ნაწარმის გამოკვლევა;
- მინერალების, ლითონებისა და მათი შენადნობების, პოლიმერული მასალებისა და მათი ნაკეთობების, მინისა და კერამიკული მასალების, აგრეთვე მათი ნაკეთობების, სპეციალური დანიშნულების საღებავების, ფეთქებადი ნივთიერებების და სროლის პროდუქტების გამოკვლევა;
- უცნობი ნივთიერებების ორგანული და არაორგანული ნაერთების, მცენარეული ობიექტებისა და ნიადაგის გამოკვლევა;
- სხვა სახის ნივთიერებათა, მასალათა, ნაკეთობათა და მცენარეთა ექსპერტიზის ჩატარება.

ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგის კომპეტენციის სფეროები:

- ქიმიურ-ნარკოლოგიური ექსპერტიზა;
- ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ექსპერტიზა;
- ნარკოლოგიური შემოწმება და ექსპერტიზა;
- კვების პროდუქტების ექსპერტიზა;
- თამბაქოს ნაწარმის ექსპერტიზა;
- ალკოჰოლიანი და უალკოჰოლო სასმელების ექსპერტიზა.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ზოგადი საკითხები

§1. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის სპეციფიკური თავისებურებები

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის სპეციფიკურ თავისებურებებს წარმოადგენს:

1. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ობიექტების მრავალგვარობა.

2. შედარებით დიდი მოცულობის საკვლევი ობიექტებისაგან ძალიან მცირე რაოდენობა ნივთიერებების გამოყოფა-იზოლირების აუცილებლობა, ნივთიერებებისა, რომლებიც შესაძლოა შხამს წარმოადგენდნენ. იზოლირება, როგორც წესი, წინ უძღვის ნივთიერების თვისობრივ და რაოდენობრივ ანალიზს და დაკავშირებულია დიდ სიძნელეებთან. იზოლირების მეთოდის სწორ შერჩევაზე დამოკიდებულია ანალიზის როგორც მსვლელობა, ასევე შედეგები.

3. უმეტეს შეთხვევაში გამოსაკვლევია არა ინდივიდუალური ნივთიერება, არამედ მისი ნარევი სხვა ნივთიერებებთან, რაც რასაკვირველია, გავლენას ახდენს ნივთიერების როგორც აღმოჩენის, ასევე რაოდენობრივი განსაზღვრის შედეგებზე.

4. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის გარკვეულ თავისებურებას წარმოადგენს ანალიზის შედეგების სწორი შეფასების დიდი აუცილებლობა. მრავალი ნივთიერება, რომელსაც ტოქსიკოლოგია შხამიან და ძლიერმოქმედ ნივთიერებად მიიჩნევს, წარმოადგენს ორგანიზმის შემადგენელ ნაწილს. ამიტომ, ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევის დროს, მისი აღმოჩენისას, საჭირო ხდება დასკვნის გამოტანა – <u>შეტანილია ეს ნივთიერება ორგანიზმში თუ არა. შემთხვევითი არ არის, რომ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზს ატარებს ფარმაცევტი, რომელსაც აქვს სათანადო, როგორც სამედიცინო-ბიოლოგიური, ასევე ქიმიური განათლება და იცნობს ტოქსიკოლოგიური ქიმიის საფუძვლებს</u>.

§2. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ობიექტები

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ობიექტებს პირობითად ჰყოფენ სამ ჯგუფად:

1. <u>ობიექტები, რომლებიც აღებულია შხამიანი ნივთიერებით მოწამლული ადამიანის გვამისაგან</u> (გვამის ქსოვილები და ორგანოები, ბიოლოგიური სითხეები (სისხლი, შარდი, მინისებური სხეული), ნაღებინევი მასა, კუჭის ამონარეცხი და სხვა). ამ ჯგუფის ობიექტებს მიეკუთვნება აგრეთვე შხამიანი ნივთიერებების არასასიკვდილო დოზის მიმღები ცოცხალი ადამიანის სისხლი, შარდი, კუჭის ამონარეცხი, ნაღებინევი მასა, განავალი. ზემოთ ჩამოთვლილ ობიექტებს "<u>ბიოლოგიურ მასალას</u>" უწოდებენ.

2. <u>ობიექტები, რომლებმაც შეიძლება მოწამვლა გამოიწვიოს</u> (საჭმლის ნარჩენები, საკვები პროდუქტები, წყალი, სასმელები, მცენარეთა ნაწილები, წამლები, სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებანი და სხვა), ასეთ ობიექტებს მიეკუთვნება საცხოვრებელი და სამუშაო სათავსების ჰაერი, რომელშიც იმყოფებოდა დაზარალებული მოწამვლამდე.

3. <u>ობიექტები, რომლებზეც დარჩენილია დანაშაულის კვალი</u>. ასეთი შეიძლება იყოს: ტანსაცმლის ნაწილები, ლაქები ტანსაცმელზე, წამლის შუშები, ჭურჭელი, რომლითაც იქნა მიღებული შხამიანი ნივთიერება და სხვა.

§3. სასამართლო-ქიმიური (ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური) გამოკვლევებისათვის ობიექტების აღების წესები

სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევებისათვის ობიექტების აღების წესები შემდეგში მდგომარეობს:

1. მოწამვლაზე ეჭვის დროს სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევებისათვის მოზრდილი ადამიანის გვამისაგან იღებენ შინაგან ორგანოებს არანაკლებ **ორი კილოგრამის** რაოდენობით. თუ მოწამვლა ხანგრძლივად მიმდინარეობდა, ან ჩატარებული იქნა რეანიმაციული ღონისძიებები – მასალის რაოდენობა **2.5-3 კგ-მდე** იზრდება.

2. არ შეიძლება ორგანოების წყლით გარეცხვა ან მათი გაჭუჭყიანება ქიმიური ნივთიერებებით ან მექანიკური მინარევებით. ორგანოებს ათავსებენ მინის ან შესაბამის პოლიმერულ სუფთა, მშრალ, ფართოყელიან ქილებში. **ლითონის ან კერამიკული ჭურჭლის გამოყენება აკრძალულია.**

2.1. ექსპერტმა თვალყური უნდა ადევნოს, რომ **არ მოხდეს გვამიდან შხამის გამოტანა ან შეტანა**. ამისათვის გვამის გაკვეთამდე სასექციო მაგიდა, ინსტრუმენტები ზედმიწევით კარგად უნდა გაირეცხოს. გაკვეთის მსვლელობაში არ შეიძლება გამოყენებული იქნეს წყალი ან სხვა სითხეები.

3. ქილებს რეცხავენ მდოგვით ან სოდიანი წყლით, რამდენჯერმე ავლებენ სუფთა წყალს, შემდეგ გამოხდილ წყალს და აშრობენ მაშრობ კარადაში. ოლო წლებში აგრეთვე იყენებენ ერთჯერად ჭურჭელსაც.

4. უცნობი შხამით ან კომბინირებულ მოწამვლაზე ეჭვის შემთხვევაში ობიექტებს იღებენ შემდეგი თანმიმდევრობით:

- №1 ქილაში – კუჭი შიგთავსით;

- №2 ქილაში – წვრილი და მსხვილი ნაწლავის განსაკუთრებულად დაზიანებული ადგილების თითო მეტრი (შიგთავსით);

- №3 ქილაში – ღვიძლის ყველაზე უფრო სისხლსავსე ნაწილის ერთი მესამედი და ნაღვლის ბუშტი შიგთავსით;

- №4 ქილაში – თავის ტვინის ერთი მესამედი;

- №5 ქილაში – ერთი თირკმელი და შარდის ბუშტი შიგთავსით;

- №6 ქილაში – სისხლი არანაკლებ 200 მლ;

- №7 ქილაში – ელენთა და ფილტვის ყველაზე უფრო სისხლსავსე ნაწილის ერთი მეოთხედი.

თუ ეჭვია საშოდან ან სწორი ნაწლავიდან მოწამვლაზე, გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი ობიექტებისა, გამოსაკვლევად, ცალ-ცალკე ქილებში, იღებენ საშვილოსნოს და საშოს. შხამის კანქვეშიდან ან კუნთებიდან შეყვანაზე ეჭვის დროს – კანის და კუნთის ნაწილებს.

5. მოწამვლის დროს შხამები ორგანოებში სხვადასხვანაირად ნაწილდებიან. ამიტომ, განსაზღვრულ შხამზე ეჭვის დროს იღებენ გვამის შემდეგ მასალებს (1, 2 და 4 პუნქტების შესაბამისად):

5.1. ალკალოიდებით (მორფინი, სტრიქნინი, ბრუცინი, ატროპინი, კოკაინი, ნიკოტინი, ანაბაზინი, კონიინი, პაქიკარპინი, ქინაქინი, აკონიტინი და სხვები) მოწამვლისას იღებენ კუჭს შიგთავსით, წვრილ და მსხვილ ნაწლავებს შიგთავსით, ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით, თირკმელს, შარდს, ტვინს, ელენთას.

5.1.1. მორფინით მოწამვლისას იღებენ კუჭს და წვრილ ნაწლავს შიგთავსით (შხამის შეყვანის გზის მიუხედავად), ქალებში ქინაქინაზე ეჭვისას – საშვილოსნოს.

5.2. ბარბიტურატებით და სხვა საძილე საშუალებებით მოწამვლისას – ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით, თირკმელს, შარდს, კუჭს შიგთავსით, წვრილ ნაწლავს შიგთავსით, ტვინს, სისხლს.

5.3. გლიკოზიდებით – ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით, თირკმელს, შარდს, სისხლს, გულს, წვრილ ნაწლავს, ქსოვილს ინექციის ადგილიდან.

5.4. მჟავებით და მწვავე ტუტეებით – კუჭს შიგთავსით, წვრილ და მსხვილ ნაწლავს შიგთავსით, საყლაპავს, ტრაქეას, საყლაპავ მილს, ღვიძლს, თირკმელს, კანის მონაკვეთებს შხამის მოქმედების ადგილებიდან.

5.5. აქროლადი ნაერთებით (ნიტრობენზოლით, ანილინით, ბენზოლით და სხვა) – კუჭს შიგთავსით, წვრილი ნაწლავის ზედა ნაწილს შიგთავსით, სისხლს (არა ნაკლებ 200 მლ-სა), ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით, ტვინს, შარდს, თირკმელს.

5.6. "ლითონური" შხამებით – კუჭს შიგთავსით, წვრილ და მსხვილ ნაწლავს შიგთავსით, ღვიძლს, თირკმელს, შარდს, ელენთას და დამატებით:

5.6.1. ვერცხლისწყლის ნაერთებით მოწამვლაზე ეჭვის დროს – სწორ ნაწლავს და თმებს;

5.6.2. ტყვიის ნაერთებით ქრონიკულ მოწამვლაზე ეჭვის დროს – ბრტყელ ძვლებს;

5.6.3. თალიუმის ნაერთებით ქრონიკულ მოწამვლაზე ეჭვის დროს – ბრტყელ ძვლებს და თმებს;

5.6.4. დარიშხანის ნაერთებით ქრონიკულ მოწამვლაზე ეჭვის დროს – თმებს, ფრჩხილებს და ბრტყელ ძვლებს;

5.6.5. ტეტრაეთილენტყვიით მოწამვლაზე ეჭვის დროს – ტვინს და ფილტვებს;

5.7. მეთილის, იზომეთილის და სხვა სპირტების (ეთილის სპირტის გარდა) - ტვინს, კუჭს შიგთავსით, წვრილ ნაწვლავს შიგთავსით, სისხლს, ფილტვებს, ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით, თირკმელს, მინისებურ სხეულს, შარდს;

5.8. ნიტრიტებით – ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით, კუჭს შიგთავსით, წვრილ და მსხვილ ნაწლავებს შიგთავსით;

5.9. ნახშირბადის (II) ოქსიდით და სხვა აირებით – სისხლს (20 მლ), კუნთოვან ქსოვილს;

5.10. ფსიქოტროპული საშუალებებით მოწამვლისას (ამინაზინი, ქლორდიაზეპოქსიდი, დიაზეპამი და სხვ.) – ღვიძლს, თირკმელს, სისხლს, კუჭს, ნაწლავს, ტვინს, ფილტვებს;

5.11. ციანწყალბადმჟავით და მისი მარილებით – კუჭს შიგთავსით, წვრილი ნაწლავის ზედა ნაწილს შიგთავსით, სისხლს (არა ნაკლებ 200 მლ), ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით, თირკმელს;

5.12. ფენოლებით (კარბოლის მჟავა, კრეზოლები, ლიზოლი და სხვა) – კუჭს შიგთავსით, წვრილ და მსხვილ ნაწლავს შიგთავსით, თირკმელს, სისხლს, ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით;

5.13. ფორმალდეჰიდით (ფორმალინით) – კუჭს შიგთავსით, წვრილ ნაწლავს შიგთავსით, თირკმელს, შარდს;

5.14. ფოსფორორგანული, ქლორორგანული და კარბამატული პესტიციდებით მოწამვლისას იღებენ – ღვიძლს, თირკმელს, შარდს, კუჭს, ნაწლავებს, სისხლს; ფოსფორორგანული ნაერთების ინჰალაციური (შესუნთქვით) მიღებისას დამატებით იღებენ ტვინს და ფილტვებს;

5.15. ფტორიდებით – კუჭს შიგთავსით, წვრილ და მსხვილ ნაწლავს შიგთავსით, ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით;

5.16. ქლოროფორმით, ქლორალჰიდრატით, ოთხქლორიანი ნახშირბადით, დიქლორეთანით, ქლორორგანული პესტიციდებით და სხვა ჰალოგენწარმოებულებით – ტვინს, საოფლე ჯირკვლებს, კუჭს შიგთავსით, წვრილ ნაწლავს შიგთავსით, ფილტვებს, ღვიძლს ნაღვლის ბუშტით, თირკმელს;

5.17. ეთილის სპირტით – სისხლს და შარდს 20 მლ რაოდენობით (საცობიანი ჭურჭლით); სისხლს იღებენ პიპეტით ან შპრიცით კიდურების მსხვილი ვენებიდან ან მყარი ტვინის გარსის სინუსებიდან. თუ შეუძლებელია სისხლის ან შარდის აღება, იღებენ კუნთოვან ქსოვილს (~500გ);

კომბინირებული მოწამვლებისას აუცილებელია აღებული იქნეს სისხლი არა ნაკლებ 200 მლ, შარდი მთლიანად და შინაგანი ორგანოების კომპლექსი (იხ. პუნქტი 4);

6. გამოკვლევის ობიექტების დაკონსერვება ხდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ეჭვია საგულე გლიკოზიდებით, ფენოთიაზინის წარმოებულებით, ფოსფორორგანული პესტიციდებით, ალკალოიდებით და ტრიციკლური ანტიდეპრესანტებით მოწამვლაზე, კონსერვირებისათვის იყენებენ ეთილის სპირტს - რექტიფიკატს, რომელიც შინაგან ორგანოებს ქილაში თავზე უნდა ადგეს არა ნაკლებ 1 სმ-ის სიმაღლეზე;

6.1. ამავე დროს სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტიზის ბიუროს სასამართლო-ქიმიურ განყოფილებაში იგზავნება ამ სპირტის საკონტროლო სინჯი 300 მლ ოდენობით, აღებული იმავე ჭურჭლიდან, რომლიდანაც იყო აღებული კონსერვირებისათვის;

7. ქილებს ჰერმეტიულად ახურავენ საცობებს (გამონაკლის შემთხვევებში პოლიეთილენის სახურავს), შემოახვევენ სუფთა ქაღალდს, შემოაკრავენ კანაფს ან სხვა ძაფს და დალუქავენ ისე, რომ შეუძლებელი იყოს მათი გახსნა ლუქის დაზიანების გარეშე.

ყოველ ქილაზე ეკვრება ეტიკეტი, რომელზეც მითითებული უნდა იყოს ქილის ნომერი, გარდაცვლილის გვარი, სახელი, მამის სახელი, ქილის შიგთავსის სახელწოდება, გვამის სასამართლო-სამედიცინო გამოკვლევის აქტის ნომერი, თარიღი და გვამის სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტიზის ჩამტარებელი ექსპერტის გვარი.

დალუქული ქილები მაშინვე იგზავნება გამოკვლევისათვის სასამართლო ექსპერტიზის ბიუროს შესაბამის ლაბორატორიაში – სასამართლო-ქიმიურ განყოფილებაში.

7.1. ობიექტების სხვა ქალაქში გადასაგზავნად ქილებს ათავსებენ ყუთში და შეფუთავენ ისე, რომ თავიდან აცილებული იქნეს მათი მექანიკური დაზიანება. ყუთში იდება აღწერა ქილების ნომრებისა მათი შემცველობის აღნიშვნით, რომელსაც ხელს აწერს ობიექტების გამგზავნი. თავისთვის იგი იტოვებს აღწერის ასლს. ყუთს თავზე ეწერება "ფრთხილად – მინაა!", სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტიზის ბიუროს მისამართი და გამგზავნის მისამართი;

7.2. სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტიზის ბიუროში ამასთან ერთად იგზავნება:

7.2.1. გვამის სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტიზის დანიშვნაზე დადგენილების ასლი; სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტის მიმართვა სიკვდილის გამომწვევი გარემოების, გვამის გამოკვლევის ძირითადი მონაცემების და დიაგნოზის მოკლე გადმოცემით; გარდაცვლილის გვარი, ინიციალები და ასაკი. ვარაუდი რომელი შხამით შეიძლება იყოს გამოწვეული მოწამვლა. საკითხების ჩამონათვალი, რომლებიც უნდა გადაწყვიტოს ექსპერტ-ქიმიკოსმა;

7.2.2. თუ გარდაცვლილი იმყოფებოდა სტაციონარულ ან ამბულატორიულ მკურნალობაზე მაშინ იგზავნება ავადმყოფის ისტორიის ასლი;

7.2.3. პირველადი სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტიზის დასკვნის ასლი, თუ ობიექტი იგზავნება განმეორებით ანალიზზე;

8. ექსგუმირებული გვამის სასამართლო-ქიმიურ გამოკვლევისას, პუნქტი 7.2.-ის მოთხოვნილების მიხედვით, შესაბამის უწყებაში იგზავნება ცალ-ცალკე: 550 გ მიწა აღებული ექვსი სხვადასხვა უბნიდან (უშუალოდ კუბოს ქვემოდან, ზემოდან, გვერდებიდან და ბოლოებიდან), გარდა ამისა კუბოში არსებული საგნები (ტანსაცმლის, კუბოს სარჩულის ნაჭრები, სხვადასხვა სამკაულები და ა.შ.) და 500 სმ^2 ზომის კუბოს ფსკერის ფიცრის ნაჭრები.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი ტარდება სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიუროს ლაბორატორიაში. გარდა ამისა, გამოსაკვლევი ობიექტების და გადასაჭრელი ამოცანებიდან გამომდინარე, შხამიანი ნივთიერებების ანალიზი შეიძლება ჩატარდეს მწვავე მოწამვლების სამკურნალო ცენტრების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ლაბორატორიებში ან სამრეწველო-სანიტარული ქიმიის ლაბორატორიებში.

<u>მწვავე მოწამვლების სამკურნალო ცენტრის ლაბორატორიაში</u> წარმოებს ადამიანის სისხლის და შარდის, ნაღებინევი მასის, კუჭის ამონარეცხი წყლის, პერიტონიალური დიალიზის შემდეგ მიღებული დიალიზატის და სხვა ობიექტების გამოკვლევა ტოქსიკურ ნივთიერებებზე ექსპრეს-მეთოდების გამოყენებით, რომლის

დახმარებით გამოკვლევის შედეგები შეიძლება მივიღოთ მაქსიმალურად მოკლე დროში. შესრულების სისწრაფეს ამ შემთხვევაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს. მკურნალ ექიმს საშუალება ეძლევა დაადგინოს დიაგნოზი და მიიღოს სასწრაფო ზომები ავადმყოფის სამკურნალოდ და გადასარჩენად. იქ, სადაც ასეთი ცენტრები არ არის, ჯანდაცვის ორგანოების დავალებით, ზემოაღნიშნული ობიექტები შეიძლება გაეგზავნოს სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნულ ბიუროს.

<u>სამრეწველო-სანიტარული ქიმიის ლაბორატორიაში</u> წარმოებს სამრეწველო საწარმოების ჰაერის და ჩამდინარე წყლების შემოწმება ტოქსიკურ ნივთიერებებზე. აღნიშნული ობიექტები, სასამართლო-საგამომძიებლო ორგანოების გადაწყვეტილებით, შეიძლება გაიგზავნოს სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნულ ბიუროში.

§4. ექსპერტი-ქიმიკოსი და მისი უფლება-მოვალეობანი

სასამართლო-ქიმიური ანალიზის წარმოება ევალებათ ექსპერტ-ქიმიკოსებს (სასამართლო ქიმიკოსებს). აღნიშნული თანამდებობა უმაღლესი ფარმაცევტული განათლების და ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში სათანადოდ მომზადების მქონე პირებს უჭირავთ. საერთო მომზადებას ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში ისინი ღებულობენ ფარმაცევტულ ან სამედიცინო ინსტიტუტების ფარმაციის ფაკულტეტებზე.

ბაკალავრის ხარისხის მქონე ფარმაცევტები, რომლებიც ტოქსიკოლოგიურ ქიმიას ირჩევენ თავის ძირითად სპეციალობად, გადიან მაგისტრატურის კურსს სპეციალობაში "ფარმაცევტული ანალიზი". სამაგისტრო ნაშრომის დაცვის შემდეგ ისინი იღებენ **ფარმაციის მაგისტრის წოდებას** და შეუძლიათ მუშაობა **აღნიშნულ სფეროში.**

ყველა ექსპერტი-ქიმიკოსი ითვლება თანამდებობრივ ექსპერტად. თავისი უფლება-მოვალეობებით ისინი უტოლდებიან სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტებს. სასამართლო-ქიმიური, სასამართლო-სამედიცინო, სასამართლო-საბუღალტრო და სხვა ექსპერტიზის დანიშვნის და წარმოების წესები, აგრეთვე ექსპერტების უფლება-მოვალეობანი გათვალისწინებულია სამოქალაქო და სისხლის სამართლის პროცესუალური კოდექსით. ექსპერტების ძირითადი უფლება-მოვალეობანი მოცემულია ცხრილში 1.1.

ცხრილი 1.1. ექსპერტი-ქიმიკოსის ძირითადი უფლება-მოვალეობანი

N	უფლებები	N	მოვალეობები
1.	გაეცნოს საქმის მასალებს	1.	ჰქონდეს სათანადო მომზადება
2.	იშუამდგომლოს დამატებითი მონაცემების მიღებაზე	2.	საგამომძიებლო და ჯანდაცვის ორგანოების მოთხოვნით ჩაატაროს ექსპერტიზა
3.	ესწრებოდეს და მონაწილეობა მიიღოს დაკითხვებში	3.	არ გაამხილოს წინასწარი გამოძიების მონაცემები

4.	უარი თქვას ექსპერტიზის ჩატარებაზე, იმ შემთხვევაში თუ იგი დაინტერესებული პირია	4.	გასცეს ობიექტური დასკვნა

– ექსპერტ-ქიმიკოსის ძირითადი მოვალეობაა ექსპერტიზის ჩატარება, რისთვისაც იგი შეიძლება გამოძახებული იყოს წინასწარი, ან სასამართლო ძიების ყველა ეტაპზე.

– თუ ექსპერტი საპატიო მიზეზის გარეშე უარს იტყვის თავისი მოვალეობის შესრულებაზე, თავიდან აიცილებს ან არ გამოცხადდება სასამართლო-საგამომძიებლო ორგანოებში გამოძახებისას, <u>გასცემს არაობიექტურ დასკვნას, იგი ხდება სისხლის სამართლის პასუხისმგებელი</u>.

– თუ საკითხები, რომლებსაც დაუყენებენ ექსპერტს, სცილდება მისი სპეციალობის ფარგლებს, ან წარმოდგენილი მასალა არ არის საკმარისი დასკვნებისათვის, ექსპერტი მოვალეა წერილობით აცნობოს ექსპერტიზის დამნიშვნელ ორგანიზაციას ან პირს, რომ ექსპერტიზის ჩატარებაზე უარს აცხადეებს.

– სასამართლო-საგამომძიებლო ორგანოები ამა თუ იმ სახეობის ექსპერტიზას ნიშნავენ თავიანთ შეხედულებისამებრ.

– სასამართლო-საგამომძიებლო ორგანოებს ექსპერტიზის ობიექტურობის და მიუკერძოებლობის უზრუნველსაყოფად, მოქალაქეთა და სახელმწიფო ინტერესებიდან გამომდინარე, უფლება აქვთ დანიშნონ ან აცილება მისცენ ამა თუ იმ ექსპერტს, დანიშნონ დამატებითი ან განმეორებითი ექსპერტიზა, რომლის წარმოება შეიძლება დაევალოს იგივე ან სხვა ექსპერტს.

– <u>ექსპერტიზის დასკვნას ექსპერტი იძლევა თავისი სახელით და თვითონ არის პასუხისმგებელი გაცემული დასკვნის სისწორეზე</u>. თუ დანიშნულია რამდენიმე ექსპერტი, მათ აქვთ ერთმანეთში მოთათბირების უფლება და თუ, ერთი დარგის ექსპერტებს აქვთ საერთო აზრი, დასკვნას ყველამ უნდა მოაწეროს ხელი. თუ ექსპერტები არ ეთანხმებიან ერთმანეთს, თითოეული ცალ-ცალკე წერს დასკვნას და აწერს ხელს.

– ექსპერტის დასკვნა, სასამართლო-საგამომძიებლო ორგანოებისათვის, არის დამამტკიცებელი საბუთი, მაგრამ მისი <u>გაზიარება არ არის მათთვის აუცილებელი</u>. თუმცა, ასეთ შემთხვევაში ისინი ვალდებული არიან დაასაბუთონ თავისი მოსაზრება. პირი, რომელიც აწარმოებს დაკითხვას, ძიებას, მოსამართლე და პროკურორი, კანონის ფარგლებში, დასკვნას აფასებენ თავისი შეხედულების მიხედვით, რაც ემყარება საქმის გარემოებების ყოველმხრივ, ობიექტურ და სრულ შესწავლას.

– დასკვნის შედეგების ახსნა-განმარტების მისაცემად და დამატებითი ცნობების მისაღებად გამომძიებელს უფლება აქვს დაჰკითხოს ექსპერტი, ხოლო სასამართლო მსვლელობის პროცესში, ექსპერტის მიერ დასკვნების წაკითხვის შემდეგ, მოსამართლეს, ბრალმდებელს, მსაჯულებს, მოპასუხეს, დაზარალებულს, აგრეთვე მათ წარმომადგენლებს, ბრალდებულს და დამცველს უფლება აქვთ დაუსვან მას შეკითხვები.

§5. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარების გეგმა და წესები, დოკუმენტაცია

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარების წესებზე წარმოდგენას იძლევა ქვემოთ მოცემული დებულებანი:

1. ექსპერტი-ქიმიკოსი მტკიცედ უნდა იყოს დარწმუნებული, რომ საკვლევი ობიექტი ნამდვილად არის თანმხლები საბუთების შესაბამისი გამოსაკვლევად გამოგზავნილი ობიექტი და, რომ მას ლაბორატორიაში მიტანამდე არ განუცდია არავითარი ცვლილება, ბუნებრივი პროცესების გარდა, რომელიც შეიძლება მიმდინარეობდეს სასამართლო-ქიმიური ობიექტების უმრავლესობაში (გვამის მასალა ან ბიოლოგიური წარმოშობის სხვა ობიექტები), რისთვისაც:

ა) ანალიზის დაწყებამდე ექსპერტ-ქიმიკოსი უნდა გაეცნოს თანმხლებ საბუთებს, გულდასმით შეადაროს ქილებსა და შეფუთვებზე არსებული წარწერები თანმხლებ საბუთებს, შეამოწმოს შეფუთვის და ბეჭდის მთლიანობა, ბეჭდის წარწერის შესაბამისობა საბუთებთან, მოახდინოს ობიექტის რეგისტრაცია.

ბ) ჯერ ახდენენ შეფუთვის გარეგნულ, ხოლო შემდეგ უშუალოდ გამოსაკვლევი ნივთიერების დათვალიერებას. ამასთან, შეფუთვის გახსნისას ექსპერტმა უნდა დაიცვას სიფრთხილე, რომ არ დაზიანდეს ობიექტის ჭურჭელი, არ იქნეს ობიექტში შეტანილი ბეჭდის და შეფუთვის ნაწილები, არ დაიკარგოს გამოსაკვლევი ობიექტი. თავის ყველა დაკვირვებას ექსპერტი დაწვრილებით იწერს სამუშაო ჟურნალში.

გ) თითოეული შეფუთვის შიგთავსი აუცილებელია აღიწეროს და აიწონოს (მყარი ობიექტები) ან გაიზომოს მოცულობა (სითხეების). აღწერისას ანუ **ე.წ. წინასწარი სინჯების** აღებისას აღნიშნავენ: ობიექტის გარეგნულ სახეს, მორფოლოგიურ შემადგენლობას, ფერს, სუნს, კონსერვანტს, სხვადასხვა ჩანართების (კრისტალები, თესლები, მცენარის ნაწილები და სხვა) არსებობას და დახასიათებას. თუ ჩანართები არსებობს, მას იღებენ და იკვლევენ. თუ საჭიროა უგზავნიან სხვა სფეროს სპეციალისტებს (მაგალითად, ფარმაკოგნოსტს – თუ ჩანართი მცენარის ნაწი-

ლებია). თუ ობიექტი დაკონსერვებულია სპირტით, რაც დასაშვებია (გარდა იმ შემთხვევებისა, როცა გამოსაკვლევია სპირტები ან ნიტრატები), როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ლაბორატორიაში მოტანილი უნდა იყოს ის სპირტი და იმ რაოდენობით, რომლითაც ჩატარდა კონსერვირება. თუ კონსერვანტის საკონტროლო სინჯი არ არის გამოგზავნილი, ან კონსერვირება ჩატარებულია დაუშვებელი ხერხებით მაგ. გლიცერინით, ფორმალინით, ფენოლით ან სხვა ნივთიერებებით, აუცილებელია აქტში აღინიშნოს კონსერვირების არასწორად ჩატარება და მისი შესაძლო გავლენა ექსპერტიზის ჩატარებაზე.

2. პირველ პუნქტში აღწერილი სამუშაოების ჩატარების შემდეგ (თანმხლები საბუთების გაცნობა, რეგისტრაცია, დათვალიერება, აღწერა და შესწავლა, წინასწარი ცდების ჩატარება) ექსპერტი-ქიმიკოსი ვალდებულია შეადგინოს <u>გამოკვლევის ზუსტი და დაწვრილებითი გეგმა</u> გამოკვლევა პირველ რიგში ტარდება იმ მიზნით, რაც მოცემულია თანმხლებ საბუთებში. ამასთან, ხშირად, თუ საქმის მასალები და წინასწარი ცდების ჩატარების შედეგები მოითხოვს კვლევის უფრო გაფართოებას – ესეც შედის ექსპერტის მოვალეობაში.

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის გეგმის შედგენა ხდება ცხრილი 1.2-ის მონაცემების მიხედვით

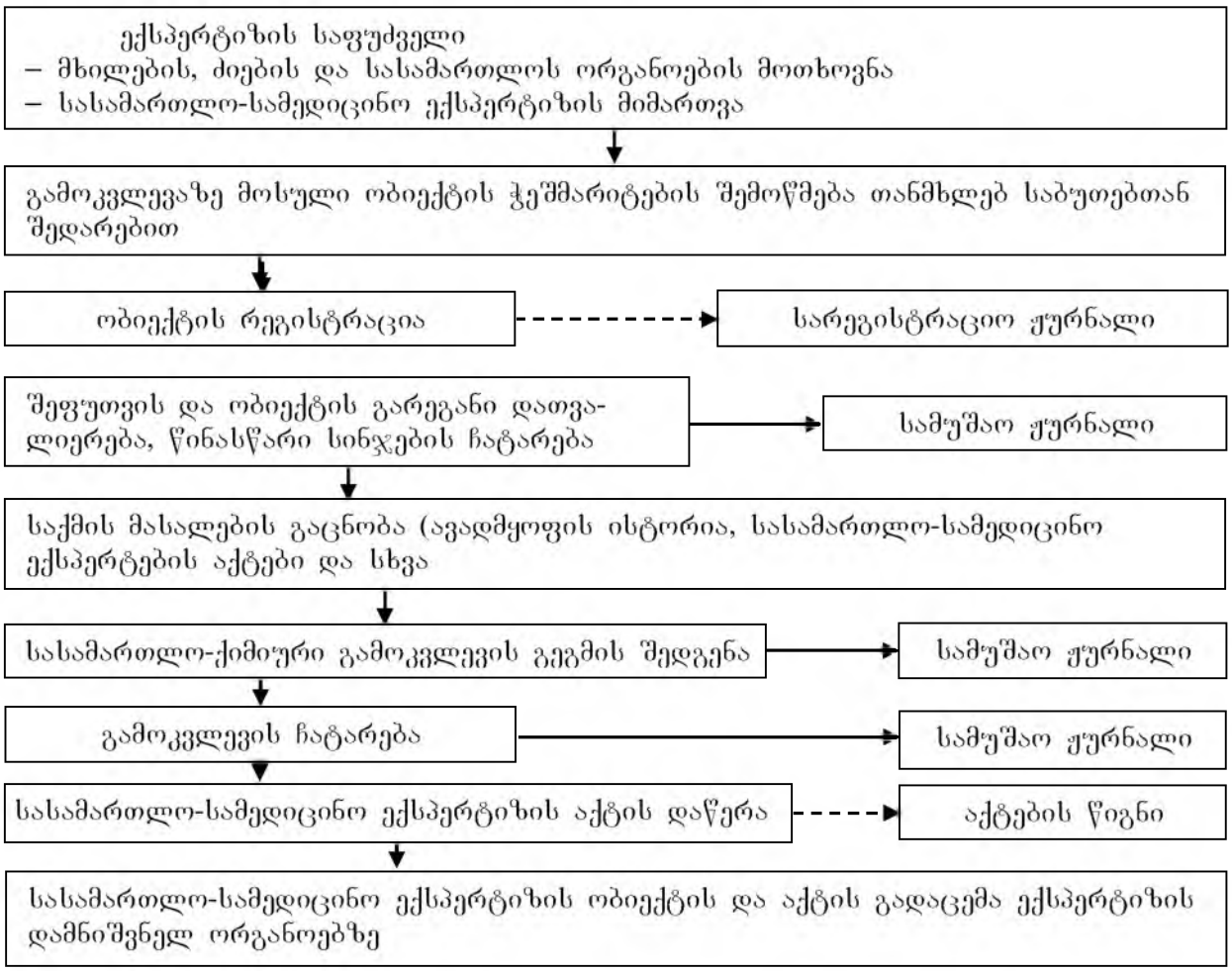
ცხრილი 1.2. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის გეგმა

I	კვლევის წინაშე დაყენებული ამოცანები
II	თანმხლები საბუთების მონაცემები (საქმის ვითარება, ავადმყოფის ისტორიის ამონაწერი, გვამის სასამართლო-სამედიცინო გამოკვლევის აქტი და სხვ.)
III	წინასწარი სინჯების ჩატარება, რომელიც მოიცავს: 1. გამოსაკვლევი ობიექტის გარეგნულ დათვალიერება 2. ობიექტის ხასიათის, მისი კონსისტენციის და მორფოლოგიური შემადგენლობის დადგენა 3. საკვლევ ობიექტში კონსერვანტის არსებობის დადგენა 4. საკვლევი ობიექტის სუნის განსაზღვრა 5. საკვლევი ობიექტის ფერის დადგენა 6. საკვლევი ობიექტის pH-ის დადგენა 7. უცხო ჩანართების დათვალიერება და ანალიზი 8. ფერადი რეაქციების ჩატარება

3. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზა დაწყებული უნდა იქნეს ობიექტის ლაბორატორიაში მიტანისთანავე ზოგიერთი ქიმიური ნივთიერების (მაგ.

ციანწყალბადმჟავა, ატროპინი, კოკაიანი და სხვა) შენახვის პროცესში შესაძლო დაშლის გამო. სარეგისტრაციო და სამუშაო ჟურნალში აღინიშნება ლაბორატორიაში ნივთმტკიცების შემოსვლის, ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური კვლევის დაწყების და დამთავრების თარიღი და დრო. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის წარმოების წესები და დოკუმენტაცია სქემატურად გამოსახულია სქემა 1.3.

სქემა 1.3. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარების წესები და დოკუმენტაცია



4. ექსპერტიზის საწარმოებლად უნდა დაიხარჯოს გამოსაკვლევი ობიექტის ნაწილი, მაგალითად 1/3. მეორე ნაწილი შეიძლება დაიხარჯოს საკონტროლო გამოკვლევისათვის ან რაოდენობითი განსაზღვრისათვის თვით ექსპერტის მიერ. უკანასკნელი – მესამე ნაწილი კი უკან უბრუნდება ექსპერტიზაზე გამომგზავნ დაწესებულებას ან ინახება დადგენილი წესის მიხედვით. თუ მასალა მცირე რაოდენობითაა (მაგ. გვამის შინაგანი ორგანოები 100 გრამამდე) ექსპერტ-ქიმიკოსს უფლება აქვს იგი მთლიანად გამოიყენოს, რის შესახებაც მან უნდა აცნობოს მასალის გამომგზავნ პირს.

როდესაც ეჭვი მოწამვლაზეა, მაშინ ბიოლოგიური მასალის გამოკვლევას ატარებენ ცალ-ცალკე: 1) კუჭზე – შიგთავსით; 2) წვრილ ნაწლავზე – შიგთავსით; 3) მსხვილ ნაწლავზე – შიგთავსით; 4) ღვიძლზე – ნაღვლის ბუშტით; 5) თირკმელზე – შარდით; 6) ფილტვებზე და ელენთაზე, 7) სისხლზე, 8) თავის ტვინის და ზურგის ტვინის ნაწილზე. ანალიზისათვის ბიოლოგიური მასალის გაერთიანება შეიძლება მხოლოდ გამონაკლის შემთხვევაში. კერძოდ, შეიძლება აღებული იქნეს კუჭ-ნაწლავის ორგანოები ერთად და პარენქიმული ორგანოები ერთად.

5. ერთ საქმეზე სასამართლო-ქიმიურ ექსპერტიზას თავიდან ბოლომდე უნდა ატარებდეს ერთი ექსპერტი-ქიმიკოსი – ის, ვისაც დავალებული აქვს მისი შესრულება და რაზედაც ის არის პასუხისმგებელი. ამასთან, ყველა ძირითად ოპერაციას, რაც დაკავშირებულია ამა თუ იმ ნივთიერების იზოლირებასთან, თვისებით აღმოჩენასთან და რაოდენობრივ განსაზღვრასთან ექსპერტი-ქიმიკოსი ატარებს პირადად.

6. თითოეული ანალიზი ტარდება, როგორც რაოდენობრივი გამოკვლევა. ობიექტებს ყოველგვარი გამოკვლევისათვის იღებენ წონით, ხოლო ანალიზის დროს მიღებულ დისტილატს (გამონახადს), ფილტრატს და ა.შ. ზომავენ მოცულობით.

7. სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევების დროს გამოიყენება მხოლოდ შესაბამისი ლაბორატორიის მიერ დამტკიცებული მეთოდები და რეაქციები, რომელსაც ექსპერტი იცნობს, ფლობს, იცის მისი ჩატარების ყველა პირობა და შეუძლია ყველა შეცდომის გათვალისწინება. სასამართლო-ქიმიურ გამოკვლევაზე არ შეიძლება სწავლა, მასზე შეიძლება მხოლოდ შესწავლილის გამოყენება.

ყველგან, სადაც კი შეიძლება, აუცილებელია ჩატარდეს რამდენიმე, სხვადასხვა რეაქცია და იმუნოფერმენტული სკრინინგ ანალიზი, რათა თავიდან იქნეს აცილებული შეცდომა.

შეცდომის შემთხვევაში კონკრეტულ დახმარებას ექსპერტებს უწევს მთავარი ექსპერტი და აგრეთვე ის მეთოდური წერილები, რომელსაც ადგენენ მრავალმხრივი შემოწმების შემდეგ.

სასურველია მეთოდის შერჩევის დროს არჩევანი შეჩერდეს იმ რეაქციებზე, რომელთა პროდუქტების შენახვა შესაძლებელია საგამომძიებლო და სასამართლო ორგანოებზე წარსადგენად ***corpus delicti***-ის (ნივთიერი მტკიცების) სახით. ზოგიერთ შემთხვევაში ძალიან სასარგებლოა ამა თუ იმ რეაქციის შედეგი შედარდეს წინასწარ ცნობილი ნივთიერების (მოწმის) ანალიზის შედეგებს.

8. ზოგიერთ ნაერთზე (ატროპინი, სტრიქნინი, ნიკოტინი და სხვა), რომელთა სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევისას აღმოჩენის ქიმიური რეაქციები არ არის

საკმარისად სპეციფიკური, დადებითი შედეგების მიღების შემთხვევაში, უნდა ჩატარდეს დამატებითი ფარმაკოლოგიური გამოკვლევა ცხოველებზე. ეს უკანასკნელი უმარტივეს შემთხვევაში (მაგ. ნივთიერების შეტანა ბაყაყის ზურგში სტრიქნინზე ან ნიკოტინზე ეჭვის შემთვევაში, კატის თვალში ატროპინის შემთხვევაში) ტარდება ექსპერტ-ქიმიკოსის მიერ, უფრო რთულ შემთხვევებში - ფარმაკოლოგის მიერ.

9. რაოდენობრივი განსაზღვრა ტარდება ყველა შემთხვევაში, როცა ეს შესაძლებელია და არსებობს შესაბამისი მეთოდიკები. აღმოჩენილი ნივთიერების რაოდენობას ანგარიშობენ 100გ გამოსაკვლევ ობიექტზე და გამოხატავენ წონით ერთეულებში.

10. ექსპერტ-ქიმიკოსის სამუშაო ჟურნალში ხდება ჩატარებული ყველა ოპერაციის, რეაქციის, დაკვირვების შედეგების ჩაწერა. იქვე იწერება ანალიზის ყველა მონაცემი და რაოდენობრივ განსაზღვრასთან დაკავშირებული ყველა გაანგარიშებანი. ექსპერტ-ქიმიკოსს არა აქვს უფლება მონაცემები დაიმახსოვროს ან ჩაიწეროს ცალკე ფურცელზე. იგი ვალდებულია სასამართლოს მოთხოვნით, ან ამა თუ იმ მიზეზით წარმოშობილი ეჭვის დროს, წარმოადგინოს არა მარტო ექსპერტიზის აქტი, დაწერილი სამუშაო ჟურნალის ჩანაწერების მიხედვით, არამედ ჟურნალი მთელი თავისი შავი ჩანაწერებით.

11. საკვლევი ობიექტის – ნივთმტკიცების მიღების შემდეგ ექსპერტ-ქიმიკოსი პასუხისმგებელია მის შენახვაზე:

ა) ექსპერტ-ქიმიკოსი ვალდებულია დაიცვას ნივთმტკიცება დაინტერესებული პირებისაგან, რათა ის არ იქნეს გამოცვლილი, ან მასში არ იქნეს შეტანილი რაიმე შხამიანი და ძლიერმოქმედი ნივთიერებანი. ასეთი შემთხვევების თავიდან ასაცილებლად სასამართლო-ქიმიური ლაბორატორია სამუშაოს დამთავრების შემდეგ აუცილებლად უნდა დაიკეტოს და დაილუქოს ექსპერტი-ქიმიკოსის ლუქით. ამ ლაბორატორიაში ყოფნის უფლება არა აქვს უცხო პირებს, იქ არ შეიძლება ტარდებოდეს მუშაობა შხამიან და ძლიერმოქმედ ნივთიერებებზე. ნივთმტკიცებანი გამოკვლევის მთელი მსვლელობისას ჩაკეტილი უნდა იყოს სათავსოში. გამოკვლევის დამთავრების შემდეგ ნივთმტკიცებებს ინახავენ ან ანადგურებენ სპეციალური წესების მიხედვით.

ბ) ექსპერტი-ქიმიკოსი ვალდებულია დაიცვას საკვლევი ნივთიერება მასში ლუქის ან შესაფუთი მასალის, რეაქტივების, ჭურჭლის საცობის ნაწილების მოხვედრისაგან. გამოკვლევაში გამოყენებული რეაქტივები და ჭურჭელი უნდა იყოს განსაკუთრებულად სუფთა, რასაც ექსპერტი პირადად ამოწმებს. იგი არ უნდა

<u>დაეყრდნოს მომსახურე პერსონალს</u>. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია იმიტომ, რომ უმრავლეს შემთხვევაში ექსპერტი იყენებს ანალიზის მიკრო- და ნახევრად-მიკრო მეთოდებს და აღმოაჩენს ნივთიერების მიკრო რაოდენობებს.

გ) ექსპერტი ვალდებულია არ დაუშვას სხვადასხვა ობიექტების ერთმანეთში შერევა. შერევის თავიდან ასაცილებლად ერთდროულად უნდა ტარდებოდეს ერთი ან მაქსიმუმ ორი ანალიზი. გამოყენებულ ყველა ჭურჭელზე უნდა გაკეთდეს შესაბამისი წარწერა (მაგ. დაეწეროს ექსპერტიზის ნომერი).

12. მიუხედავად იმისა, რომ ექსპერტი უნდა ცდილობდეს არ დააყოვნოს სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის შედეგები, აუცილებელია გვახსოვდეს, რომ დაუსაბუთებელმა აჩქარებამ შეიძლება გამოუსწორებელი ზიანი მიაყენოს და არასწორი გზით წაიყვანოს გამოძიება. ამისათვის, დასკვნის მიცემამდე საჭიროა დაკვირვება, შესაბამისი ლიტერატურის და საკითხის კარგად შესწავლა, ზოგჯერ ხელახალი გამოკვლევის ჩატარება.

13. ნივთმტკიცებების სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზა (ისევე, როგორც სხვა ექსპერტიზები) ძალიან საპასუხისმგებლოა, ამიტომ ექსპერტიზის ყველა სტადიაზე ისინი ფორმდება შესაბამისი დადგენილი წესით. ლაბორატორიას აქვს უფლება მოითხოვოს საბუთები, რომლებიც არ არის მოტანილი და შეაჩეროს გამოკვლევის წარმოება. ექსპერტიზაზე "მიმართვის" საბუთების მიმართ მაღალი - მოთხოვნები გაპირობებულია ნივთმტკიცებების დიდი მნიშვნელობით გამოძიებისათვის. ამასთან, თუ <u>ეს საბუთები სწორად არ არის შედგენილი შეიძლება მოხდეს მნიშვნელოვანი გაუგებრობა</u>. შესაძლებელია ტყუილად დაიხარჯოს ნივთმტკიცებანი, რომლის აღდგენა ხშირ შემთხვევაში შეუძლებელია. ასე მაგ. პროფესორი ა.ვ.სტეპანოვი აღწერდა ასეთ შემთხვევას. ლაბორატორიაში გააგზავნეს წყალი წარწერით "ჩაატარეთ ანალიზი", ქიმიკოსმა კეთილსინდისიერად ჩაატარა გამოკვლევა შხამიან ნივთიერებებზე, აგრეთვე დაჭუჭყიანებაზე. დახარჯა ნივთმტკიცება და აღმოჩნდა, რომ გამომძიებელს აინტერესებდა შეიცავდა თუ არა წყალი სისხლის კვალს.

§6. სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის დოკუმენტაცია

სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარება მოიცავს სამ სტადიას.

I-სტადია – ნივთმტკიცებების ლაბორატორიაში მიღება

II-სტადია – გამოკვლევის ჩატარება

III-სტადია – სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის აქტის შედგენა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ექსპერტიზის ყველა სტადიაში ფორმდება სათანადო საბუთები, განვიხილოთ თვითეული მათგანი.

I-სტადიაში – აუცილებელია ნივთმტკიცებებთან და მის თანმხლებ საბუთებთან ერთად ლაბორატორიაში მიტანილი იქნეს საგამოძიებო ორგანოების დადგენილება ან სასამართლოს გადაწყვეტილება ნივთმტკიცებების სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის დანიშვნის შესახებ. ამ საბუთის გარეშე ლაბორატორიას არა აქვს მათი გამოსაკვლევად მიღების უფლება.

დადგენილება, რომელშიც აღწერილია საქმის ვითარება, ჩამოთვლილია გამოსაკვლევი საგნები და მკაფიოდ არის ჩამოყალიბებული გამოსარკვევი საკითხები, წარმოადგენს ძ ი რ ი თ ა დ საბუთს, რომლის მიხედვითაც წარიმართება მთელი გამოკვლევა, განისაზღვრება ანალიზის გეგმა და ექსპერტ-ქიმიკოსის წინაშე ისმება ესა თუ ის ამოცანები.

გარდა ხსენებული დადგენილებისა, სასამართლო-ქიმიური კვლევის სწორი წარმართვისათვის ნივთმტკიცებებს თან ახლავს სხვა საბუთები: დანაშაულის ადგილის აღწერის და ნივთმტკიცებების ამოღების ოქმი, ავადმყოფის ისტორიის ამონაწერი, გვამის სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევის აქტი და სხვები.

ყოფილა შემთხვევები, როდესაც მარტო ამ საბუთებით ექსპერტ-ქიმიკოსს განუსაზღვრავს გამოკვლევის მეთოდიკა და ამით დახმარებია გამოძიებას.

II სტადიაში – გამოკვლევის ჩატარებამდე, პირველ რიგში, მიღებული საბუთების რეგისტრაციაა საჭირო, რომელიც წარმოებს სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევების წესების მიხედვით **სარეგისტრაციო წიგნში**.

1. სარეგისტრაციო წიგნი. რეგისტრაცია წარმოებს სპეციალურ, გვერდებდანომრილ, ზონარგაყრილ, ბეჭდით დამოწმებულ და სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტიზის ბიუროს უფროსის მიერ ხელმოწერილ წიგნში. ის საშუალებას იძლევა მკაცრად აღირიცხოს ნივთმტკიცებანი, ეხმარება ექსპერტს სწრაფად გასცეს პასუხები ექსპერტიზის კითხვებს, აგრეთვე ანგარიშის შედგენისას.

2. სამუშაო ჟურნალი – როგორც სარეგისტრაციო წიგნი, ესეც დანომრილია, ზონარგაყრილი, ბეჭდით და ხელმოწერით დადასტურებული. იგი ეძლევა ყოველ ექსპერტ-ქიმიკოსს ხელმოწერის ქვეშ, ხოლო გამოყენების შემდეგ ბარდება ბიუროს კანცელარიას. ყველა ჩანაწერი, რომელიც დაკავშირებულია ნივთმტკიცებების აღწერასა და ექსპერტიზის ჩატარებასთან, ტარდება მხოლოდ ამ ჟურნალში.

ექსპერტიზის III სტადიაზე ფორმდება სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარების იურიდიული დოკუმენტი – სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის აქტი. აქტი იწერება აქტების წიგნში, რომელიც ფორმდება ისევე, როგორც

სარეგისტრაციო და სამუშაო ჟურნალები და ისიც ეძლევა თითოეულ ექსპერტ-ქიმიკოსს ინდივიდუალური გამოყენებისათვის.

აქტის შედგენის ფორმა – აქტი დგება სათანადო ფორმით. შედგება ოთხი ნაწილისაგან:

1) სათაური; 2) შესავალი; 3) აღწერითი ნაწილი და 4) დასკვნა.

შესავალი და აღწერითი ნაწილი შეადგენს ექსპერტიზის ოქმს.

I. სათაური – "ნივთმტკიცებების სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის აქტი №..... საქმეზე.

II. შესავალი. შესავალში მითითებული უნდა იყოს:

1. ექსპერტიზის წარმოების დრო (დასაწყისი და დასასრული);

2. ექსპერტიზის ჩატარების საფუძველი (დადგენილება-სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარების შესახებ გამომძიებლის გვარის და თარიღის მითითებით), თანმხლები საბუთის ნომერი და თარიღი;

3. ექსპერტიზის ჩატარების ადგილი (სასამართლო-სამედიცინო ლაბორატორიის სახელწოდება);

4. ვის მიერ არის შესრულებული ექსპერტიზა (გვარი, სახელი, მამის სახელი, განათლება, სპეციალობა, ხარისხი, წოდება და საკვალიფიკაციო კატეგორია, ექსპერტ-ქიმიკოსის მიერ დაკავებული თანამდებობა);

5. რომელი საქმის რა ნივთმტკიცებანი გადიან ექსპერტიზას;

6. ვინ ესწრებოდა ექსპერტიზის წარმოებას;

7. ექსპერტიზის მიზანი ან საკითხები, რომელიც გადასაწყვეტად დგას ექსპერტიზის წინაშე (ეს უკანასკნელნი სიტყვა-სიტყვით უნდა იყოს გადმოტანილი საგამოძიებო და სასამართლო ორგანოების მასალებიდან);

8. "საქმის ვითარება" – ამ სათაურის ქვეშ მოკლედ არის მოყვანილი საქმის მასალების შინაარსი.

III. აღწერით ნაწილში შედის ორი განყოფილება: "გარეგანი დათვალიერება" და "ქიმიური გამოკვლევა" (იქ, სადაც საჭიროა, ამ უკანასკნელს წინ უძღვის "მიკროსკოპული გამოკვლევა").

"გარეგან დათვალიერებაში" დაწვრილებით უნდა აღიწეროს ნივთმტკიცება: შეფუთვა, წარწერები ქილებზე, სინჯარებზე, ყუთებზე, კოლოფებზე, ობიექტების მორფოლოგიური შემადგენლობა, წონა, ფერი, სუნი, რეაქცია ლაკმუსზე ან სხვა ინდიკატორებზე, კონსერვანტი.

"ქიმიური გამოკვლევაში" დაწვრილებით უნდა იყოს აღწერილი გამოყენებული მეთოდები, გამოკვლევის ტექნიკა და შედეგები.

“ქიმიური გამოკვლევის” აღწერისას აღინიშება ყოველ ოპერაციაზე დახარჯული ობიექტის, მინერალიზატის, გადანადენის, გამონაწვლილის და ა.შ. რაოდენობა. დაწვრილებით აიწერება სასამართლო-ქიმიურ ანალიზის მთელი მსვლელობა: შხამიანი და ძლიერმოქმედი ნივთიერებების იზოლირების და აღმოჩენის მეთოდები და ამ დროს მიმდინარე მოვლენები (ფერი, ნალექი, წარმოქმნილი კრისტალები და ა.შ.). ოქმში შედეგების აღწერისას ექსპერტმა არ უნდა გამოიყენოს გამოთქმები: “მიიღება დადებითი რეაქცია”, “რეაქციის შედეგები უარყოფითია”, “მარილმჟავას გამოკვლევამ აჩვენა ვერცხლის მარილების არსებობა” და ა.შ. არ უნდა იმოწმებდეს ამა თუ იმ მეთოდის ავტორს, არ უნდა მოიყვანოს ფორმულები და რეაქციის ტოლობები. შხამების და ძლიერმოქმედი ნივთიერებების რაოდენობრივი განსაზღვრა ისე უნდა იყოს გადმოცემული, რომ აღწერილი მეთოდიკა და გაანგარიშება გვაძლევდეს საშუალებას ვიმსჯელოთ განსაზღვრის შედეგების სარწმუნოებაზე.

IV. <u>დასკვნაში</u> სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევის აღწერის საფუძველზე ჯერ უნდა ჩამოითვალოს აღმოჩენილი ნივთიერებანი რაოდენობების ჩვენებით, შემდეგ ნივთიერებები, რომლებიც არ იქნა აღმოჩენილი და ბოლოს, პუნქტების მიხედვით უნდა გაეცეს პასუხი საგამოძიებო და სასამართლო ორგანოების მიერ დასმულ შეკითხვებს (ექსპერტ-ქიმიკოსის კომპეტენციის ფარგლებში).

სასამართლო-საგამოძიებო ორგანოებსა და სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტის დახმარების მიზნით, ექსპერტიზის აქტის დასკვნაში ქიმიკოს-ექსპერტმა უნდა მიუთითოს აღმოჩენილი და ასევე ის ნივთიერებები, რომლებიც არ აღმოჩნდა კვლევის ობიექტში; შეფასება უნდა მისცეს მიღებულ შედეგებს, ანალიზში გამოყენებული მეთოდების, აგრეთვე ნივთმტკიცებების და ქიმიური ნივთიერებების თავისებურებებიდან გამომდინარე.

თუ მუშაობის პროცესში ქიმიკოს-ექსპერტმა დაადგინა რაიმე გარემოება, რასაც საქმისათვის აქვს მნიშვნელობა, მაგრამ არ შედიოდა მის მიერ გადასაჭრელ ამოცანებში – არ იყო მის მიმართ საკითხი დასმული, იგი ამის შესახებ მიუთითებს დასკვნაში.

იმ საკითხებზე პასუხი, რომელიც არ შედის ქიმიკოს-ექსპერტის კომპეტენციაში, ექსპერტიზის აქტის დასკვნით ნაწილში არ გაიცემა. ასეთ შემთხვევაში, ეს საკითხები ჩამოთვლილი უნდა იყოს ექსპერტიზის აქტის თანმხლებ საბუთებში, იქვე შეძლებისდაგვარად უნდა მიეთითოს, თუ რომელი სპეციალისტის კომპეტენციაში შედის ასეთ საკითხებზე პასუხის გაცემა.

<u>აქტს ხელს აწერს ექსპერტიზის ჩამტარებელი ქიმიკოს-ექსპერტი</u>.

დაბეჭდილი აქტის ტექსტი (ასლი) და მისი თანმხლები საბუთები ეგზავნება ნივთმტკიცების ლაბორატორიაში გამოსაკვლევად გამომგზავნ დაწესებულებას ან პირს. ექსპერტ-ქიმიკოსს ყოველთვის უნდა ახსოვდეს ის პასუხისმგებლობა, რომელიც მას აკისრია. გაუფრთხილებელმა, არასაკმარისად ზუსტმა დასკვნამ შეიძლება გამოუსწორებელი ზიანი მიაყენოს, როგორც დაზარალებულს, ასევე ბრალდებულს, სასამართლოს, საგამოძიებო და სამედიცინო ორგანოებს.

აქტში და დასკვნაში საქმის წარმოება გადმოცემული უნდა იყოს ნათლად და გასაგებად, ისე, რომ ანალიზის განმეორებისას II პირი, ვინც ჩაატარებს ექსპერტიზას, მივიდეს იმავე დასკვნამდე.

აქტი იბეჭდება, მასში ყველა შესწორება, ჩაწერილი და გადახაზული ადგილები უნდა აღინიშნოს და ხელმოწერილი იქნეს ექსპერტ-ქიმიკოსის მიერ. აქტს, შეძლებისდაგვარად, თან უნდა ახლდეს დამამტკიცებელი მასალები მიღებული კრისტალების, აქროლებული ნალექების მიკროფოტოების და სხვა სახით. ლაბორატორიაში ნივთმტკიცებების თანმხლები საბუთები ინახება განყოფილებაში – სეიფში ან ჩაკეტილ კარადაში, რომელიც ილუქება დღის ბოლოს, გამოკვლევის დამთავრებამდე. ნივთმტკიცებები კვლევის მსვლელობაში ინახება კარადაში, სწრაფად ფეთქებადი და ფუჭებადი კი მაცივარში, რომლებიც იკეტებიან და ილუქებიან.

კვლევის დამთავრების შემდეგ ნივთმტკიცებები აქტთან და თანმხლებ საბუთებთან ერთად გადაეცემა სასამართლო ექსპერტიზის ეროვნული ბიუროს.

ნივთმტკიცებებს ინახავენ ან ანადგურებენ შესაბამისი წესების თანახმად.

§7. წინასწარი ცდები (სინჯები) ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ლაბორატორიაში შემოსული ბიოლოგიური მასალის გამოსაკვლევად ტოქსიკური ნივთიერებების არსებობაზე საჭირო ე.წ. წინასწარი ცდების (სინჯების) ჩატარება, რაც განპირობებულია სადღეისოდ არსებული ტოქსიკური ნივთიერებების ძალიან დიდი რიცხვით. თითოეული ნივთიერების გამოკვლევაზე იხარჯება ძალიან ბევრი დრო და ბიოლოგიური მასალა. მასალის და ანალიზის დროის რაციონალური გამოყენებისათვის ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგმა უნდა შეადგინოს გამოკვლევის კარგად მოფიქრებული გეგმა, გამორიცხოს მრავალი ნივთიერება და დაგეგმოს – თუ რომელ ნივთიერებებზე ჩაატაროს გამოკვლევა. ეს უნდა გააკეთოს წინასწარი სინჯების აღებით, რომელშიც შედის როგორც ობიექტების დათვალიერების ხასიათის (ფერი, სუნი, pH), კონსისტენციის და მორფოლოგიური შემადგენლობის დადგენა, ასევე

გამოკვლევა კონსერვანტზე, ფერადი რეაქციები და სხვადასხვა მეთოდებით გამოკვლევა. რომელიმე განსაზღვრულ ნივთიერებაზე წინასწარი სინჯების დადებითი შედეგებისას (რომელიც მიუთითებს ამა თუ იმ ნივთიერებათა არსებობაზე ობიექტში). ამ ნივთიერების გამოკვლევა შედის ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის გეგმაში. თუ შედეგი უარყოფითია, გამოკვლევის გეგმაში ამ ნივთიერების გამოკვლევა აღარ შედის. მაშასადამე, <u>წინასწარი ცდის ჩატარებას ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში განსაზღვრული მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ უარყოფითი შედეგების დროს</u>.

ჯერ კიდევ წინა საუკუნეში მიმართავდნენ წინასწარი სინჯების აღებას. იკვლევდნენ ფხვნილებს, ნაყენებს და სხვა ნივთიერებებს, რომლებშიც შეიძლებოდა ყოფილიყო მოწამვლის მიზეზი. იმ დროში გამოყენებული სინჯები საშუალებას იძლეოდა დაედგინათ როგორი ბუნების იყო მომწამვლელი ნივთიერება – ორგანული თუ არაორგანული. "ლითონურ შხამებს" იკვლევდნენ ალის შეფერადებით. მჟავებს და ტუტეებს ინდიკატორების ფერის შეცვლით და ა.შ. შემდგომში დაიწყეს შხამიანი ნივთიერების არსებობაზე შარდის, სისხლის და პლაზმის გამოკვლევის მეთოდების შემუშავება.

<u>წინასწარი სინჯები შეიძლება გამოყენებული იქნეს სამკურნალო დაწესებულებაში მწვავე მოწამვლით მისული ადამიანის სისხლის, შარდის, კუჭის ამონარეცხის და სხვა ბიოლოგიური სითხეების გამოკვლევისას ანალიზის ექსპრეს-მეთოდებით, როდესაც დროის ფაქტორს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. მკურნალობის სწორი წარმართვისათვის ექსპრეს-მეთოდებით მიღებული შედეგები შემდგომში უნდა შემოწმდეს სხვა რეაქციებისა და მეთოდების საშუალებით</u>.

ტოქსიკურ ნივთიერებათა არსებობაზე სისხლის და შარდის ანალიზისათვის გამოყენებული <u>წინასწარი სინჯები მაღალი მგრძნობელობის, მაგრამ არასპეციფიკური რეაქციებია</u>. მათი მაღალი მგრძნობელობის გამო ამ სინჯებით ბიოლოგიურ სითხეებში შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს არა მარტო ტოქსიკური, არამედ თერაპიული დოზებით მიღებული ნივთიერებანიც. ყველა ამ ნივთიერებაზე წინასწარი სინჯების სახით მოწოდებულია ფერადი რეაქციები, აგრეთვე სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები, მათ შორის ქრომატოგრაფიული და სპექტრალური მეთოდები.

წინასწარი სინჯების ჩატარება მრავალ ნივთიერებაზე აღწერილია როგორც ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში არსებულ სახელმძღვანელოებში (მ.დ. შვაიკოვა, ვ.ფ. კრამარენკო, ა.ვ. ბელოვა. ნ.მ. იობაშვილი, ლ.ვ. ადეიშვილი) ასევე სხვადასხვა ლიტერატურაში. ასე მაგალითად, ბ.ი. ჭუმბურიძის, რ.ვ. მახარაძის, ე.გ. კლარკის,

ი.კ. მიულერის, ს.პ. სტევარსის და სხვათა სახელმძღვანელოებსა და მონოგრაფიებში, ასევე ტოქსიკოლოგიური ნივთიერებების სპეციალურ ატლასებში.

ტერმინი "*წინასწარი სინჯები*" სხვადასხვა ლიტერატურაში სხვადასხვა სახელწოდებებით გვხვდება – გერმანელები მას უწოდებენ *Vorproben*, ზოგიერთი ავტორი, ქართული სიტყვის "წინასწარი სინჯების" ნაცვლად იყენებს ტერმინს "*სკრინინგი*".

<u>**საკვლევი ობიექტების დათვალიერება და მათი ზოგიერთი თვისებების განსაზღვრა**</u> გვამის შინაგანი ორგანოების გამოკვლევისას მნიშვნელოვანია იმის დადგენა, თუ რომელი ორგანო ან ორგანოს ნაწილია გამოსაკვლევად მიღებული. თუ ობიექტი სითხეა – როგორია იგი? ბლანტი თუ მოძრავი, თუ ობიექტი ფხვნილია – ამორფულია იგი თუ კრისტალური. უნდა დაფიქსირდეს კრისტალების სახეები. მნიშვნელოვანია დადგენილ იქნეს <u>**ობიექტის ფერი, სუნი, pH, უცხო მინარევები, კონსერვანტების არსებობა მასში**</u> და ა.შ. რიგ შემთხვევებში ობიექტების გარეგნული დათვალიერების შედეგები საშუალებას იძლევა გამოითქვას მოსაზრება თუ რითი მოხდა მოწამვლა და ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის გეგმის შედგენისას გავითვალისწინებული იქნეს ეს მოსაზრება.

<u>**უცხო სხეულების (ჩანართების) დათვალიერება და ანალიზი**</u> – კუჭის დათვალიერებისას შეუიარაღებული თვალით, ხოლო შემდეგ ლუპით ან მიკროსკოპით მასში შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს დარიშხანის ოქსიდის (III) ფაიფურისმაგვარი ნაწილაკები, სტრიქნინის ნიტრატის პრიზმული კრისტალები, შხამიანი მცენარეების თესლები ან ნაწილაკები და სხვ. ეჭვმიტანილ უცხო ჩანართებს იღებენ პინცეტით და აწარმოებენ მათ გამოკვლევას ცალ-ცალკე. მცენარეული წარმოშობის უცხო ჩანართების ანალიზს აწარმოებენ ფარმაკოგნოსტები.

<u>**გამოსაკვლევი ობიექტის სუნი**</u> – ზოგჯერ ხდება, რომ კუჭის შიგთავსის სუნი მიუთითებს იმ ნივთიერებების არსებობაზე, რომელმაც გამოიწვია მოწამვლა. ასე მაგ. მწარე ნუშის სუნი მიუთითებს, რომ მოწამვლა გამოწვეულია ციანიდებით, პირიდინული ფეძეების სუნი მიუთითებს დენატურირებული სპირტით მოწამვლაზე, ფენოლით მოწამვლის დროს კუჭის შიგთავსს აქვს ამ ნივთიერების სუნი და სხვა.

<u>**სუნით**</u> მომწამვლელი ნივთიერებების დადგენა შეიძლება მაშინ, თუ ობიექტი არ განიცდის ლპობას. ლპობაშეპარულ ობიექტებში მომწამვლავი ნივთიერების სუნი ინიღბება ლპობის პროდუქტების სუნით (გოგირდწყალბადი, ამონიაკი და სხვა).

<u>ობიექტის ფერი</u> – საკვლევი ობიექტების ფერის განსაზღვრას (ძირითადად კუჭის შიგთავსის) ძალიან დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. ასე მაგ. ყვითელი შეფერვა მიუთითებს, რომ მოწამვლა შეიძლება მომხდარიყო პიკრინის მჟავით, აკრიქინით, ქრომატებით, აზოტმჟავით, რომლებიც იძლევიან შეფერვას კუჭის კედლების ცილებთან, ანილინის ზოგიერთი საღებავებით და სხვა.

მწვანე შეფერვა მიუთითებს სპილენძის მარილებით, დარიშხანის ნაერთებით (პარიზის მწვანე), ზოგიერთი საღებავებით და სხვა მოწამვლაზე.

კუჭის ლორწოვანი გარსის შავი შეფერვა მიუთითებს კონცენტრული გოგირდმჟავით შესაძლო მოწამვლაზე. კუჭის შიგთავსის ვარდისფერი შეფერილობა შეიძლება გამოწვეული იყოს ეოზინით შეღებილი სულემით.

<u>pH-ის განსაზღვრა</u>. საკვლევი ობიექტის pH-ის მნიშვნელობა საშუალებას იძლევა წინასწარ განვსაზღვროთ, ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის გეგმაში შევიტანოთ თუ არა მინერალური მჟავები, მწვავე ტუტეები და ამიაკი.

ობიექტის მჟავიანობას ან ტუტიანობას საზღვრავენ ინდიკატორებით. ინდიკატორებად იყენებენ ლაკმუსს (წითლიდან→ლურჯში, pH გადასვლის ინტერვალი 5.0-8.0), კონგოს წითელს (მოლურჯო→იისფერიდან წითელში pH=3.0-5.2), ფენოლფეტალეინს (უფერო ხსნარი გადადის წითელში pH=8.2-10.0). ანალიზში გამოიყენება არა ინდიკატორთა ხსნარები, არამედ მათი შესაბამისი ხსნარებით გაჟღენთილი ქაღლდის ზოლები. **<u>ამ გზით შეიძლება დადგენილ იქნეს თუ როგორი რეაქცია აქვს არეს, თუმცა არ შეიძლება საკვლევი ობიექტის pH-ის განსაზღვრა. ამ დროს იყენებენ უნივერსალური ინდიკატორით გაჟღენთილ ქაღალდებს</u>**.

pH-ის განსაზღვრისას დაწვრილმანებული ობიექტების მცირე რაოდენობა შეაქვთ სინჯარაში, ამატებენ გამოხდილ წყალს, კარგად ანჯღრევენ და წყლიან გამონაწვლილში საზღვრავენ pH საინდიკატორო ქაღალდების გამოყენებით.

<u>კონგოს წითელით გაჟღენთილი საინდიკატორო ქაღალდის მოლურჯო-იისფერი ფერის წითელში გადასვლა მიუთითებს ობიექტში მინერალური მჟავების ან დიდი რაოდენობით ორგანული მჟავების არსებობაზე</u>. ამ მჟავების არსებობისას pH≤3.0 (უნივერსალური ინდიკატორებით). სუსტი მჟავა რეაქცია აქვთ მცირე რაოდენობა ორგანული მჟავების და მძიმე ლითონების მარილების შემცველ ობიექტებს (ჰიდროლიზის რეაქციისას სუსტი მჟავა არე ახასიათებს), ან ობიექტებს, რომლებიც განიცდიან მჟავურ დუღილს (გახრწნას, ლპობას). ბიოლოგიური მასალიდან წყლიანი გამონაწვლილის ტუტე რეაქციის დასადგენად ხმარობენ ფენოლფტალეინით ან უნივერსალური ინდიკატორებით გაჟღენთილ საინდიკატორო ქაღალდებს. <u>ფენოლფტალეინით გაჟღენთილი ქაღალდის წითელი</u>

ფერი მიუთითებს ობიექტში ტუტის არსებობაზე. წყლიანი გამონაწვლილის ტუტე ხასიათი შეიძლება გაპირობებული იყოს ბიოლოგიურ მასალაში მწვავე ტუტეების, ტუტე კარბონატების, ამიაკის და სხვა ნივთიერებების არსებობით. მწვავე ტუტეების დასადგენად შემდეგნაირად იქცევიან: წყლიანი გამონაწვლილის 1-2 მლ შეაქვთ სინჯარაში, ამატებენ 1-2 წვეთ ფენოლფტალეინის (1:1000) ხსნარს. თუ ამ დროს შენარჩუნებული იქნა ხსნარის ვარდისფერი ან წითელი შეგერვა, ეს მიუთითებს ბიოლოგიურ მასალაში მწვავე ტუტეების არსებობაზე. თუ წითელი შეფერვა გაქრა და წარმოიქმნა თეთრი ნალექი ან შემღვრევა, ეს მიუთითებს კარბონატების არსებობაზე.

ობიექტში ამიაკის განსაზღვრის მიზნით ატარებენ შემდეგ ცდას: 50 მლ-იან კონუსურ კოლბში შეაქვთ საკვლევი ობიექტის მცირე რაოდენობა (კუჭის შიგთავსი, ნადებინევი მასა). კოლბას ახურავენ კორპის საცობს, რომლის ქვედა ზედაპირზე მიმაგრებულია სამი საინდიკატორო ქაღალდი: წყლით შესველებული ლაკმუსის, ტყვიის აცეტატის ტუტე ხსნარით შესველებული და სპილენძის სულფატის ტუტე ხსნარით შესველებული ქაღალდები. თუ ობიექტში არის ამიაკი, ლაკმუსის წითელი ქაღალდი და სპილენძის სულფატიანი ქაღალდი ლურჯდება. გოგირდწყალბადის არსებობისას ტყვიის აცეტატიანი ქაღალდი შავდება. ამიაკის და გოგირდწყალბადის არსებობა მიუთითებს ბიოლოგიურ ობიექტში მიმდინარე ლპობის პროცესებზე.

კონსერვანტების არსებობის დადგენა. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ობიექტების კონსერვირება არ არის მიღებული. გამონაკლის შემთხვევაში – თუ ობიექტი გადასატანია დიდ მანძილზე წელიწადის ცხელ პერიოდში, როდესაც ეჭვი არ არის ნიტრიტებით და სპირტით მოწამვლაზე (ეთილის სპირტი შეიძლება თვითონ იყოს მოწამვლის მიზეზი). გარდა ამისა, ეთილის სპირტი ხელს უშლის ბიოლოგიური მასალის დაშლას ლითონური შხამების გამოკვლევის დროს. ამიტომ, ასეთი ობიექტები დაშლის წინ უნდა გავანთავისუფლოთ სპირტისაგან.

ფორმალინით და ფენოლით დაკონსერვება აკრძალულია, რადგან ეს ნივთიერებები მიეკუთვნება შხამებს, რომლებზეც უნდა ჩატარდეს ბიოლოგიური მასალის გამოკვლევა უცნობი ნივთიერებებით მოწამვლის დროს. ამიტომ, ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის კვლევის დაწყების წინ აუცილებლად უნდა ვიცოდეთ, არის თუ არა ობიექტში საერთოდ კონსერვანტი და თუ არის – რომელი.

თუ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ლაბორატორიაში გამოგზავნილია ფენოლით, ფორმალდეჰიდით ან სხვა ნივთიერებებით დაკონსერვებული საკვლევი ობიექტები, ექსპერტ-ქიმიკოსი ვალდებულია შეადგინოს აქტი – ობიექტების ქიმიურ-ტოქსიკო-

ლოგიური ანალიზისათვის გამოგზავნის წესების დარღვევის შესახებ და გაუგზავნოს იგი სასამართლო-საგამოძიებო ორგანოების იმ პირებს, ვის მიერაც არის დანიშნული ექსპერტიზა.

§8. ტერმინოლოგიის ზოგიერთი საკითხები ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში

ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში გამოყენებული ტერმინების უმრავლესობა ნასესხებია ფარმაციიდან, ტოქსიკოლოგიიდან, ანალიზური ქიმიიდან და სხვა დისციპლინებიდან. მიუხედავად ამისა, ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში კიდევ გვხვდება ისეთი ტერმინები, რომლებიც თითქოსდა კარგად ნაცნობია, მაგრამ მათი მნიშვნელობა ყოველთვის არ არის განსაზღვრული. ამას მივყავართ ზოგიერთი ტერმინის არასწორ გამოყენებასთან, მათ რიცხვს ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში მიეკუთვნება: იზოლირება, ექსტრაქტი, გამონაწვლილი, გამოყოფა და სხვები.

ტოქსიკოლოგიური ქიმიის ლიტერატურაში სითხეს, რომელიც მიიღება ბიოლოგიური მასალის შემჟავებული წყალით ან შემჟავებულ ეთილის სპირტით გამოყოფისას, ავტორთა ერთი ჯგუფი უწოდებს **გამონაწვლილს**, მეორენი – **ექსტრაქტს**. როგორც ვიცით, ტოქსიკოლოგიური ქიმია მიეკუთვნება ფარმაცევტული დისციპლინების სპეციალურ ციკლს, რომელიც შეისწავლება ფარმაცევტულ უმაღლეს სასწავლებლებში. ტოქსიკოლოგიური ქიმიის, როგორც მეცნიერების შექმნამდე, ფარმაციაში ტერმინი <u>ექსტრაქტები</u> გამოიყენებოდა და დღესაც გამოიყენება სამკურნალო ფორმის სახელწოდებად. მათ ღებულობენ მცენარეული ნედლეულისაგან, აქვთ გარკვეული კონსისტენცია (სქელი, თხევადი, მშრალი და ა.შ.). ბიოლოგიური მასალიდან მიღებულ წყლიან და სპირტიან გამონაწვლილებს არც დანიშნულებით, არც მომზადების ხერხებით, არც კონსისტენციით არაფერი საერთო არა აქვთ ფარმაცევტულ მრეწველობაში მიღებულ ექსტრაქტებთან. ამიტომ, მათი გაიგივება არაფრით არ შეიძლება.

გარდა ამისა, ქიმიაში და ქიმიურ მრეწველობაში ექსტრაქცია (სისტემა მყარი სხეული-სითხე) ეწოდება მყარი სხეულიდან ორგანული გამხსნელებით ნივთიერების გამოწვლილვა-გამოყოფას, ხოლო წყლით გამოწვლილვას კი გამოტუტვა ეწოდება. ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში ძირითადად გამოიყენება ტოქსიკური ნივთიერებების გამოყოფა-გამოწვლილვის მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია ბიოლოგიური მასალიდან შემჟავებული წყლით გამოწვლილვაზე (ე.ი. გამოტუტვაზე და არა ექსტრაქციაზე). ამიტომ ხსნარებს, რომლებიც მიიღება ბიოლოგიური მასალიდან ტოქსიკური ნივთიერებების შემჟავებული წყლით ან

სპირტით იზოლირებით, არ შეიძლება ეწოდოს ექსტრაქტები, მათ უნდა ვუწოდებდეთ გამონაწვლილებს.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში ბიოლოგიური მასალიდან შხამიანი ნივთიერებების იზოლირების პროცესს ზოგჯერ გამოყოფის პროცესს უწოდებენ, თუმცა ამ ტერმინებს სხვადასხვა შინაარსი აქვთ. იზოლირება – ეს არის შესაბამისი ობიექტებიდან ტოქსიკური ნივთიერების გადაყვანა თხევად ფაზაში (გამონაწვლილში, გამონახადში, მინერალიზატში და სხვა). ტოქსიკური ნივთიერებების იზოლირებისათვის სითხოვანი ობიექტებისაგან ძირითადად იყენებენ ექსტრაქციის მეთოდს (გამოსაკვლევი ნივთიერების გადაყვანა წყლიანი ფაზიდან წყალთან შეურევადი ორგანულ გამხსნელის ფაზაში). იშვიათად ამ მიზნით იყენებენ წყლის ორთქლით გადადენის მეთოდს.

გამოყოფა – საკვლევი ნივთიერების გამოყოფა შესაბამისი ობიექტებისაგან მიმდინარეობს ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე ხდება საკვლევი ნივთიერების იზოლირება, შემდეგ – გასუფთავება. ამგვარად, ნივთიერების იზოლირება საკვლევი ობიექტებისაგან ეს არის გამოყოფის ერთ-ერთი ეტაპი.

სადღეისოდ "ფერადი რეაქციების" ნაცვლად ხშირად იყენებენ "ქრომოგენულ რეაქციებს". ტერმინი "ქრომოგენული" წარმოშობილია ბერძნული სიტყვიდან chroma – რაც შეფერვას (ფერს) ნიშნავს. რაც ერთი და იგივეა. ბევრ ავტორს გაუმართლებლად მიაჩნია ამ ტერმინის გამოყენება.

ასევე "თვისობრივი რეაქციის" ნაცვლად იყენებენ როგორც ტერმინს "იგივეობის რეაქცია" ასევე "იდენტიფიკაციის რეაქცია", "აღმოსაჩენი რეაქციის" ნაცვლად "დეტექტირების რეაქციას".

ტერმინ "ალიკვოტს" – ზოგი ქიმიკოს-ტექნოლოგი იყენებს სიტყვა "სითხის", მეორე – ნალექის ზემოთ არსებულ სითხის, მესამე – მშრალი ნალექის სითხის ან სითხის გარკვეული ნაწილის აღსანიშნავად. ასეთი გაუგებრობების თავიდან ასაცილებლად უმჯობესია გამოყენებული იქნეს გასაგები ქართული სიტყვები: ხსნარი, სითხე და ა.შ.

თავი 2.

ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში გამოყენებული ანალიზის მეთოდები

§1. ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში გამოყენებული ანალიზის მეთოდების ზოგადი დახასიათება

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის სპეციფიკურობის მთავარი განმსაზღვრელი ფაქტორია კვლევის ობიექტები, რომლებიც ძირითადად ბიოლოგიურ მასალას წარმოადგენენ.

ბიოლოგიური მასალის ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევა შედგება რამდენიმე ეტაპისაგან:

1. საკვლევი ნივთიერების იზოლირება (გამოყოფა) ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტებისაგან;
2. მიღებული გამონაწვლილის გასუფთავება მინარევებისაგან;
3. საკვლევი ნივთიერებების გამოყოფა გასუფთავებული გამონაწვლილისაგან;
4. გამოყოფილი ნივთიერების იდენტიფიკაცია;
5. გამოყოფილი ნივთიერების რაოდენობრივი განსაზღვრა.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის თითოეული ეტაპის განხორციელებისათვის გამოიყენება შესაბამისი ქიმიური, ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები.

<u>გამოყოფის (იზოლირების) მეთოდები</u>. გამოსაკვლევი ნივთიერების ბუნებისა და თვისებების მიხედვით <u>ორგანული ნივთიერებების გამოყოფისათვის (იზოლირებისათვის)</u> გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

1. გამოყოფა (იზოლირება) წყლის ორთქლთან გადადენით (დისტილაციით) ("აქროლადი" შხამები);
2. გამოყოფა (იზოლირება) პოლარული გამხსნელებით – შემჟავებული 96° ან 70°-იანი ეთილის სპირტით ან შემჟავებული წყლით (ალკოლოიდები, გლიკოზიდები, რიგი სინთეზური სამკურნალო ნივთიერებანი და სხვა);
3. გამოყოფა (იზოლირება) შეტუტიანებული წყლით (ზოგიერთი ორგანული მჟავეები, ფენოლური ხასიათის ნაერთები);
4. გამოყოფა (იზოლირება) სხვადასხვა ორგანული გამხსნელებით (პესტიციდების ნარჩენი რაოდენობა და სხვა).

<u>არაორგანული ნივთიერებების იზოლირებისათვის</u> გამოიყენება:

1. მინერალიზაცია (მძიმე ლითონთა და დარიშხანის ნაერთები);

2. დიალიზი (მჟავეები, ტუტეები, ზოგიერთი შხამიანი მჟავეების მარილები);

3. მინერალიზაცია დანაცრებით (ფტორიდები, სილიციუმფტორიდების ნაერთები)

<u>**გასუფთავების მეთოდები**</u> – სხვადასხვა მასალიდან იზოლირებული ქიმიური ნივთიერება ხშირ შემთხვევაში არაერთგვაროვანი ნარევია და გასუფთავების გარეშე არ გამოდგება შემდგომი თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზისათვის, განსაკუთრებით ისეთი ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით, როგორიცაა მიკროკრისტალოსკოპია და ანალიზის ოპტიკური მეთოდები.

გასუფთავებისათვის ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

1. ექსტრაქცია და რეექსტრაქცია;
2. აქროლება და გადაკრისტალება;
3. დიალიზი;
4. ქრომატოგრაფიის სხვადასხვა სახეობები: თხელფენოვანი, ადსორბციულ-მოლეკულური, სითხოვანი და სხვა.

<u>**თვისობრივი აღმოჩენის** (იდენტიფიკაციის) **მეთოდები**</u> – ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში თვისობრივი აღმოჩენისათვის – იდენტიფიკაციისათვის (იგივეობის დადგენისათვის) გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

1. <u>თვისობრივი მაკროანალიზის კლასიკური რეაქციები</u> – აღმოსაჩენი ნივთიერებების რაოდენობა მერყეობს 0.01-დან 1 გრამამდე. მეთოდის ნაკლია დიდი მოცულობის (1-100 მლ) ხსნარებთან მუშაობის აუცილებლობა და შედარებით დაბალი მგრძნობელობა;

2. <u>მიკროქიმიური მეთოდები.</u> აღმოსაჩენი ნივთიერების რაოდენობა უნდა იყოს 0.001-0.01 გრამამდე და ნაკლები, ხსნარების ან გაზის მოცულობა კი 0.01-0.1 მლ მოცულობის ფარგლებში. მიკროქიმიურ მეთოდებს მიეკუთვნება:

ა) წვეთური ანალიზი

ბ) მიკროკრისტალოსკოპია-კრისტალოოპტიკის ელემენტებით

3. ქრომატოგრაფიული მეთოდები – ქაღალდზე, თხელფენოვანი, სვეტური, გაზური, სითხოვანი, გაზურ-სითხოვანი, მაღალეფექტური სითხოვანი და ა.შ.;

4. სპექტრული მეთოდები – ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სპექტროსკოპია, ბირთვულ-მაგნიტური რეზონანსი, მასს-სპექტროსკოპია;

5. იმუნოქიმიური ანალიზი

6. პოლაროგრაფია;

7. რეფრაქტომეტრია;

8. ელექტროფორეზი;

9. მიკროდიფუზია;

10. ლუმინესცენტური ანალიზი;

11. ფარმაკოლოგიური, ბიოქიმიური და სხვა მეთოდები, რომლებსაც ატარებენ შესაბამისი პროფილის სპეციალისტები (ფარმაკოლოგები, ბიოქიმიკოსები).

<u>რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდები:</u> ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში რაოდენობითი განსაზღვრისათვის კლასიკურ ანალიზურ მეთოდებთან (წონითი, მოცულობითი) ერთად გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

1. კომპლექსონომეტრია და იონცვლითი ქრომატოგრაფია;
2. პოტენციომეტრია და ამპერმეტრია;
3. ფოტოკოლორიმეტრია;
4. ულტრაიისფერი სპექტროფოტომეტრია;
5. ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრია, მასს-სპექტრომეტრია და ქრომატო-მასს-სპექტრომეტრია;
6. ქრომატოგრაფიული მეთოდები: გაზური, სითხოვანი, გაზურ-სითხოვანი და ა.შ.

ზემოჩამოთვლილი მეთოდები განხილულია, როგორც ანალიზური, ასევე ფიზიკური და ფარმაცევტული ქიმიების, ბიოქიმიის, აგრეთვე სხვა დისციპლინების ლიტერატურაში.

აღსანიშნავია, რომ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის მიზნებისათვის რეაქციის ან მეთოდის გამოყენება შეიძლება მხოლოდ ტოქსიკოლოგიური ქიმიის თავისებურებების გათვალისწინებით. ამიტომ, ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში, საჭირო ხდება ამ მეთოდების ახალი მოდიფიკაციების შემუშავება უშუალოდ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის მიზნებისათვის, რასაც ახორციელებენ ამ სფეროში მომუშავე მეცნიერ-მუშაკები.

აქ ჩვენ დეტალურად არ განვიხილავთ იმ მეთოდებს, რომლებიც შეისწავლებიან ანალიზურ, ფიზიკურ და ფარმაცევტულ ქიმიებში, თქვენს ყურადღებას შევაჩერებთ მხოლოდ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში გამოყენებულ ისეთ სპეციფიკურ მეთოდებზე, როგორიცაა ექსტრაქცია, მიკროკრისტალოსკოპია და მიკროდიფუზია.

§2. ექსტრაქციის მეთოდი

ექსტრაქციის მეთოდი ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა, მათ შორის ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტებიდან ტოქსიკური ნივთიერებების იზოლირებისათვის, მიღებული გამონაწვლილის გასასუფთავებლად მინარევებისაგან და წინასწარ გასუფთავებული გამონაწვლილიდან ტოქსიკური ნივთიერებების გამოსაყოფად. გარდა ამისა, იგი გამოიყენება ტოქსიკური ნივთიერებების აღმოსაჩენად ზოგიერთი თვისობრივი რეაქციების დახმარებით ამ ნივთიერებების რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის ექსტრაქციულ-ფოტომეტრიული მეთოდით, ძლიერ განზავებული ხსნარებიდან საკვლევი ნივთიერებების კონცენტრირებისა და სხვა მიზნებისათვის.

<u>ექსტრაქცია</u> – ეს არის სხვადასხვა ობიექტებისაგან შესაბამისი ნივთიერებების გამოყოფა – გამოწვლილვის (გამოტანის) პროცესი. ობიექტები, რომლებისგანაც გამოჰყოფენ (წვლილავენ) შესაბამის ნივთიერებებს, შეიძლება იყოს როგორც მყარი ნივთიერება, ასევე სითხე. ამიტომ, გამოწვლილვის პროცესი ორგვარია:

1. ექსტრაქცია – სისტემიდან მყარი სხეული-სითხე

2. ექსტრაქცია – სისტემიდან სითხე-სითხე (ანუ სითხოვანი ექსტრაქცია).

პირველ სისტემაში ექსტრაგენტებად გამოყენებულია ორგანული გამხსნელები. ექსტრაქციას სისტემიდან მყარი სხეული-წყალი – <u>გამოტუტვას</u> უწოდებენ.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში გვამის ორგანოებიდან, მცენარეებიდან, ნიადაგიდან და სხვა ობიექტებიდან საკვლევი ნივთიერების იზოლირებისათვის (გამოყოფისათვის) გამოიყენება ექსტრაქცია სისტემიდან მყარი სხეული-სითხე.

ბიოლოგიური მასალიდან საჭირო კომპონენტების ექსტრაქციის პროცესი მრავალსაფეხურიანი-მრავალსტადიური პროცესია. ამ პროცესების ძირითადი სტადიებია:

1. ექსტრაგენტის შეღწევა გვამური მასალის უჯრედებსა და ქსოვილებში ან სხვა ობიექტებში, რომლებშიც იმყოფება საკვლევი ნივთიერება;

2. საკვლევი კომპონენტის გახსნა ექსტრაგენტში ან კომპონენტის ურთიერთმოქმედება ექსტრაგენტთან ბიოლოგიური მასალის უჯრედებსა და ქსოვილებში;

3. გახსნილი კომპონენტის გადატანა უჯრედის გარსიდან უჯრედშორის სითხეში;

4. უჯრედებიდან გამოტანილი (გამოყოფილი) ნივთიერებების შერევა ექსტრაგენტის ძირითად მასასთან.

ბიოლოგიური მასალიდან საკვლევი ნივთიერების იზოლირების (ექსტრაქციის) ხარისხი დამოკიდებულია:

1. გამოსაკვლევი ნივთიერების დაწვრილმანების ხარისხზე (მყარი ობიექტის შემთხვევაში);

2. გამოსაკვლევი ნივთიერების ხსნადობაზე;

3. ბიოლოგიური მასალის სტრუქტურაზე (ფოროვანობაზე);

4. ექსტრაგენტის ბიოლოგიური მასალის უჯრედებსა და ქსოვილებში შეღწევადობის უნარზე;

5. დაწვრილმანებული ბიოლოგიური მასალის და ექსტრაგენტის ნარევის შერევის ინტენსიურობაზე;

6. ბიოლოგიური მასალის ექსტრაგენტთან ურთიერთქმედების (დაყოვნების) დროზე;

7. ტემპერატურაზე;

8 არის pH-ზე და სხვა რიგ ფაქტორებზე.

ბიოლოგიური მასალიდან ტოქსიკური ნივთიერებების იზოლირებაზე მოქმედ ზემოჩამოთვლილ ფაქტორებზე ლაპარაკი გვექნება თითოეულ კერძო შემთხვევაში ჯგუფების განხილვის დროს.

სითხოვანი ექსტრაქცია – ეს არის გახსნილი ნივთიერების განაწილების პროცესი ორ ურთიერთშეურევად სითხოვან ფაზებს შორის, რომელთაგან, უმრავლეს შემთხვევაში, ერთ-ერთს წარმოადგენს წყალი, ხოლო მეორეს – წყალთან შეურევადი ორგანული გამხსნელი.

ნივთიერების გამოყოფას-გამოწვლილვას ორგანულ ფაზიდან წყლიან ფაზაში უწოდებენ რეექსტრაქციას.

სითხოვანი ექსტრაქცია ფართოდ გამოიყენება, როგორც ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაში, ასევე ქიმიურ ტექნოლოგიაში, ფარმაციაში, ბიოქიმიაში და ა.შ. ექსტრაქციის მეთოდის გამოყენებისას გასაყოფ ნივთიერებებს შორის არ მიმდინარეობს ქიმიური გარდაქმნები და არ წარმოიქმნება გვერდითი პროდუქტები.

ნივთიერებანი, რომლებიც გამოყოფილია ექსტრაქციის მეთოდით, როგორც წესი, არ შეიცავს მინარევებს. იგი გამოიყენება თერმოლაბილური ნივთიერებების დასაყოფად. საკვლევი ობიექტის კონცენტრირების მიზნით იყენებენ ექსტრაქციის მეთოდს, ამ დროს ნივთიერება ძლიერ განზავებული ხსნარიდან შეიძლება გადავიყვანოთ ორგანული გამხსნელის მცირე რაოდენობაში.

ნივთიერების გადასვლას ერთი გამხსნელიდან მეორეში განსაზღვრავს კონცენტრაციის გრადიენტული სიდიდე და მისი ხსნადობის მაჩვენებელი თითოეულ გამხსნელში. ეს პროცესი მიმდინარეობს მანამ, სანამ არ დამყარდება ამ ნივთიერების კონცენტრაციათა წონასწორობა ორივე გამხსნელში.

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ქიმიური ნაერთების ექსტრაგირების უნარი დამოკიდებულია მათ ხსნადობაზე ორ სისტემაში: ა) წყალში და ბ) ექსტრაქციისათვის გამოყენებულ წყალთან შეურევად ორგანულ გამხსნელში. ამ ფაქტს ადასტურებს ის, რომ ზოგიერთი ნივთიერების განაწილების კოეფიციენტი მნიშვნელობა მიახლოებითი ტოლია წყალში და ორგანულ გამხსნელში მათი ხსნადობის ფარდობისა.

ორგანული ნაერთების ექსტრაქციისათვის შერჩეული ორგანული გამხსნელების უმრავლესობა გამოუსადეგარია არაორგანული ნაერთების უმეტესობის ექსტრაქციისათვის. ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ არაორგანული ნაერთების ექსტრაქციისათვის წარმატებით შეიძლება გამოყენებული იქნეს ზოგიერთი კარბო და სულფო მჟავეები, ცალკეული ფოსფორორგანული ნაერთები, მაღალმოლეკულური ამინები და სხვა. ეს ნივთიერებანი ექსტრაქციის დროს ურთიერთქმედებენ არაორგანულ ნაერთებთან და მათ იონებთან. ჩამოთვლილი ნაერთების გარდა ლითონთა იონების ექსტრაგენტებად მოწოდებულია ე.წ. ქელატების წარმომქმნელი აგენტები (ნივთიერებანი, რომელთა ხსნარები ლითონთა იონებთან წარმოქმნიან ქელატებს). მათ რიცხვს მიეკუთვნება: 8-ოქსიქინოლინი, დიტიზონი, დითიოკარბამატები და სხვა.

სადღეისოდ ტერმინის <u>ექსტრაგენტის</u> ქვეშ იგულისხმება ორგანული გამხსნელი (რომელიც შეიცავს ან არ შეიცავს სხვა კომპონენტებს), რომელიც წყლიანი ფაზიდან გამოყოფს ნივთიერებას. ექსტრაგენტის შემადგენელ ნაწილს, რომელიც ქიმიურად ურთიერთმოქმედებს გამოსაყოფ ნივთიერებასთან ეწოდება <u>რეაგენტი</u>.

ექსტრაგენტების შემადგენლობისა და თვისებების მიხედვით <u>ექსტრაქციულ სისტემებს ყოფენ</u> ორ ჯგუფად:

<u>I ჯგუფს მიეკუთვნება ე.წ. "ფიზიკური" ექსტრაქციული სისტემები</u>. ამ სისტემებში ექსტრაგენტსა (ორგანულ გამხსნელსა) და გამოსაყოფ ნივთიერებას შორის არ მიმდინარეობს <u>ქიმიური ურთიერთმოქმედება</u>. სხვადასხვა ნაერთების განსხვავებული ხსნადობა და შესაბამისად ექსტრაგირება აიხსნება ამ

ნივთიერებების და ექსტრაგენტების ფიზიკური თვისებებით (დიპოლური მომენტით, დიელექტრიკული შეღწევადობით და სხვა).

ექსტრაგენტებად გამოყენებული ზოგიერთი გამხსნელის თვისებები მოყვანილია ცხრილში 2.1.

ცხრილი 2.1. ექსტრაქციისათვის გამოყენებული ზოგიერთი ორგანული გამხსნელის მახასიათებლები (ი.მ. კორენმანის მიხედვით, 1977)

გამხსნელი	სიმკვრივე, გ/სმ^3	დუღილის ტემპერატურა,°C	დიელექტრული შეღწევადობა, ფ/მ	დიპოლური მომენტი, კლ.მ.	ხსნადობა, 20°C	
					წყალში, % (მას.)	წყლის ექსტრაგენტში, გ/100მლ
ნ-ამილაცეტატი	0.875	149.2	4.75	1.91	0.790	0.18
ნ-ამილის სპირტი	0.814	138.5	13.90	1.80	9.000	2.70
ბენზოლი	0.874	80.1	2.28	0.00	0.054	0.08
ნ-ბუთილის სპირტი	0.813	117.7	17.10	1.68	20.50	7.90
ნ-ჰექსანი	0.659	68.7	1.89	0.00	0.072	0.014
ნ-ჰეპტანი	0.584	98.5	1.92	0.00	0.015	0.005
1,2-დიქლორეთანი	1.257	83.5	10.36	2.06	0.150	0.87
დიეთილის ეთერი	0.719	34.5	4.34	1.15	1.470	6.50
იზოამილის სპირტი	0.813	132.0	14.70	1.82	1.790	2.67
იზობუთილის სპირტი	0.817	107.9	17.70	1.79	16.900	9.50
გოგირდნახშირბადი	1.262	46.3	2.64	0.00	0.005	0.22
ქლოროფორმი	1.489	61.2	4.80	1.15	0.072	0.80
ოთხქლორიანი ნახშირბადი	1.595	76.7	2.24	0.00	0.010	0.08
მეთილაცეტატი	0.901	77.2	6.02	1.81	3.300	8.50

<u>II ჯგუფს მიეკუთვნება ექსტრაქციული სისტემები</u>, რომლებშიც ექსტრაქცია მიმდინარეობს ექსტრაგენტსა და გამოსაწვლილავ ნივთიერებას შორის ქიმიური ურთიერთმოქმედების ხარჯზე. დაყოფის ეფექტურობა ასეთ სისტემებში დამოკიდებულია წარმოქმნილი ნივთიერებების ან კომპლექსების მდგრადობაზე – სიმტკიცეზე. ეს სისტემები გამოიყენება არაორგანული ნაერთების გამოსაწვლილად. მეორე ჯგუფის ექსტრაგენტების საშუალებით მიმდინარე ექსტრაქცია უფრო რთული პროცესია. ექსტრაქცია შეიძლება გართულდეს გვერდითი რეაქციებით. რიგ

შემთხვევაში ექსტრაქცია ერთდროულად შეიძლება მიმდინარეობდეს რამდენიმე ნივთიერებისა ერთად.

2.1. ექსტრაქციის პროცესების ძირითადი რაოდენობრივი მახასიათებლები

მიუხედავად იმისა, რომ ექსტრაქცია, როგორც დაყოფის მეთოდი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში გამოიყენებოდა ანალიზურ ქიმიასა და ქიმიურ ტექნოლოგიაში, ამ მეთოდის თეორიული საფუძვლები დიდი ხნის მანძილზე შეუსწავლელი რჩებოდა. კერძოდ, შეუსწავლელი იყო ექსტრაქციული პროცესების ძირითადი რაოდენობრივი მახასიათებლები, რაც ხელს უშლიდა ექსტრაქციის პრაქტიკაში მათ ფართოდ დანარგვას.

ორგანული გამხსნელების მიერ ექსტრაგირებული ნივთიერების რაოდენობის გამოანგარიშებისათვის საჭიროა ვიცოდეთ <u>განაწილების მუდმივა და განაწილების კოეფიციენტი</u>, <u>ექსტრაქციის ხარისხი და ა.შ</u>.

1872 წელს მ. ბერთლოს და ი. იუნგფლეიშის მიერ ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე პირველად იყო ნაჩვენები, რომ ორ სითხოვან ფაზას შორის განაწილებული ნივთიერების წონასწორული კონცენტრაციების ფარდობა მუდმივი სიდიდეა. ეს შეფარდება თერმოდინამიკული გზით პირველად იყო მოწოდებული ვ. ნერსტის მიერ, რომელმაც 1891 წელს ჩამოაყალიბა <u>განაწილების კანონი</u>.

<u>განაწილების კანონის</u> თანახმად, ორ შეურევად ან შეზღუდულად შერევად სითხეს შორის ნივთიერება ნაწილდება მუდმივი თანაფარდობით. ეს ფარდობა იდეალური სისტემებისათვის დამოკიდებულია მხოლოდ ტემპერატურაზე, ნივთიერების ბუნებაზე და არ არის დამოკიდებული კონცენტრაციაზე.

ამ კანონიდან გამომდინარეობს, რომ რამდენიმე ნივთიერების ერთდროულად გახსნის დროს თითოეული მათგანი ორივე სითხეს შორის ნაწილდება ისე, თითქოს სისტემაში არ არის სხვა გასანაწილებელი ნივთიერებანი. განაწილების კანონი მხოლოდ იმ შემთხვევაშია სამართლიანი, როცა გასანაწილებელი ნივთიერება ორივე ფაზაში ერთი და იგივე ფორმით იმყოფება.

<u>**ნივთიერებათა განაწილების მუდმივა**</u> ეწოდება მუდმივ სიდიდეს, რომლითაც გამოიხატება (წონასწორობის დამყარების შემდეგ) ორივე ფაზაში ერთნაირი ფორმით არსებული გასანაწილებელი ნივთიერების კონცენტრაციათა ფარდობა:

$$P = \frac{[A]_{org}}{[A]_{aq}} \qquad (1),$$

სადაც P - განაწილების მუდმივაა; $[A]_{org}$ - ნივთიერების კონცენტრაცია ორგანული გამხსნელის ფაზაში მოლ/ლ; $[A]_{aq}$ - ნივთიერების კონცენტრაცია წყლიან ფაზაში მოლ/ლ.

განაწილების მუდმივას სიდიდე დამოკიდებულია განაწილებული ნივთიერების ბუნებაზე, ექსტრაგენტების შემადგენლობასა და თვისებებზე, ტემპერატურაზე. განაწილების მუდმივა არ არის დამოკიდებული ნივთიერების წონასწორულ კონცენტრაციაზე და წყლიანი და უწყლო ფაზების მოცულობაზე. განაწილების მუდმივას რიცხვითი მნიშვნელობა შეიძლება განისაზღვროს სხვა (9) ფორმულითაც. შესაბამისი ნივთიერების ექსტრაქციის ხარისხის სიდიდიდან და სითხოვანი ფაზების მოცულობებიდან გამომდინარე.

<u>**განაწილების კოეფიციენტი.**</u> ნივთიერების განაწილების მუდმივას გაანგარიშების დროს (1) ფორმულით აუცილებელია დარწმუნებული ვიყოთ იმაში, რომ ორივე ფაზაში გასანაწილებელი ნივთიერება იმყოფება ერთნაირი ფორმით (ერთნაირ მოლეკულურ მდგომარეობაში). ბევრ ექსტრაქციულ სისტემაში ეს პირობა არ სრულდება. ერთ-ერთ თხევად ფაზაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს დისოციაციას, ასოციაციას, სოლვატაციას, გასანაწილებელი ნივთიერების ჰიდროლიზს, კომპლექსების წარმოქმნას და ა.შ. ასეთ სისტემებში ექსტრაქციული წონასწორობის გამოანგარიშებისათვის მხედველობაში არ ღებულობენ ნივთიერების არსებობის ფორმას თითოეულ ფაზაში. მხედველობაში იღებენ მხოლოდ გასანაწილებელი ნივთიერების ჯამურ (ანალიზურ) კონცენტრაციას ორივე ფაზაში.

ჯამური კონცენტრაციების განსაზღვრის საფუძველზე შეიძლება გამოვიანგარიშოთ ნივთიერებათა განაწილების მუდმივა (კონსტანტა) კი არა, არამედ მოცემული ნივთიერების განაწილების კოეფიციენტი გამოყენებულ გამხსნელთა სისტემაში (წყალი-ორგანული გამხსნელი). <u>განაწილების კოეფიციენტი</u> – ეს არის ორგანული გამხსნელის ფაზაში მყოფი ნივთიერების ჯამური (ანალიზური) კონცენტრაციის ფარდობა წყლიან ფაზაში არსებული ნივთიერების ჯამურ (ანალიზურ) კონცენტრაციასთან (იმის გაუთვალისწინებლად თუ რომელ ფორმაში იმყოფება თითოეულ ფაზაში):

$$D = \frac{C_{org}}{C_{aq}} \qquad (2),$$

სადაც D – განაწილების კოეფიციენტია, C_{org} – ორგანულ ფაზაში მყოფი ნივთიერების ჯამური (ანალიზური) კონცენტრაცია, მოლ/ლ; C_{aq} – წყლიან ფაზაში მყოფი ნივთიერების ჯამური (ანალიზური) კონცენტრაცია, მოლ/ლ.

ექსტრაქციის ხარისხი (ექსტრაქციის პროცენტი) – ეს არის ექსტრაგირებული ნივთიერების რაოდენობის შეფარდება ამ ნივთიერების საერთო (საწყის) რაოდენობასთან წყლიან ფაზაში

$$R = \frac{A \cdot 100}{N} \qquad (3),$$

სადაც R – ნივთიერების ექსტრაქციის ხარისხია, %-ში;

A – ორგანული გამხსნელით ექსტრაგირებული ნივთიერების რაოდენობა;

N – ნივთიერების საერთო (საწყისი) რაოდენობა წყლიან ფაზაში.

ორგანული გამხსნელით ექსტრაგირებული ნივთიერების რაოდენობა A შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს ექსპერიმენტალურად, რაოდენობრივი განსაზღვრის შესაბამისი მეთოდის გამოყენებით. გვეცოდინება რა ნივთიერების საწყისი კონცენტრაცია და ორგანულ გამხსნელში გადასული ამ ნივთიერების რაოდენობა, ანგარიშობენ ექსტრაქციის ხარისხს.

ექსტრაქციის ხარისხი ზემოაღნიშნულ სიდიდეებთან დაკავშირებულია შემდეგი თანაფარდობით:

$$R = \frac{P \cdot 100}{P + v_{aq} / v_{org}} \qquad (4),$$

სადაც R – ექსტრაქციის ხარისხია, P – განაწილების მუდმივა, v_{aq} – წყლიანი ფაზის მოცულობა, მლ; v_{org} - ორგანული გამხსნელის ფაზის მოცულობა, მლ-ში.

(4) ფორმულაში წყლიანი ფაზის მოცულობის ფარდობას ორგანული გამხსნელის ფაზის მოცულობასთან ცვლიან r სიდიდით:

$$r = \frac{v_{aq}}{v_{org}} \qquad (5).$$

ექსტრაგირებისათვის საჭირო ორგანული გამხსნელის მოცულობას ანგარიშობენ ფორმულით:

$$v_{org} = \frac{v_{aq}}{r} \qquad (6)$$

სათანადო ცვლილებების შეტანის შემდგ (4) ფორმულაში ექსტრაქციის ხარისხის გამოანგარიშება ხდება შემდეგი ტოლობით:

$$R = \frac{P \cdot 100}{P + r} \qquad (7)$$

(7) ფორმულიდან შეიძლება ვიანგარიშოთ r:

$$r = \frac{P \cdot (100 - R)}{R} \qquad (8)$$

თუ ცნობილია ექსტრაქციის ხარისხის R და ფაზების მოცულობათა ფარდობა – r, მაშინ განაწილების მუდმივა – P შეიძლება გამოვიანგარიშოთ შემდეგი ტოლობის საშუალებით:

$$P = \frac{R \cdot r}{100 - R} \qquad (9)$$

განაწილების მუდმივას და ექსტრაქციის ხარისხის რიცხვითი მნიშვნელობების საფუძველზე შეიძლება გამოანგარიშებული იქნეს ექსტრაქციის პროცესის სხვა რაოდენობრივი მახასიათებლები.

ქვემოთ, ჩვენ მოგვყავს არაელექტროლიტების ექსტრაქციული პროცესების რაოდენობრივი მახასიათებლების გამოანგარიშების რამდენიმე მაგალითი, რომელთა რიცხვს მიეკუთვნება ფარმაციაში და ტოქსიკოლოგიაში მნიშვნელობის მქონე მრავალი ორგანული ნაერთები.

<u>ერთჯერადი ექსტრაქციისათვის საჭირო</u> ორგანული გამხსნელის მოცულობის გაანგარიშება. ქვემოთ მოყვანილია გაანგარიშების მაგალითები.

<u>*მაგალითი 1:*</u> გამოვიანგარიშოთ ორგანული გამხსნელის ის მოცულობა, რომელიც საჭიროა აღებული იქნეს 100 მლ ხსნარიდან ნივთიერების 99%-ის ექსტრაქციისათვის. თუ ამ ნივთიერების განაწილების მუდმივა ორგანულ და წყლიან ფაზას შორის P ტოლია 20.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად გამოიყენება (7) ფორმულა:

$$\bar{R} = \frac{P \cdot 100}{P + r}; \quad 99 = \frac{20 \cdot 100}{20 + r} = \frac{2000}{20 + r}$$

r-ის მნიშვნელობას ანგარიშობენ (8) ფორმულით, ხოლო v_{org} - (6) ფორმულით:

$$r = \frac{P \cdot (100 - R)}{R} = \frac{20 \cdot (100 - 99)}{99} = 0.2;$$

$$v_{org} = \frac{v_{aq}}{r} = \frac{100}{0.2} = 500ml$$

ამრიგად 100 მლ წყლიანი ხსნარიდან ნივთიერების 99%-ის ერთჯერადი ექსტრაქციისათვის საჭიროა 500 მლ ორგანული გამხსნელი.

<u>*მაგალითი 2:*</u> რა რაოდენობის ორგანული გამხსნელია საჭირო 100 მლ წყლიანი ხსნარიდან ნივთიერების 99%-ის ერთჯერადი ექსტრაქციისათვის, თუ განაწილების მუდმივა P=10?

$$R = \frac{P \cdot 100}{P + r}; \quad 99 = \frac{10 \cdot 100}{10 + r} = \frac{1000}{10 + r}$$

$$r = \frac{10 \cdot (100 - 99)}{99} = 0.1 \qquad v_{org} = \frac{v_{aq}}{r} = \frac{100}{0.1} = 1000ml$$

გამოანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ 100 მლ წყლიანი ხსნარიდან ნივთიერების 99%-ის ერთჯერადი ექსტრაქციისათვის, თუ P=10, საჭიროა 1000 მლ ორგანული გამხსნელი.

ზემოთ მოყვანილი გამოანგარიშებების მაგალითზე (იხ. მაგალითი 1 და 2) შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები: რაც მეტია ნივთიერების განაწილების მუდმივა P, მით ნაკლები ორგანული გამხსნელია საჭირო წყლიანი ხსნარებიდან ნივთიერების ერთჯერადი ექსტრაქციისათვის; ნივთიერების ექსტრაქციის ხარისხი მით მეტია, რაც ნაკლებია სიდიდე r, ე. ი. მით მეტი მოცულობის ორგანული გამხსნელია საჭირო ერთჯერადი ექსტრაქციისათვის.

<u>**მრავალჯერადი ექსტრაქციისათვის საჭირო ორგანული გამხსნელის მოცულობის ანგარიში**</u> – ზემოთ მოყვანილი გაანგარიშებიდან (მაგალითი 1 და 2) გამომდინარეობს, რომ საწყისი წყლიანი ხსნარებიდან ნივთიერების ერთჯერადი ექსტრაქციისათვის საჭიროა აღებულ იქნეს ორგანული გამხსნელის მნიშვნელოვნად მეტი მოცულობა, ვიდრე წყლის მოცულობაა.

ამ გარემოების გათვალისწინებით, წყლიანი ხსნარებიდან ნივთიერების გამოწვლილვას აწარმოებენ მრავალჯერადი ექსტრაქციით ორგანული გამსხნელების მცირე რაოდენობების გამოყენებით – იმავე გამხსნელის დიდი რაოდენობით ერთჯერადი ექსტრაქციის ნაცვლად. გამხსნელების მცირე მოცულობების გამოყენებით მრავალჯერადი ექსტრაქციის უპირატესობა ერთჯერადთან შედარებით ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ მაგალითებში.

<u>*მაგალითი 3*</u>: ორგანული გამხსნელის რა მოცულობაა საჭირო მრავალჯერადი ექსტრაქციისათვის, რათა 100 მლ წყლიანი ხსნარიდან გამოვიტანოთ ნივთიერების 99%, თუ P=20, ხოლო ექსტრაქციის ყოველი ჯერისათვის საჭიროა ორგანული გამხსნელის 25 მლ.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად იყენებენ (7) ფორმულას:

თავდაპირველად საზღვრავენ ნივთიერების ექსტრაქციის ხარისხს, %:

$$R = \frac{P \cdot 100}{P + r}; \quad R = \frac{20 \cdot 100}{20 + r} = \frac{2000}{20 + \frac{100}{25}} = \frac{2000}{24} = 83$$

გამოანგარიშებამ აჩვენა, რომ ექსტრაქციის ხარისხი ზემოთ აღწერილ პირობებში 83% შეადგენს. ე.ი. ყოველი შემდგომი ექსტრაქციისას მოხდება წყალში დარჩენილი ნივთიერების 83%-ის ექსტრაგირება.

მეორეჯერ ექსტრაქციისას წყლიანი ხსნარიდან გამოიწვლილება x_2 ნივთიერება

$$x_2 = \frac{(100-83)\cdot 83}{100} = 14\%$$

მესამეჯერ ექსტრაქციისას გამოიწვლილება x_3 ნივთიერება

$$x_3 = \frac{[100-(83-14)]\cdot 83}{100} = 2.5\%$$

ამ გაანგარიშებიდან გამომდინარეობს, რომ სამჯერადი ექსტრაქციისას წყლიანი ხსნარებიდან გამოიწვლილება ნივთიერების დაახლოებით 99.5%. ორგანული გამხსნელი კი იხარჯება 75 მლ, მაშინ როდესაც ერთჯერადი ექსტრაქციისათვის საჭირო იყო ორგანული გამხსნელის 500 მლ.

მოყვანილი მაგალითები იმის დადასტურებაა, რომ უმჯობესია ვაწარმოოთ ნივთიერების მრავალჯერადი ექსტრაქცია ორგანული გამხსნელის მცირე რაოდენობების გამოყენებით, ვიდრე ერთჯერადი – ორგანული გამხსნელის დიდი რაოდენობის გამოყენებით.

ნივთიერების გარკვეული რაოდენობის გამოწვლილვისათვის საჭრო ექსტრაქციების რიცხვი (*m*). ნივთიერების სრულყოფილი ექსტრაქციის გამოანგარიშებისათვის საზღვრავენ თუ რამდენჯერ უნდა იქნეს ჩატარებული ექსტრაქცია წყლიანი ხსნარიდან, რომ მივიღოთ ამ ნივთიერების გარკვეული (წინასწარ გაანგარიშებული) რაოდენობა. ამ მიზნით იყენებენ შემდეგ ფორმულას:

$$m = \frac{\lg \frac{C_{aq}}{[A_m]_{aq}}}{\lg(1+\frac{P}{r})} \qquad (10)$$

სადაც m – ექსტრაქციების რიცხვია, რომელიც საჭიროა ნივთიერების გარკვეული რაოდენობის გამოწვლილვისათვის;

C_{aq} – წყლიან ხსნარში ნივთიერების საწყისი კონცენტრაცია, მოლ/ლ;

$[A_m]_{aq}$ – m-ჯერ ექსტრაქციის შემდეგ, წყლიან ფაზაში დარჩენილი ნივთიერების რაოდენობა, მოლ/ლ.

<u>მაგალითი</u> 4:

გამოვიანგარიშოთ ექსტრაქციების რიცხვი (რაოდენობა), რომელიც აუცილებელია ორგანული გამხსნელით ნივთიერების 99%-ის გამოსაწვლილად 10-10 მლ ულუფებით 100 მლ 1 მოლური წყლიანი ხსნარებიდან, თუ P=20.

ამ ამოცანის გადასაწყვეტად თავდაპირველად საჭიროა განვსაზღვროთ $[A_m]_{aq}$ და r; $[A_m]_{aq}$=1-0.99=0.01 მოლ/ლ

$$r = \frac{v_{aq}}{v_{org}} = \frac{100}{10} = 10$$

შესაბამისი სიდიდეების მნიშვნელობები ჩავსვათ (10) ფორმულაში

$$m = \frac{\lg\frac{1}{0{,}01}}{\lg(1+\frac{20}{10})} = \frac{\lg 100}{\lg 3} = \frac{2}{0.4771} = 4.2$$ ექსტრაქციას (დამრგვალებულად 4 ექსტრაქცია)

მოყვანილი მაგალითი გვიჩვენებს ექსტრაქციის რიცხვის დამოკიდებულებას ორგანული და წყლიანი ფაზების მოცულობებზე, ექსტრაქციის ხარისხზე და ნივთიერების განაწილების მუდმივაზე.

2.2. ექსტრაქციის პროცესის მექანიზმი

ხსნართა თეორიის თანახმად, ნივთიერების გახსნას წყალში ან ორგანულ გამსხნელში თან ახლავს ამ ნივთიერების მოლეკულების არამტკიცე ნაერთის წარმოქმნა გამხსნელის მოლეკულებთან. თუ გამხსნელი წყალია, მაშინ წარმოიქმნება ჰიდრატები. თუ გამხსნელი ორგანული გამხსნელია, ხსნარში წარმოიქმნება გახსნილი ნივთიერების სოლვატები. მოლეკულათა ჰიდრატები და სოლვატები არამტკიცე (არამდგრადი) ნაერთებია.

წყლიანი ხსნარის ორგანულ გამხსნელთან შენჯღრევისას, გახსნილი ნივთიერების მოლეკულის ჰიდრატული გარსი ირღვევა. ჰიდრატულ გარსში წყლის მოლეკულები იცვლება ორგანული გამხსნელის მოლეკულებით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება გახსნილი ნივთიერების მოლეკულათა სოლვატები, რომლებიც ადვილად გადადიან ორგანულ გამსხნელში.

კარგად ექსტრაგირდებიან იმ ნივთიერებათა მოლეკულები, რომელთა სოლვატები ორგანულ გამსხნელებში უფრო მტკიცენი არიან, ვიდრე მათი ჰიდრატები წყლის მოლეკულებში.

უფრო რთულია ელექტროლიტების ექსტრაქციის პროცესი, რომლებიც წყლიან ხსნარებში ნაწილობრივ ან სრულად იშლებიან იონებად. იონები, რომლებიც არიან გარკვეული მუხტის მატარებლები, კარგად ჰიდრატირდებიან წყლის

დიპოლებით. იონთა ბმა წყლის დიპოლებთან შედარებით მტკიცეა. ამიტომ იონები, რომლებსაც აქვთ მტკიცე ჰიდრატული გარსები, რჩებიან წყლიან ფაზაში და არ ექსტრაგირდებიან ორგანული გამსხნელებით. ორგანულ გამსხნელებს შეუძლიათ მხოლოდ შესაბამისი ნივთიერებების არადისოცირებადი მოლეკულების ექსტრაგირება. ეს აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული ორგანული ნივთიერებების ექსტრაქციის დროს, რომლებიც არიან სუსტი ელექტროლიტები. ამ ნივთიერებების ექსტრაქციის ხარისხი დამოკიდებულია არის pH-ზე. ხსნარის pH-ის შეცვლით იცვლება მოლეკულის დისოციაციის ხარისხი, მაშასადამე, იცვლება არადისოცირებული მოლეკულების ფარდობითი რაოდენობაც. არადისოცირებული მოლეკულების რაოდენობის გაზრდით იზრდება სუსტი ელექტროლიტების ექსტრაქციის ხარისხი და პირიქით.

<u>ორგანული მჟავების ექსტრაქცია</u>. ორგანული მჟავების არადისოცირებული მოლეკულები წყლიან ხსნარებში ელექტრონეიტრალურები არიან, სუსტად ჰიდრატირდებიან წყლის მოლეკულებით. წყლიანი ხსნარების ორგანულ გამხსნელებთან კონტაქტის დროს ორგანული მჟავების ელექტრონეიტრალური მოლეკულები ადვილად სულვატირდებიან და ამიტომ გადადიან ორგანული გამხსნელის ფაზაში.

სუსტი მჟავების წყლიან ხსნარებში დისოციაციის დროს წარმოქმნილ იონებს აქვთ შესაბამისი მუხტი. ამიტომ ადვილად ჰიდრატირდებიან წყლის დიპოლებით. კავშირი წყლის მოლეკულებსა და მჟავათა იონებს შორის შედარებით მტკიცეა. ამიტომ, ასეთი იონები ორგანული გამსხნელების მოლეკულებით სუსტად სოლვატირდებიან და არ ექსტრაგირდებიან ორგანული გამსხნელებით წყლიანი ხსნარებიდან.

წყლიან ფაზაში წყალბადიონთა კონცენტრაციის შეცვლა იწვევს არადისოცირებული მოლეკულების რაოდენობის შედარებით მომატებას ან დაკლებას, მაშასადამე, მჟავის ექსტრაგირების უნარის შეცვლასაც.

pH-ის მნიშვნელობის გაზრდისას (ე.ი. წყალბადიონთა კონცენტრაციის შემცირებისას) წყლიან ხსნარში იზრდება მჟავას დისოციაცია, რასაც მივყავართ მისი არადისოცირებული მოლეკულების შემცირებამდე. ამის შედეგად მცირდება ასეთი ხსნარებიდან სუსტი ორგანული მჟავების ორგანული გამსხნელებით ექსტრაგირება.

pH-ის მნიშვნელობის შემცირებისას (წყალბადიონთა კონცენტრაციის გაზრდისას) წყლიან ხსნარებში იზრდება არადისოცირებული მჟავის მოლეკულათა რიცხვი, მაშასადამე, იზრდება მისი ექსტრაგირების ხარისხი ორგანული გამსხნელების საშუალებით. წყლიან ხსნარებში წყალბადიონთა კონცენტრაციის

მნიშვნელოვანი გაზრდისას (pH-ის შემცირებისას) სუსტი მჟავა პრაქტიკულად მთლიანად შეგვიძლია გადავიყვანოთ არადისოცირებულ მდგომარეობაში და ამით გავზარდოთ მისი ექსტრაგირება.

<u>ფუძეების ექსტრაქცია</u>. მრავალი ორგანული ფუძე, რომელთა რიცხვს მიეკუთვნება ალკალოიდები და მათი მრავალრიცხოვანი სინთეზური ანალოგები, წარმოადგენენ ფარმაცევტულ პრეპერატებს. ეს ფუძეები ნეიტრალურ არეში არიან არადისოცირებული სახით. ორგანულ ფუძეებზე მჟავეების მოქმედებით მიიღება მათი მარილები, რომლებიც წყლიან ხსნარებში დისოცირდებიან იონებად.

ორგანული ფუძეების არადისოცირებული მოლეკულები სუსტად ჰიდრატირდებიან წყლის მოლეკულებით, მაგრამ კარგად სოლვატირდებიან ორგანული გამხსნელების მოლეკულებით. ამიტომ, ორგანული ფუძეების არადისოცირებული მოლეკულები კარგად ექსტრაგირდებიან ორგანული გამხსნელებით წყლიანი ხსნარებიდან.

ორგანული ფუძეების მარილების დისოციაციის დროს წარმოშობილი იონები, კარგად ჰიდრატირდებიან წყლის მოლეკულებით. ამიტომ, ორგანულ ფუძეთა მარილები (რამდენიმე გამონაკლისის გარდა) არ ექსტრაგირდებიან ორგანული გამხსნელით.

ორგანული ფუძეები წარმოადგენენ სუსტ ელექტროლიტებს. მათი დისოციაციის ხარისხი დამოკიდებულია pH-ზე. ფუძეებზე მჟავების დამატებისას წარმოიქმნება მარილები. ამ დროს იზრდება იონთა რაოდენობა და მცირდება არადისოცირებული მოლეკულების რაოდენობა, მაშასადამე, მცირდება ორგანული გამხსნელებით ამ ნივთიერებების ექსტრაქციის ხარისხი. ტუტეების დამატებისას ორგანული ფუძეების მარილებზე მცირდება იონების რაოდენობა და იზრდება მათი არადისოცირებული მოლეკულების რაოდენობა. ამის შედეგად ტუტე არეში ორგანული ფუძეების ექსტრაქციის ხარისხი ორგანული გამხსნელებით იზრდება.

<u>ამფოტერული ნაერთების ექსტრაქცია</u> – ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობის მქონე ამფოტერული ნაერთების რიცხვს მიეკუთვნება ნივთიერებები, რომელთა მოლეკულაში არის ამინური აზოტი და ფენოლური ჯგუფები (მორფინი, სალსოლინი და სხვა), აგრეთვე ნივთიერებები, რომლებიც შეიცავენ ამინურ აზოტს და კარბოქსილის ჯგუფს (ამინომჟავეები და სხვები). ეს ნაერთები სარეაქციო არის pH-ის მიხედვით დისოცირდებიან როგორც ფუძეები (მჟავე არეში) და როგორც მჟავები (ტუტე არეში). ამფოტერული ნაერთების ექსტრაქცია დამოკიდებული არის pH-ზე, რადგან pH-ის ცვლილებისას იცვლება ამფოტერული ნაერთების იონების და არადისოცირებული მოლეკულების რაოდენობა. მოლეკულურ მდგომარეობაში მყოფი

ამფოტერული ნაერთები ექსტრაგირდებიან ორგანული გამხსნელებით. ამფოტერული ნაერთების იონები კარგად ჰიდრატირდებიან წყლის მოლეკულებით და ამიტომ თითქმის არ ექსტრაგირდებიან ორგანული გამხსნელებით.

ამფოტერული ნაერთების ყველაზე დიდი რაოდენობა ექსტრაგირდება ამ ნივთიერებების იზოელექტრული წერტილის შესაბამისი pH-ის დროს. ეს მოვლენა აიხსნება იმით, რომ ამფოტერული ნაერთების მოლეკულებს იზოელექტრულ წერტილში ელექტრული მუხტი არ გააჩნია. ისინი ელექტრონეიტრალურები არიან.

2.3. ექსტრაქციაზე მოქმედი ფაქტორები

ორგანული გამხსნელებით ნივთიერებათა ექსტრაქციაზე გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფაქტორი: ნივთიერების და ექსტრაგენტის ბუნება, ტემპერატურა, არის pH, წყლიან ხსნარებში არსებული ელექტროლიტები, შენჯღრევის სიჩქარე და სხვა.

<u>ტემპერატურის გავლენა ექსტრაქციაზე</u> – ტემპერატურის შეცვლა გავლენას ახდენს ნივთიერების განაწილების მუდმივაზე (*P*). ეს აიხსნება იმით, რომ ტემპერატურის შეცვლისას იცვლება ნივთიერების ხსნადობა თითოეულ ფაზაში, აგრეთვე იცვლება ორგანული და წყლიანი ფაზების ურთიერთხსნადობა. ამასთან, ტემპერატურის შეცვლით ნივთიერების ხსნადობა სხვადასხვა ფაზაში არაერთნაირად იცვლება. ეს არის ნივთიერების განაწილების მუდმივას შეცვლის ერთ-ერთი მიზეზი ტემპერატურის შეცვლისას.

ტემპერატურის ცვლა მოქმედებს ნივთიერების დისოციაციის და ასოციაციის პროცესზე შესაბამის ფაზაში. ამიტომ ტემპერატურის შცვლისას იცვლება ქიმიური ნაერთის ჰიდრატაცია (სოლვატაცია) და ექსტრაგირება.

<u>**pH-ის გავლენა ექსტრაქციაზე**</u> – ორგანული ნივთიერებების ექსტრაგირება დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე, მათ შორის არის pH-ზე. ექსტრაგირებული ნივთიერების რაოდენობა დამოკიდებულია წყლიან ფაზაში მის დისოციაციაზე. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ ნივთიერებების არადისოცირებული მოლეკულები და მათი იონები სხვადასხვანაირად ექსტრაგირდებიან წყლიანი ხსნარებიდან. ექსტრაგირებისას არადისოცირებული მოლეკულები გადადიან ორგანულ ფაზაში, ხოლო იონები, რომელნიც კარგად ჰიდრატირდებიან წყლის მოლეკულებით, რჩებიან წყლიან ფაზაში, ამიტომ ძლიერი ელექტროლიტები, რომლებიც კარგად დისოცირდებიან წყალში იონებად, არ ექსტრაგირდებიან ორგანული გამხსნელებით.

ელექტროლიტების გავლენა ექსტრაქციაზე – კარგად ხსნადი მარილების მიმატებას სხვა ნივთიერების წყლიან ხსნარზე შეუძლია შეამციროს ან გაზარდოს მისი წყალში ხსნადობა. ნივთიერებების ხსნადობის შემცირებას წყლიან ხსნარებში ელექტროლიტების მოქმედებით ეწოდება **გამომარილება**. ხსნადობის მომატებას – **განმარილება**.

გამომარილება არის ნივთიერების წყალში ხსნადობის შესამცირებელი (დამაქვეითებელი) და წყლიანი ხსნარებიდან ორგანული გამხსნელებით ექსტრაგირების მომმატებელი ფაქტორი.

ელექტროლიტების გამომმარილებელი მოქმედება დამოკიდებულია გამომმარილებელი ნივთიერების ბუნებაზე და თვისებებზე, გამომმარილებელი იონების კონცენტრაციაზე, რადიუსზე და ა.შ.

მცირე რადიუსის მქონე გამომმარილებელ იონებს აქვთ მუხტის უფრო მაღალი სიმკვრივე, ვიდრე დიდი რადიუსის მქონეებს. ამიტომ, მცირე რადიუსის მქონე იონები უფრო კარგად ჰიდრატირდებიან. ამასთან დაკავშირებით მცირე რადიუსის მქონე იონების გამომმარილებელი მოქმედება მეტია. თუმცა ამ წესს აქვს რიგი გამონაკლისები.

დადგენილია, რომ გამომმარილებელი მოქმედება ახასიათებთ ზოგიერთ წყალში კარგად ხსნად არაელექტროლიტებს. ასე მაგალითად, ეთილის სპირტით კარგად გამომარილდება ძმარმჟავა თავისი წყლიანი ხსნარებიდან ამ მჟავის ეთილაცეტატით ექსტრაქციის დროს.

ნივთიერებები, რომლებიც ავლენენ გამომმარილებელ მოქმედებას გამოიყენებიან წყალში სუსტად ხსნადი ნაერთების ხსნადობის მოსამატებლად. არსებობს გამომარილების პროცესის ამხსნელი რამდენიმე თეორია. ერთ-ერთის თანახმად, გამომარილება აიხსნება ექსტრაქციულ სისტემაში გამმომარილებელი და გამოსამარილებელი ნივთიერებების ქიმიური ურთიერთმოქმედებით. ამის შედეგად შეიძლება წარმოიქმნას წყალში კარგად ხსნადი ნაერთები ან კომპლექსები, რომლებიც არ ექსტრაგირდებიან ორგანული გამსხნელებით.

2.4. ექსტრაქციისათვის გამოყენებული ორგანული გამსხნელებისადმი წაყენებული მოთხოვნები

ექსტრაქციისათვის გამოყენებულ ორგანულ გამსხნელები უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ მოთხოვნებს:

1. ორგანული გამხსნელი კარგად უნდა წვლილავდეს საკლევ ნივთიერებას წყლიანი ფაზიდან;

2. სასურველია, რომ გამხსნელი იყოს შერჩევითი ანუ სელექციური. ხსნარებიდან ის უნდა წვლილავდეს ერთ ნივთიერებას ან მონათესავე ნაერთების ჯგუფს;

3. გამხსნელი მცირედ უნდა იხსნებოდეს წყალში, წყალი კი შესამჩნევად უნდა იხსნებოდეს ამ გამხსნელში.

ექსტრაქციისათვის ისეთი ორგანული გამსხნელების გამოყენებისას, რომლებიც იხსნებიან წყალში ან მათში იხსნება წყალი, ფაზების საბოლოო მოცულობები შენჯღრევის შემდეგ ტოლი არ იქნება ამ ფაზების საწყისი მოცულობებისა. ეს შეიძლება იყოს განაწილების მუდმივას და კოეფიციენტის, აგრეთვე ექსტრაქციის ხარისხის ანგარიშის ცდომილების ერთ-ერთი წყარო. გაანგარიშებისას ცდომილების თავიდან ასაცილებლად, ორგანულ გამსხნელს აჯერებენ წყლით, ხოლო წყალს – ორგანული გამხსნელით. მხოლოდ ამის შემდეგ ატარებენ ექსტრაქციას.

4. ორგანულ გამსხნელს შეძლებისდაგვარად არ უნდა ჰქონდეს დაბალი დუღილის ტემპერატურე. გამხსნელის დუღილის ტემპერატურე 50°C-ზე უფრო მაღალი უნდა იყოს. დუღილის დაბალი ტემპერატურის მქონე გამხსნელები ოთახის ტემპერატურაზეც კი სწრაფად ქროლდებიან. ამიტომ, ექსტრაქციისას მათი მოცულობები მცირდება, ხოლო ექსტრაგირებული ნივთიერებების კონცენტრაცია ამ გამხსნელებში იზრდება. ეს შეიძლება იყოს ექსტრაგირებული ნივთიერებების განაწილების მუდმივას და კოეფიციენტის გამოანგარიშებისას ცდომილების ერთ-ერთი მიზეზი. ამასთან, ორგანული გამსხნელების დაბალი დუღილის ტემპერატურა დადებითი ფაქტორია ექსტრაქციის შემდეგ მათი რეგენერაციის თვალსაზრისით.

5. ორგანული გამსხნელების სიმკვრივე შეძლებისდაგვარად უნდა განსხვავდებოდეს წყლის და წყლიანი ხსნარების სიმკვრივისაგან. აღნიშნული სითხეების სიმკვრივეთა შორის დიდი სხვაობისას ფაზების დაყოფა მიმდინარეობს სწრაფად.

6. გამხსნელი არ უნდა იყოს ცეცხლსაშიში ან შხამიანი, აგრეთვე არის გამხსნელებისადმი წაყენებული ზოგიერთი სხვა მოთხოვნებიც.

§3. მიკროკრისტალოსკოპიური ანალიზი

მიკროკრისტალოსკოპიური ანალიზი ემყარება ნივთიერებათა აღმოჩენას კრისტალების ფორმის, ზომის და ფერის მიხედვით. უმრავლეს შემთხვევაში, ქიმიური ნივთიერებების იდენტიფიკაციისათვის მიკროკრისტალოსკოპიური მეთოდით განისაზღვრება არა თვით საკვლევი ნივთიერების ფორმა და ფერი, არამედ მასთან შესაბამისი რეაქტივის ურთიერთმოქმედების შედეგად მიღებული კრისტალური პროდუქტებისაც. კრისტალების ფორმას და ფერს საზღვრავენ მიკროსკოპის საშუალებით.

ქიმიური გამოკვლევების დროს მიკროსკოპი პირველად მ.ვ. ლომონოსოვმა გამოიყენა. რუსი აკადემიკოსი ტ.ე. ლოვიცი მიკროსკოპს იყენებდა ქიმიური ნაერთების აღმოსაჩენად კრისტალების ფორმის მიხედვით. მოგვიანებით მიკროკრისტალოსკოპიური მეთოდის მეცნიერული საფუძვლები მოცემულ იქნა ე.ს.ფეოდოროვის და სხვა მეცნიერთა შრომებში.

ანალიზის მიკროკრისტალოსკოპიურ მეთოდს ახასიათებს რიგი ღირებულებანი:

1. ამ მეთოდით ანალიზის ჩასატარებლად საჭიროა საკვლევი ნივთიერების ძალიან მცირე რაოდენობა.

2. შეიძლება გამოყენებულ იქნეს შხამიანი და ასაფეთქებელი ნივთიერებების ანალიზის დროს, რომელთა დიდ რაოდენობებთან მუშაობა საშიშია.

3. ხშირ შენთხვევაში არ არის საჭირო ფილტრაციის, ამოორთქლების, გავარვარების და სხვა დიდი ოპერაციების ჩატარება.

მიკროკრისტალოსკოპიურ რეაქციებს ატარებენ სასაგნე მინაზე, რომელზედაც აწვეთებენ საკვლევი ნივთიერების ხსნარს, ამატებენ შესაბამის რეაქტივს, შემდეგ მიკროსკოპში აკვირდებიან წარმოქმნილი კრისტალების ფორმას, ზომას და ფერს.

რეაქციის შედეგად წარმოქმნილ კრისტალებს უნდა ჰქონდეს სასურველი ზომა და ფორმა, რაც დამახასიათებელია ამ რეაქტივთან ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტისათვის.

წარმოქმნილი კრისტალები შედარებით დიდი უნდა იყოს (20-25 მკ). ამ კრისტალების ფორმა და წახნაგები უნდა ჩანდეს მიკროსკოპში მცირე გადიდების დროს (60-100 ჯერ). კრისტალების ფორმის განსაზღვრისას მიკროსკოპის ქვეშ ჩვეულებრივ იყენებენ 30-80-ჯერ გადიდებას.

ვინაიდან კრისტალების ფორმის განსაზღვრა საფუძვლად უდევს ანალიზის მიკროკრისტალოსკოპიურ მეთოდს, მოკლედ შევჩერდებით კრისტალების ზოგად დახასიათებაზე, მათი ძირითადი თვისებების აღწერაზე, წარმოქმნის პირობებზე, კრისტალების ფორმის და ზომის დამოკიდებულებაზე, მათი ზრდის პირობებზე.

<u>კრისტალი</u> ეწოდება მყარ სხეულს, რომლის ნაწილაკები (ატომები, იონები) განლაგებული არიან განსაზღვრული, პერიოდულად განმეორებადი რიგით და წარმოქმნიან კრისტალურ მესერს.

<u>კრისტალური მესერი</u> – ეს არის ატომის ან კრისტალების სხვა ნაწილაკების სწორი პერიოდული განლაგება. კრისტალური მესერის სივრცის უმცირეს მოცულობას, რომელშიც ასახულია მისი სტრუქტურის ყველა თავისებურებანი, ეწოდება ელემენტალური ბირთვი (უჯრედი). ყველა კრისტალში ნაწილაკები განლაგებულია სიმეტრიულად, სწორი რიგებით, ბრტყელი ბადით, სივრცითი მესერით.

<u>უფრო ხშირად კრისტალები გვხვდება სიმეტრიული მრავალწახნაგების სახით</u>. <u>სიმეტრიის ხარისხის მიხედვით არჩევენ კრისტალების 32 კლასს</u>, რომლებიც მიეკუთვნება 7 <u>კრისტალურ სისტემას</u>.

<u>კრისტალური სისტემა</u> ახასიათებს კრისტალის სიმეტრიას 3D განზომილებაში.

კრისტალების დაყოფა ასევე ხდება სინგონიის ანუ კრისტალური ოჯახის მიხედვით. <u>სინგონია</u> ახასიათებს კრისტალის ფორმას, მის უმარტივეს უჯრედში და შესაბამისად აერთიანებს კრისტალებს, რომელთაც აქვთ მსგავსი გეომეტრიული კონსტანტები. ცხრილში 2.2. მოცემულია დამოკიდებულება კრისტალურ სისტემას, სინგონიას და მესერის სისტემას შორის.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ კრისტალების უმრავლესობა, რომლებსაც ლაბორატორიებში ღებულობენ სრულად არ ინარჩუნებს კრისტალური სტრუქტურის თავისებურებებს. ამიტომ, არჩევენ იდეალურ და რეალურ კრისტალებს.

<u>იდეალური</u> ეწოდება კრისტალებს, რომელშიც მთელი სივრცე წარმოადგენს ერთიან მესერს, მათი ელემენტალური ბირთვები (უჯრედები) ერთნაირია, წახნაგები გარეგნული სახით და ზომით ერთნაირია და ა.შ.

ცხრილი 2.2. დამოკიდებულება კრისტალურ სისტემას, სინგონიას და მესერის სისტემას შორის

სინგონია (ოჯახი)	**კრისტალური სისტემა**	**კრისტალური მესრის სისტემა**
ტრიკლინური		ტრიკლინური
მონოკლინური		მონოკლინური
ორთორომბული		ორთორომბული
ტეტრაგონალური		ტეტრაგონალური
ჰექსაგონალური	ტრიგონალური	რომბული
	ჰექსაგონალური	ჰექსაგონალური
კუბური		კუბური
6	7	7

<u>რეალური</u> კრისტალები იდეალურისაგან განსხვავდებიან რიგი დეფექტებით (კრისტალური მესერის პერიოდული სტრუქტურის დარღვევა). რეალურ კრისტალებში ხშირად გვხვდება ე.წ. მოზაიკური სტრუქტურა. ეს ნიშნავს, რომ კრისტალში კრისტალური მესერი არ არის ერთიანი, არამედ შედგება ცალკეული ბლოკებისაგან, რეალურ კრისტალებში კრისტალური მესრის ცალკეულ კვანძებში შეიძლება იყოს სიცარიელე. მსხვილი რეალური კრისტალები ხშირად არაერთგვაროვანია. ზოგიერთები შედგება მრავალი, უფრო წვრილი შეზრდილი კრისტალებისაგან. რეალურ კრისტალებს შეიძლება ჰქონდეს სხვა დეფექტებიც.

დიდი ხნის მანძილზე ნივთიერებებს ჰყოფდნენ <u>კრისტალურ და ამორფულ</u> ნივთიერებებად. დადგენილ იქნა, რომ სხვადასხვა პირობების ზეგავლენით, ერთი და იგივე ნივთიერება შეიძლება მიღებულ იქნეს როგორც კრისტალური, ასევე ამორფული სახით. ასე მაგალითად, ბარიუმის სულფატი წყლიდან გამოილექება კრისტალური ნალექის სახით, ხოლო 60% სპირტის შემცველი წყლიანი ხსნარიდან – ამორფული ნალექის სახით. კრისტალების სახითაა მიღებული ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მიიჩნეოდა ტიპიურ ამორფულ ნაერთებად. ასეთებია მაგ. ცილები, კაუჩუკი და სხვ. რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით დადგენილ იქნა, რომ ამორფული ნალექების უმრავლესობაში ნანახია კრისტალური მესრები. ამ მაგალითების საფუძველზე შეიძლება დავასკვ-

ნათ, რომ ამორფული და კრისტალური ფორმა ერთი და იგივე ნივთიერების სხვადასხვა მდგომარეობაა.

3.1. კრისტალების წარმოქმნის პირობები და ზომები

ნივთიერების კრისტალური მდგომარეობა ერთ-ერთი ყველაზე მეტად გავრცელებული მდგომარეობაა სამყაროში. კრისტალები შეიძლება წარმოიშვას ნივთიერების გადასვლისას სითხიდან ან ფოროვანი მდგომარეობიდან მყარ მდგომარეობაში. კრისტალების წარმოქმნა ხდება ნივთიერებათა ხსნარების გაცივებისას, სუბლიმაციისას და ა.შ. ანალიზის მიკროკრისტალოსკოპიური მეთოდის გამოყენებისას კრისტალურ ნალექებს ღებულობენ ძირითადად საკვლევი ნივთიერებების ხსნარებზე რეაქტივების მიმატებისას.

კრისტალიზაციის პირობებზე დამოკიდებულებით შეიძლება წარმოიქმნას სხვადასხვა ზომის კრისტალები. კრისტალიზაციის პროცესი ხორციელდება ორ ეტაპად. თავდაპირველად წარმოიქმნება კრისტალიზაციის ძალიან წვრილი ცენტრები (კრისტალის ჩანასახი), რომლებსაც შემდგომი ზრდის უნარი აქვს. შემდგომში მიმდინარეობს მცირე კრისტალების ზრდა ხსნარში არსებული მოცემული ნივთიერების ოინების და მოლეკულების ხარჯზე.

მსხვილკრისტალური ნალექის წარმოსაქმნელად აუცილებელია, რომ პირველი სტადია (კრისტალების ჩანასახების წარმოქმნა) მიმდინარეობდეს ძალიან ნელა, ასეთ პირობებში წარმოიქმნება კრისტალიზაციის ნაკლები ცენტრები, სამაგიეროდ მეტი ნივთიერება დალაგდება ჩანასახების ზედაპირზე და წარმოიქმნება მსხვილი კრისტალები.

მიკროკრისტალოსკოპიურ ანალიზში ნივთიერებების კონცენტრაცია შეიძლება შეიცვალის სასაგნე მინაზე მოთავსებული წვეთის აორთქლების გამო. ამასთან, წვეთი პერიფერიიდან უფრო მალე ორთქლდება, ვიდრე ცენტრიდან. ამიტომ კრისტალების ზრდაც ცენტრიდან იწყება.

სითხის აქროლება, საკვლევი ნივთიერების კონცენტრაციის მომატებასთან ერთად, იწვევს რეაქტივის კონცენტრაციის გაზრდასაც და მისი კრისტალების წარმოშობას, რაც ხელს უშლის ძირითადი ნივთიერების აღმოჩენას.

იმ შემთხვევაში, როდესაც რეაქცია საკვლევ ნივთიერებასა და რეაქტივს შორის მიმდინარეობს ნელა, რის გამოც შეიძლება სასაგნე მინიდან სითხის მნიშვნელოვანი ნაწილი აორთლდეს, მინა შეაქვთ ნესტიან კამერაში. ასეთი კამერის სახით შეიძლება გამოყენებული იქნეს პეტრის ფინჯანი, რომლის ფსკერზეც აფენენ შესველებულ ფილტრის ქაღალდს.

საკვლევი ხსნარისა და რეაქტივის წვეთები სასაგნე მინაზე შეაქვთ ერთმანეთთან ახლოს, შემდეგ ურევენ მინის წკირით.

<u>კრისტალების ზრდა და ფორმა</u> – კრისტალების ფორმა დამოკიდებულია კრისტალების ზრდის პირობებზე და ნივთიერების ბუნებაზე. კრისტალების ფორმასა და ზრდაზე მოქმედებს: 1) ტემპერატურა, რომლის დროსაც მიმდინარეობს კრისტალიზაცია; 2) საკვლევ ხსნარში არსებული მინარევები; 3) გამსხნელები, რომლისგანაც ხდება ნივთიერების გამოკრისტალება ზრდის დროს და ა.შ.

<u>მინარევების გავლენა</u> – კრისტალების ფორმა განსაკუთრებით მკვეთრად იცვლება საკვლევ ხსნარში არსებული მინარევების მოქმედებით. მინარევები ადსორბირდება ზედაპირზე ან ხვდება (“თავსდება”) კრისტალის შიგნით. ორივე შემთხვევაში მინარევების არსებობისას იცვლება კრისტალების ფორმა.

ჩვეულებრივ პირობებში ნატრიუმის ქლორიდი კრისტალდება კუბის ფორმით, შარდოვანასთან ერთად – ოქტაედრის (რვაწახნაგიანი) ფორმით. შაბი წყლიანი ხსნარიდან კრისტალდება ოქტაედრის ფორმით, ხოლო შარდოვანას შემცველი წყლიანი ხსნარებიდან კუბის ფორმით. ტყვიის ქლორიდის კრისტალების ფორმა იცვლება კალიუმის, ნატრიუმის და ამონიუმის იონების არსებობისას. თუ ლითიუმის იონებს დავლექავთ (ფტორიდების სახით) კალიუმის ფტორიდის საშუალებით, წარმოიქმნება კუბის ფორმის კრისტალები, ნატრიუმის ფტორიდით დალექვისას კი ჰექსაგონური პრიზმები, ხოლო ამონიუმის ფტორიდით – სწორკუთხა როზეტები. იგივე შეიძლება ითქვას კალციუმის, ბარიუმის და სტრონციუმის ოქსალატის კრისტალებზე. მათი ურთიერთმოქმედებისას ამონიუმის ოქსალატთან წარმოიქმნება განსაზღვრული სახის კრისტალები. თუ ამონიუმის ოქსალატს მჟაუმჟავით შეცვლით – წარმოიქმნება სხვა სახის კრისტალები.

<u>კრისტალების მდებარეობა</u> – კრისტალების ფორმა შეიძლება დამოკიდებული იყოს მის მდებარეობაზე ხსნარში ზრდის დროს. მოცურავე კრისტალი ყოველმხრივ იზრდება. თუ ზრდის დროს კრისტალი ეხება სასაგნე მინის ზედაპირს, მაშინ იგი იზრდება გვერდებზე და ზევით. კრისტალის ქვემოთ ზრდას ხელს უშლის სასაგნე მინა. იმისათვის, რომ კრისტალმა ზრდის დროს არ განიცადოს დეფორმაცია. რიგი ავტორებისა რეკომენდაციას უწევენ კრისტალების მიღების რეაქციის წარმოებას დაკიდებულ წვეთში.

<u>იზომორფიზმი</u> – იზომორფიზმის მოვლენა პირველად შესწავლილი იქნა ე. მიტჩერლიხის მიერ 1819 წ. იზომორფიზმი (სიტყვა-სიტყვით ბერძნულიდან ითარგმნება – თანაბარფორმიანობა) – ეს არის ქიმიურად ან გეომეტრიულად მსგავსი ატომების, იონების ან მათი ერთობლიობის თვისება ჩაენაცვლონ

ერთმანეთს კრისტალურ მესერში გარდამავალი შემადგენლობის მქონე კრისტალების წარმოშობით. ქიმიურად მონათესავეებად მიიჩნევა ერთნაირი ვალენტობის, ბმის ტიპების და პოლარიზაციის მქონე ატომები. გეომეტრიულად მახლობლებად ითვლებიან მიახლოებულად თანაბარი რადიუსის ან მოცულობის მქონე ატომები (გადახრა არაუმეტეს 5-7%). ამრიგად, იზომორფული ნივთიერებები ეწოდება მყარ ნივთიერებებს, რომლებსაც აქვთ მსგავსი ქიმიური შემადგენლობა და კრისტალების ფორმა.

პოლიმორფიზმი – მიკროკრისტალოსკოპიურ ანალიზში კრისტალური მესრის რამდენიმე მოდიფიკაციით არსებობის უნარის მქონე ნივთიერებათა გამოკვლევის დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს შეცდომებს, რაც განპირობებულია ამ ნივთიერებების პოლიმორფიზმით.

პოლიმორფიზმის მოვლენა აღმოჩენილი იქნა 1822 წელს – ე. მიტჩერლიხის მიერ. პოლიმორფიზმის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ზოგიერთ ნივთიერებებს სხვადასხვა პირობებში უნარი აქვს წარმოქმნას სხვადასხვა სიმეტრიის და ფორმის კრისტალი. პოლიმორფიზმის შედეგად წარმოქმნილი კრისტალის თითოეულ ფორმას უწოდებენ პოლიმორფულ მოდიფიკაციას. ნივთიერების პოლიმორფულ მოდიფიკაციებს აქვთ დამახასიათებელი გეომეტრიული ფორმის კრისტალები.

პოლიმორფიზმის მოვლენა ძალიან გავრცელებული მოვლენაა. თითქმის ყველა ნივთიერება, გარკვეულ პირობებში, შეიძლება მიღებული იქნეს სხვადასხვა პოლიმორფული მოდიფიკაციის სახით. მარტივი ნაერთების: ნახშირბადი, გოგირდი, ფოსფორი და სხვა, პოლიმორფიზმს უწოდებენ ალოტროპიას.

ა)

ბ)

გ)

ნახ. 2.1. ნახშირბადის ალოტროპიული სახეცვლილებები: ა) ალმასი, ბ) ნახშირი და გ) გრაფიტი

პოლიმორფიზმი გაპირობებულია ტემპერატურის (რიგ შემთხვევაბში ტემპერატურის და წნევის) ცვლილებით კრისტალიზაციის პროცესში. პოლიმორფულ მოდიფიკაციებს თავისი არსებობის შესაბამისი ტემპერატურული ინტერვალი გააჩნიათ.

ამონიუმის ნიტრატს აქვს 4 პოლიმორფული მოდიფიკაცია. 18° C-დან 32°C-მდე წარმოიქმნება β-რომბული მოდიფიკაცია. 32°C-დან 84°C-მდე - α-რომბული, 84°C -დან 125°C – ტრიგონალური. 125°C -ის ზემოდ კუბური. პოლიმორფიზმის სხვა მაგალითების მოყვანაც შეიძლება. ასე მაგ. ამონიუმის ქლორიდს აქვს 2 მოდიფიკაცია, ცნობილია თუთიის სულფატის 5 მოდიფიკაცია. კადმიუმის იოდიდის – 3, ვერცხლის იოდიდის – 4 და ა.შ. აღწერილია სილიციუმის ოქსიდის, კალციუმის კარბონატის, ბარბიტურატების და მედიცინაში გამოყენებული რიგი სხვა ნივთიერებების პოლიმორფული მოდიფიკაციები.

ზოგიერთი პოლიმორფული მოდიფიკაციები ტემპერატურის ცვლილებით ადვილად გადადიან მეორეში. ამასთან, ზოგიერთი მოდიფიკაციებისათვის ასეთი გადასვლა საკმაოდ რთულია.

პოლიმორფული გარდაქმნებისას კრისტალში ამა თუ იმ ხარისხით იცვლება ქიმიური ბმების ტიპი. მკვეთრად იცვლება კრისტალების კუთხეები და მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.

პოლიმორფიზმი შეიძლება იყოს კრისტალების ოპტიკური თვისებების (კრისტალოოპტიკური კონსტანტების) ცვლილებების მიზეზი. ლიტერატურაში არსებობს ზოგიერთი ნივთიერებების პოლიმორფული მოდიფიკაციების კრისტალოოპტიკური კონსტანტების მონაცემები. ამ მონაცემების თანახმად, სხვადასხვა ნივთიერების პოლიმორფული მოდიფიკაციების კრისტალოოპტიკური კონსტანტებიც: გარდატეხის დიდი, საშუალო და მცირე მაჩვენებლები, სხვადასხვაა.

<u>ანალიზის მიკროკრისტალოსკოპიური მეთოდის გამოყენება</u>. <u>მიკროკრისტალოსკოპიურ მეთოდს</u> ზემოთ ჩამოთვლილი ზოგიერთი ღირსების მიუხედავად, <u>აქვს რიგი ნაკლოვანებანი. მათ შორის ძირითადი მდგომარეობს იმაში, რომ:</u>

1) მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციის ჩატარებისას რიგ შემთხვევებში ძნელია ზუსტად განსაზღვრული ფორმის კრისტალის მიღება, რომელიც დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: გამოსაკვლევი ნივთიერების კონცენტრაცია, რეაქტივის მოცულობა და კონცენტრაცია, მინარევების არსებობა, გამხსნელის ბუნება, კრისტალიზაციის პირობები, კრისტალების წარმოქმნის სიჩქარე, სითხეების აქროლება სასაგნე მინიდან, არის pH, ტემპერატურა, კრისტალების მდებარეობა ზრდის დროს, პოლიმორფიზმი და სხვა.

2) ერთნაირი ფორმა შეიძლება ჰქონდეს რამდენიმე ნივთიერების კრისტალებს, რადგან <u>შეზღუდულია კრისტალების ფორმათა რიცხვი, რომლებიც წარმოიქმნებიან რეაქციების დროს</u>. <u>ეს გარემოება არის მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციის სპეციფიკურობის დაქვეითების მიზეზი</u>.

3) კრისტალების ფორმის მეცნიერულად დასაბუთებული ნომენკლატურის უქონლობა ხელს უშლის ამ მეთოდის ანალიზში გამოყენებას. ხშირად სხვადასხვა ავტორი ერთნაირი ფორმის კრისტალებს სხვადასხვანაირად აღწერს. რიგ შემთხვევებში ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში გამოყენებული კრისტალების ფორმის დამახასიათებელ ტერმინებს ცოტა რამა აქვს საერთო კრისტალოგრაფიაში მიღებულ ტერმინებთან.

მიკროკრისტალოსკოპიური მეთოდის ზემოთ აღნიშნული ნაკლოვანებების გათვალისწინებით ანალიზი უნდა ჩაატაროს ამ სფეროში სათანადო გამოცდილების მქონე პირმა.

როგორც მიუთითებენ კ. სტიუარტი, ა. შტოლმანი, ე. კლარკი და სხვა ავტორები მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციები უნდა შესრულდეს მას შემდეგ, რაც საკვლევი ნივთიერების არსებობა სინჯში უკვე დამტკიცებულია სხვა რეაქციებით და მეთოდებით.

ბიოლოგიური მასალიდან გამოყოფილი ნივთიერება, რომელიც გამოკვლეული უნდა იქნეს მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციით, კარგად უნდა იყოს გასუფთავებული მინარევებისაგან.

საკონტროლო ცდების გამოყენება გარკვეული ხარისხით გამორიცხავს შესაძლო ცდომილებას მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციის შედეგების შეფასების დროს.

ამ მიზნით ერთ სასაგნე მინაზე შეაქვთ საკვლევი ხსნარის წვეთი, მეორეზე – სუფთა პრეპარატის წვეთი. შემდეგ თითოეულ მინაზე შეაქვთ შესაბამისი რეაქტივი და ადარებენ ერთმანეთს ორივე მინაზე წარმოქმნილი კრისტალების ფორმას.

§4. <u>მიკროდიფუზიის მეთოდი</u>

მიკროდიფუზიის მეთოდი ფართოდ გამოიყენება საზღვარგარეთის ქვეყნების სასამართლო-ქიმიურ და ბიოქიმიურ ლაბორატორიებში მაღალი დრეკადობის ორთქლის მქონე ქიმიური ნაერთების აღმოსაჩენად. ჩვენში ამ მეთოდმა ვერ ჰპოვა ფართო გამოყენება. იგი რეკომენდებულია მხოლოდ გვამის ქსოვილებში ფოსფორ-ორგანული პესტიციდების აღმოსაჩენად აგარ-დიფუზიური მეთოდით, რომელიც მიკროდიფუზიის მეთოდის ერთ-ერთი მოდიფიკაციაა.

სასამართლო-ქიმიური ლაბორატორიის პრაქტიკაში მიკროდიფუზიის მეთოდის დანერგვა გააიოლებს ზოგიერთი შხამით გამოწვეული მოწამვლებთან დაკავშირებულ, რიგი ექსპერტიზების ჩატარებას.

მიკროდიფუზიის მეთოდით საკვლევი ნივთიერებების აღმოსაჩენად იყენებენ კონვეის ფიალას ან მის მსგავს ჭურჭელს, რომელშიც აქროლადი ნივთიერება საკვლევი ობიექტიდან ჯერ გადადის ხელსაწყოს სივრცეში, ხოლო შემდეგ შესაბამის გამხსნელში ან გამოსაკვლევ ნივთიერებებთან მორეაგირე რეაქტივთა ხსნარში.

<u>მიკროდიფუზიის მეთოდის ღირსებებს მიეკუთვნება</u>:

– საკვლევ ობიექტებში მცირე რაოდენობით არსებული აქროლადი ნივთიერების განსაზღვრის შესაძლებლობა.

– ამ მეთოდის გამოყენებისას არ წარმოქმნება ქაფი (რაც შესაძლებელია წყლის ორთქლით აქროლადი შხამიანი ნივთიერებების გადადენის დროს).

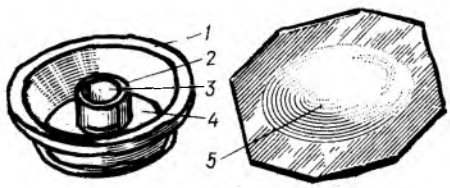
– არ ხდება განსასაზღვრავი ნივთიერების ძლიერი განზავება და ა.შ.

<u>დიფუზიის სიჩქარე დამოკიდებულია საკვლევი ნივთიერების ორთქლის დრეკადობაზე, სინჯის მოცულობაზე, ტემპერატურაზე, მშთანმთქმელი სითხის შემადგენლობაზე და ა.შ</u>. საკვლევი ობიექტიდან, ცალკეული აქროლადი ნივთიერების მიკროდიფუზიის ხელსაწყოს სივრცეში გადასვლის სიჩქარეზე მოქმედებს ზოგიერთი ელექტროლიტი. ასე მაგ. კალიუმის კარბონატის ნაჯერი ხსნარის მიმატება ეთილის სპირტის შემცველ სისხლზე, შარდზე და ქსოვილთა ჰომოგენატზე, აჩქარებს ამ სპირტის ხელსაწყოს სივრცეში გადასვლას. სხვა ნივთიერებების გადასვლის დასაჩქარებლად საკვლევი ობიექტიდან მიკროდიფუზიის ხელსაწყოში ამატებენ მჟავებს, ტუტეებს და სხვა.

მიკროდიფუზიის ხელსაწყო (ნახ. 2.2.) წარმოადგენს პატარა ზომის (გარეთა დიამეტრი 60-70 მმ, სიმაღლე 10 მმ) მრგვალ, სქელკედლიან მინის ან პლასტმასის ჭურჭელს (1). ამ ჭურჭლის შიგნით მოთავსებულია მეორე – უფრო მცირე ზომის (30-35 მმ და 5 მმ სიმაღლის მრგვალი ჭურჭელი (2). ამრიგად, მიკროდიფუზიის ხელსაწყოში არის შინაგანი (3) და გარეგანი (4) კამერები. გარეთა კამერის ზედა

თავი ისე უნდა იყოს დამუშავებული, რომ სახურავი (5) მჭიდროდ დაეხუროს. ჰერმეტიულობის შესაქმნელად გარეთა კამერის კიდეს უსვამენ ვაზელინის ან სილიკონის საცხს.

საკვლევი ობიექტები შეაქვთ გარეთა კამერაში, ხოლო მშთანთქმელი სითხე – შიდა კამერაში. საკვლევი ობიექტისაგან 2-3 სმ მოშორებით ათავსებენ იმ ნივთიერების ხსნარს, რომელიც ხელს უწყობს საკვლევ ნივთიერების გადასვლას საანალიზო ობიექტიდან ხელსაწყოს სივრცეში. შემდეგ ხელსაწყოს მჭიდროდ დაახურავენ თავს და ოდნავ გადახრიან საკვლევი ობიექტის და ხელშემწყობი ნივთიერების ხსნარის შესარევად. ხელსაწყოს ტოვებენ დიფუზიისათვის საჭირო დროის განმავლობაში. დიფუზიის დამთავრების შემდეგ საკვლევ ნივთიერებას საზღვრავენ შიდა კამერაში მოთავსებულ ხსნარიდან.



ნახ. 2.2. მიკროდიფუზიის ხელსაწყო

ქვემოთ მოგვყავს მიკროდიფუზიის ხელსაწყოს საშუალებით ზოგიერთი აქროლადი ნაერთების განსაზღვრის მეთოდიკები.

<u>ფორმალდეჰიდის განსაზღვრა</u>: მიკროდიფუზიის ხელსაწყოს გარეთა კამერაში შეაქვთ 3 მლ სისხლი ან შარდი, ან 1 გ ქსოვილის ჰომოგენატი. იქვე შეაქვთ 3-4 წვეთი 10% გოგირდმჟავას ხსნარი. შიდა კამერაში შეაქვთ 3.3 მლ 0.15 მოლი ნატრიუმის ჰიდროსულფიტი. ხელსაწყოს მჭიდროდ დაახურავენ თავს და დატოვებენ 4 საათით ოთახის ტემპერატურაზე. ამის შემდეგ, შიდა კამერაში არსებულ სითხეს იკვლევენ ფორმალდეჰიდის არსებობაზე, რისთვისაც იღებენ 1 მლ სითხეს, გადააქვთ სინჯარაში, ამატებენ 9 მლ წყალს. სინჯარას აცივებენ ყინულიანი წყლით, ამატებენ 0.2 მლ ახლადმომზადებულ ქრომოტროპის მჟავას 0.5% ხსნარს და 4 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას. სითხეებს კარგად შეურევენ და აცხელებენ მდუღარე წყლის აბაზანაზე 15 წუთის განმავლობაში. შემდეგ აცივებენ. საკვლევ სინჯში <u>ფორმალდეჰიდის არსებობაზე მიუთითებს ვარდისფერი ან იისფერი შეფერვის წარმოქმნა</u>.

<u>ძმარმჟავა ალდეჰიდის განსაზღვრა</u>: მიკროდიფუზიის ხელსაწყოს შიდა და გარე კამერებს ათავსებენ ისე, როგორც ფორმალდეჰიდის განსაზღვრისას. მიკროდიფუზიის დრო 4 სთ.

4 საათის შემდეგ სინჯარაში შეაქვთ შიდა კამერიდან აღებული 1 მლ სითხე, ამატებენ 9 მლ წყალს, 1 წვეთ 4% სპილენძის სულფატის ხსნარს, 6 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას და 0.2 მლ ჰიდროქსიდიფენილის 1%-იან ხსნარს 0.5 წვ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარში. ყოველი რეაქტივის მიმატების შემდეგ სინჯარაში არსებულ სითხეს კარგად შეანჯღრევენ, სინჯარას შეათბობენ 1.5 წუთის განმავლობაში მდუღარე წყლის აბაზანაზე და აცივებენ. საკვლევ ობიექტში ძმარმჟავა ალდეჰიდის არსებობისას სითხე იღებს იისფერ შეფერვას. ასეთივე შეფერვას გვაძლევს ფორმალდეჰიდი.

აცეტონის განსაზღვრა: ხელსაწყოს შევსება ხდება ისე, როგორც ფორმალდეჰიდის შემთხვევაში. მიკროდიფუზიის დრო 4 სთ.

შიდა კამერიდან იღებენ 1 მლ სითხეს და გადააქვთ სინჯარაში, ამატებენ 9 მლ წყალს, 4 მლ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 40%-იან ხსნარს, 1 მლ სალიცილის მჟავის 20% ეთილის სპირტში მომზადებულ ხსნარს. სინჯარას 3 წუთის განმავლობაში აცხელებენ წყლის აბაზანაზე (50-60°C-ზე). აცივებენ ოთახის ტემპერატურამდე. ობიექტში აცეტონის არსებობისას ხსნარი იფერება წითლად.

მეთილის სპირტის აღმოჩენა: ეს მეთოდი დამყარებულია მეთილის სპირტის დაჟანგვაზე ფორმალდეჰიდამდე, რომლის ქრომოტროპის მჟავასთან ურთიერთმოქმედებისას წარმოიქმნება იისფერი შეფერვა.

ხელსაწყოს გარეთა კამერაში შეაქვთ 1 მლ სისხლი, შარდი ან 1 გ ქსოვილის ჰომოგენატი. აქვე შეაქვთ კალიუმის კარბონატის 1 მლ ნაჯერი ხსნარი. შიდა კამერაში 3 მლ გოგირდმჟავას 10%-იანი ხსნარი. დაახურავენ თავს და ტოვებენ 3 საათით მიკროდიფუზიისათვის. ქსოვილის ჰომოგენატის გამოკვლევისას დიფუზიის დროს ზრდიან 5 საათამდე.

შიდა კამერიდან იღებენ 1 მლ ხსნარს, გადააქვთ სინჯარაში, ამატებენ 1 წვეთ კალიუმის პერმანგანატის 5% ხსნარს, ტოვებენ 10 წუთი, ამატებენ 1-2 წვეთ ნატრიუმის ჰიდროსულფიტის ან სულფიტის ნაჯერ ხსნარს. კალიუმის პერმანგანატის ფერის დაკარგვის შემდეგ ხსნარს ამატებენ 0.2 მლ ქრომოტროპის 0.5% ხსნარს კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში. სინჯარაში არსებულ სითხეს აცივებენ ყინულიანი წყლით, ამატებენ 4 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას და აცხელებენ მდუღარე წყლის აბაზანაზე 15 წუთი. სითხის შეფერვა წითლად ან იისფრად მიუთითებს საკვლევ ობიექტში მეთილის სპირტის არსებობაზე. ამ გამოკვლევას ატარებენ მაშინ, როდესაც ობიექტში არ არის ფორმალდეჰიდი.

ეთილის სპირტის განსაზღვრა: გარეთა კამერაში შეაქვთ 0.8 მლ სისხლი, შარდი ან 4 მლ ქსოვილის ჰომოგენატი და 1 მლ კალიუმის კარბონატის ნაჯერი

ხსნარი. შიდა კამერაში 2 მლ კალიუმის დიქრომატის ხსნარი გოგირდმჟავაში. ახურავენ თავსახურს და ტოვებენ 3 სთ ოთახის ტემპერატურაზე. ქსოვილთა ჰომოგენატის გამოკვლევისას მიკროდიფუზიას ახდენენ 4 სთ 37°C-ზე ან 12 სთ ოთახის ტემპერატურაზე. შიდა კამერაში მოთავსებული ხსნარის მწვანედ ან მომწვანო ნარინჯისფერად შეფერვა მიუთითებს საკვლევ ობიექტში ეთილის სპირტის არსებობაზე. ეს სინჯი ეთილის სპირტისათვის სპეციფიკური არ არის. ასეთივე შეფერვას იძლევიან სხვა ნივთიერებებიც, რომლებიც იჟანგებიან კალიუმის დიქრომატით.

კალიუმის დიქრომატის ხსნარის მომზადება: 0.37 გ კალიუმის დიქრომატს ამატებენ 15 მლ წყალს. მისი გახსნის შემდეგ ფრთხილად ამატებენ 28 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას. ხსნარს აცივებენ და ამატებენ 65 მლ-მდე წყალს.

სულფიდების აღმოჩენა: მიკროდიფუზიის გარე კამერაში შეაქვთ 2-4 მლ სისხლი ან შარდი, ან 1 გ ქსოვილის ჰომოგენატი. იმავე კამერაში შეაქვთ 3-4 წვ გოგირდმჟავას 10% ხსნარი. შიდა კამერაში 3.3 მლ 0.1 M ნატრიუმის ჰიდროქსიდი. ხელსაწყოს მჭიდროდ ახურავენ სახურავს და ტოვებენ 3-4 სთ ოთახის ტემპერატურაზე. შიდა კამერიდან იღებენ 1 მლ სითხეს, რომელსაც ამატებენ 1 მლ ბისმუტის ნატრიტის ხსნარს ძმარმჟავაში და 3 მლ წყალს. საკვლევ ობიექტებში სულფიდების არსებობისას წარმოიქმნება მოყავისფრო შავი შეფერვა ან ასეთივე ფერის ბისმუტის სულფიდის ნალექი. *ბისმუტის ნიტრატის ხსნარის მომზადება*: 0.43 გ ბისმუტის ნიტრატს ამატებენ 30 მლ ყინულოვან ძმარმჟავას და ანჯღრევენ. მიღებულ ხსნარს ამატებენ წყალს 150 მლ-მდე.

ფენოლის აღმოჩენა: გარე და შიდა კამერას შეავსებენ ისე, როგორც სულფიდების განსაზღვრისას. 3-4 საათის შემდეგ განსაზღვრავენ ფენოლებს. შიდა ხსნარებიდან აღებულ 1 მლ ხსნარს ამატებენ 2-3 მლ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 10% ხსნარს და წყლით (1:1) განაზავებენ 0.5 მლ ფოლინ-ჩიოკალტოს ფენოლურ რეაქტივს. ფენოლების არსებობისას ხსნარი ლურჯად იფერება.

β-ნაფტოლის რეაქტივის მომზადება: 40 მლ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 10%-იან ხსნარში ხსნიან 2გ β-ნაფტოლს, დაამატებენ 100 მლ-მდე წყალს. იყენებენ ახლადმომზადებულ ხსნარს.

ციანიდების აღმოჩენა: გარე კამერაში შეაქვთ 2-4 მლ სისხლი ან შარდი ან 1 გ ქსოვილის ჰომოგენატი. იმავე კამერაში შეაქვთ 3-4 წვეთი 10% გოგირდმჟავას ხსნარი. შინაგან კამერაში შეაქვთ 3.3 მლ 0.1 M ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი. ხელსაწყოს მჭიდროდ ახურავენ სახურავს და ტოვებენ 3-4 სთ ოთახის ტემპერატურაზე. შემდეგ შიდა კამერიდან იღებენ 1 მლ სითხეს, ამატებენ ნატრიუმის ჰოდროქსიდის 0.1 M ხსნარის 1 მლ, ორჩანაცვლებული ნატრიუმის ფოსფატის 1

ნორმალური ხსნარის 2 მლ და 1 მლ ქლორამინის 0.25% ხსნარს. ხსნარს შეანჯღრევენ და 2-3 წუთის შემდეგ ამატებენ 3 მლ რეაქტივს, რომელიც შეიცავს ბარბიტურის მჟავას და პირიდინს. ნარევს შეანჯღრევენ და ტოვებენ 10 წუთით. წითელი შეფერვის წარმოქმნა მიუთითებს ციანიდების არსებობაზე საკვლევ ხსნარში.

ბარბიტურის მჟავას ხსნარი პირიდინში (რეაქტივის მომზადება): კოლბაში ათავსებენ 3 გ ბარბიტურის მჟავა, ამატებენ 15 მლ ახლადგადადენილ პირიდინს და 3 მლ კონცენტრირებულ მარილმჟავას. კოლბის შიგთავსს კარგად შეანჯღრევენ, უმატებენ 50 მლ-მდე წყალს და ფილტრავენ. ეს რეაქტივი უნდა იყოს ახლადმომზადებული. *ახლადგადადენილი პირიდინის მომზადება*: პირიდინში შეიძლება იყოს მინარევები, რომლებიც ხელს უშლიან ამ რეაქტივით რიგი ნივთიერებების აღმოჩენას და რაოდენობრივ განსაზღვრას. პირიდინის მინარევებისაგან გასასუფთავებლად იყენებენ რამდენიმე ხერხს. ერთ-ერთი ხერხია: პირიდინს დღე-ღამის განმავლობაში აყენებენ კალიუმის ჰიდროქსიდის გრანულებზე. ამის შემდეგ პირიდინს გადმოასხამენ სითხეების გადასადენი აპარატის მშრალ კოლბში. ამავე კოლბში ამატებენ ბარიუმის ოქსიდს და პირიდინს გადადენიან გლიცერინის აბაზანაზე. გადადენილ პირიდინს ინახავენ მილესილსაცობიან სინჯარაში.

ნახშირბადის (II) ოქსიდის (**CO**) განსაზღვრა: გარე კამერაში შეაქვთ 1 მლ სისხლი და 1 მლ გოგირდმჟავას 10% ხსნარი. შიდა კამერაში ათავსებენ 2 მლ პალადიუმის ქლორიდის 0.1% ხსნარს, 0.1 M მარილმჟავას ხსნარში. ხელსაწყოს მჭიდროდ ახურავენ თავსახურს და ტოვებენ ოთახის ტემპერატურაზე 1 საათი. ნახშირბადის (II) ოქსიდის არსებობისას სისხლში შიდა კამერაში წარმოიქმნება ლითონური პალადიუმის ვერცხლისფერი აპკი.

$$\mathbf{CO + PdCl_2 + H_2O \rightarrow Pd + 2HCl + CO_2}.$$

თ ა ვ ი 3.

შხამის ცნება და შხამიან ნივთიერებათა კლასიფიკაცია

§1. შხამის ცნება

ტოქსიკოლოგიაში შხამი ანუ შხამიანი ნივთიერება პირობითად ეწოდება ისეთ ქიმიურ ნაერთს, რომელიც განსაზღვრულ პირობებში ორგანიზმში მცირე რაოდენობით მოხვედრისას მოქმედებს მასზე ქიმიურად ან ფიზიკურ-ქიმიურად და იწვევს ავადმყოფობას ან სიკვდილს.

ბუნებაში არ არსებობს აბსოლუტური შხამი ე.ი. ქიმიური ნივთიერება, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს მოწამვლა ყოველგვარ პირობებში. ქიმიური ნივთიერება ხდება "შხამი" მხოლოდ განსაზღვრულ პირობებში. ეს პირობები მრავალგვარია:

1. <u>ქიმიური ნივთიერების რაოდენობა (დოზა)</u>. დოზის მიხედვით სამკურნალო ნივთიერება შეიძლება იყოს წამალი და შეიძლება იყოს შხამი. ასე მაგალითად ატროპინი, მორფინი, ვერცხლისწყლის, დარიშხანის და ა.შ. პრეპარატები მცირე დოზით წამალია, უფრო დიდი დოზით – შხამი. ტოქსიკოლოგიაში და, მაშასადამე, ტოქსიკოლოგიურ ქიმიაშიც ეს ნივთიერებები შეტანილია "შხამების" ჯგუფში.

2. <u>ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები</u> – ეს თვისებები უშუალო კავშირშია ზოგი ნივთიერების შხამიან თვისებებთან. ასე მაგ. ბარიუმის სულფატი, რომელსაც იყენებენ როგორც რენტგენოკონტრასტულ საშუალებას, შიგნით მიღებისას არ არის შხამიანი იმიტომ, რომ იგი არ იხსნება კუჭის წვენში არსებულ მარილმჟავასა და წყალში. მაშინ როდესაც წყალში ხსნადი ბარიუმის ქლორიდი შხამიანია. მეორე მაგალითი – ორქლორიანი ვერცხლისწყალი – სულემა კუჭში მოხვედრისას შხამიანია, ხოლო ერთქლორიანი არა, ვინაიდან იგი არ იხსნება ორგანიზმის ბიოლოგიურ სითხეებში.

3. <u>გამოყენების პირობები</u>. ნივთიერების ორგანიზმში შეყვანისას მნიშვნელობა აქვს თუ რა ნივთიერებებია კიდევ ორგანიზმში. ამ დროს შეიძლება ნივთიერებები აძლიერებდნენ ერთმანეთის მოქმედებას (ფსიქოტროპული საშუალებები, ბენზოდიაზეპინები, ნარკოტიკები და ალკოჰოლი, ან ფსიქოტროპული საშუალებები და ნარკოტიკები) ადგილი აქვს სინერგიზმის მოვლენას, ან ასუსტებდნენ ერთმანეთს (მაგ. მჟავები და ტუტეები) – ადგილი აქვს ანტაგონიზმს.

§2. შხამების კლასიფიკაცია ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში შხამიანი და ძლიერმოქმედი ნივთიერებების კლასიფიკაცია ხდება ბიოლოგიური ობიექტებიდან მათი იზოლირების (გამოყოფის) მეთოდების მიხედვით. ეს კლასიფიკაცია არ არის მოკლებული

გარკვეულ ნაკლს, რაც გამოიხატება მის პირობითობაში, მაგრამ სადღეისოდ სხვა არ არის მოწოდებული (სქემა 3.1.).

I ჯგუფი – ე.წ. "აქროლადი" შხამები – ორგანული ნაერთები, რომელთა იზოლირება ხდება წყლის ორთქლით გადადენის გზით. არაორგანული ბუნების ნაერთებიდან, როგორც გამონაკლისი, წყლის ორთქლთან ერთად გადაიდენება ყვითელი ფოსფორი, მისი დაჟანგვის ან აღდგენის პირველადი (მაგ. H_3PO_2 ან PH_3) პროდუქტები.

II ჯგუფი – ე.წ. "სამკურნალო" შხამები – ნივთიერებანი, რომელთა იზოლირება ხდება პოლარული გამხსნელებით – შემჟავებული 96° და 70° ეთილის სპირტით ან შემჟავებული წყლით. ეს ჯგუფი მოიცავს სხვადასხვა ქიმიური ბუნების ორგანულ ნაერთებს: ნეიტრალური ბუნების (ანტიფებრინი, ფენაცეტინი და სხვა), მჟავური (პურინის, ბენზოეს, სალიცილის და ბარბიტურის მჟავას წარმოებულები) და ფუძე ხასიათის (ალკალოიდები, სინთეზური სამკურნალო ნაერთები). 70° შემჟავებული სპირტით იზოლირდება გლიკოზიდები, კერძოდ, საგულე გლიკოზიდები. სპეციალური დავალებებისას ორგანულ მჟავებზე, ფენოლებზე და პოლიფენოლებზე გამოკვლევა შეიძლება ჩატარდეს მათი შეტუტიანებული წყლით იზოლირების შემდეგ (მაგ. NaOH-ით ან Na_2CO_3).

III ჯგუფს – მიეკუთვნება ქიმიური ნივთიერებები, რომელთა იზოლირება ხდება არაპოლარული (ორგანული) გამხსნელებით. ამ ჯგუფშია პესტიციდების (შხამქიმიკატების) უმრავლესობა.

IV ჯგუფს – მიეკუთვნება ქიმიური ნივთიერებები ე.წ. "ლითონური" შხამები – მძიმე ლითონთა, დარიშხანის და სტიბიუმის ნაერთები, რომელთა იზოლირება ხდება მინერალიზაციის გზით.

V ჯგუფს – მიეკუთვნება ქიმიური ნივთიერებები, რომელთა იზოლირებას ახდენენ დიალიზის საშუალებით. ამ ჯგუფშია, პირველ რიგში, მინერალური მჟავები და ტუტეები. ამ ხერხით გამოჰყოფენ აგრეთვე ზოგიერთი მჟავეების (აზოტმჟავას) მარილებს.

VI ჯგუფს – მიეკუთვნება ნივთიერებები, რომლებიც საჭიროებენ ზემოაღწერილი მეთოდებიდან განსხვავებულ – იზოლირების განსაკუთრებულ მეთოდებს. ამ ჯუფშია ფტორის ან სილიციუმფტორწყალბადმჟავას მარილები (ფტორიდები და ფტორსილიკატები), დიმეთილსულფატი, გოგირდწყალბადი, მეთილმერკაპტანი და ეთილმერკაპტანი, ჰალოგენები (ქლორი, ბრომი, იოდი), ქლორამინები და "მხუთავი" გაზი (CO).

ქიმიურ ნაერთთა რიცხვი, რომლებმაც შეიძლება გამოიწვიონ ამა თუ იმ ხარისხით მოწამვლა, დიდია. ამ ნაერთთა ნომენკლატურა სულ უფრო და უფრო იზრდება მრეწველობის სხვადასხვა დარგების განვითარების, ორგანულ ნაერთთა სინთეზის გაფართოების, წამლების, სადეზინფექციო, სადეზინსექციო, სადერატიზაციო საშუალებების არსენალის გაზრდის, მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობასა და ყოფაცხოვრებაში ახალი ქიმიური პრეპარატების დანერგვის გამო. ყოველივე ეს, რა თქმა უნდა, დიდი სიძნელეების წინაშე აყენებს ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში მომუშავე პირებს. გამოსავალი ერთია, უნდა მიმდინარეობდეს მიზანმიმართული მუშაობა ახალი ნაერთების ანალიზის მეთოდების შესამუშავებლად.

სქემა 3.1. შხამების კლასიფიკაცია ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირების მეთოდების მიხედვით

იზოლირების მეთოდები → **შხამები**

- წყლის ორთქლით გადადენის – დისტილაციის მეთოდით
- მშრალ-ჰაეროვანი გამოხდა

→ "აქროლადი" შხამები – ციანწყალბადმჟავა, ძმარმჟავა, ქლოროფორმი, ქლორალჰიდრატი, დიქლორეთანი, ერთატომიანი სპირტები, ფორმალდეჰიდი, ფენოლი და კრეზოლები, აცეტონი, ნიტრობენზოლი, ანილინი

ექსტრაქცია პოლარული გამხსნელებით (შემჟავებული წყლით და შემჟავებული სპირტით) → "სამკურნალო" შხამები – სალიცილის მჟავას, ბარბიტურის მჟავას, პირაზოლონის, 1,4-ბენზოდიაზეპინის, ფენოთიაზინის, პარა-ამინობენზოის მჟავას წარმოებულებულები, ალკალოიდები

ექსტრაქცია არაპოლარული (ორგანული) გამხსნელებით → პესტიციდები – შხამქიმიკატები: ქლორორგანული და ფოსფორორგანული შხამები

მინერალიზაციის მეთოდი → "ლითონური" შხამები: ბარიუმის, ტყვიის, მანგანუმის, ქრომის, ვერცხლის, ბისმუტის, სპილენძის, კადმიუმის, ვერცხლისწყლის, თუთიის, დარიშხანის, სტიბიუმის, თალიუმის ნაერთები

ექსტრაქცია წყლით და წყლიანი გამონაწვლილის შემდგომი დიალიზის ჩატარებით → მინერალური მჟავეები, მწვავე ტუტეები, ამიაკი, მარილები

განსაკუთრებული (სპეციალური) მეთოდები → ფტორიდები, ფტორსილიკატები, გოგირდწყალბადი, დიმეთილსულფატი, გოგირდნახშირბადი, მეთილმერკაპტანი და ეთილმერკაპტანი, ჰალოგენები, ქლორამინები და CO

§3. შხამების კლასიფიკაციის სხვა სახეები

სადღეისოდ სახალხო მეურნეობაში და ყოფაცხოვრებაში გამოყენებული ქიმიური ნაერთების (შხამების) რიცხვი იმდენად დიდია, ამასთან, იმდენად მრავალფეროვანია მათი ბიოლოგიური მოქმედების ხასიათი, რომ საჭირო ხდება კლასიფიკაციის რამდენიმე სახეობის გამოყენება (სქემა 3.2.). არსებობს კლასიფიკაციის ორი ძირითადი სახეობა:

I. ზოგადი კლასიფიკაცია, რომელიც ემყარება შეფასების რომელიმე საერთო პრინციპს და მოიცავს უკლებლივ ყველა ქიმიურ ნივთიერებას და

II. სპეციალური კლასიფიკაცია, რომელიც ასახავს კავშირს ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიურ ან სხვა თვისებებსა და მათ ტოქსიკურობას შორის.

ზოგადი კლასიფიკაციის შემდეგი სახეებია ცნობილი:

1. ქიმიური კლასიფიკაცია – ნივთიერებები ქიმიური თვისებების მიხედვით იყოფა ორგანულ, არაორგანულ და ელემენტორგანულ ნივთიერებებად.

2. პრაქტიკული კლასიფიკაცია – ნივთიერებათა გამოყენების მიზნის მიხედვით არჩევენ:

ა) სამრეწველო შხამებს: ორგანული გამხსნელები (დიქლორეთანი), სათბობი (მეთანი, პროპანი, ბუთანი), საღებავები (ანილინი), ხლადაგენტები (ფრეონი), ქიმიური რეაგენტები (მეთილის სპირტი), პლასტიფიკატორები და სხვები;

ბ) შხამქიმიკატებს, რომლებიც გამოიყენებიან სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მავნებლებთან საბრძოლველად. აღნაგობის მიხედვით ყოფენ:

1) ქლორორგანულ ნაერთებად (ქონ) – ჰექსაქლორამინი, პოლიქლორპინენი და სხვა;

2) ფოსფორორგანულ ნაერთებად (ფონ) – კარბოფოსი, ფოსფამიდი, ტრიქლორმეტაფოსი-P და სხვები;

3) ვერცხლისწყლის ორგანული ნაერთები – გრანოზანი;

4) კარბამინის მჟავას წარმოებულები – სევინი და სხვა.

შხამქიმიკატებს (პესტიციდებს) მათი გამოყენების მიზნების მიხედვით ჰყოფენ:

- ინსექტიციდებად – მწერების საწინააღმდეგო;
- აკარაციდებად – მღოღავების, ტილების საწინააღმდეგო;
- ზოოციდებად – მღრნელების საწინააღმდეგო;
- ფუნგიციდებად – სოკოვანი მიკროორგანიზმების საწინააღმდეგო;
- ბაქტერიოციდებად – ბაქტერიების საწინააღმდეგო;

- ჰერბიციდებად – მცენარეების საწინააღმდეგო, რომელსაც მიეკუთვნება დეფოლიანტები – ფოთლების მოსაცილებელი და დესიკანტები (მათი გასახმობი);

- რეპელენტები – მწერების დამაფრთხობელი და სხვა.

გ) სამკურნალო საშუალებები - გამოიყენება მათი ფარმაკოლოგიური ქიმიური და/ან შერეული კლასიფიკაცია;

დ) საყოფაცხოვრებო ქიმიური საშუალებები, რომლებიც გამოიყენებიან თანამედროვე ადამიანის ყოფაში კვებითი დანამატების სახით; სანიტარიის, პირადი ჰიგიენის და კოსმეტიკის საშუალებები; ტანსაცმლის, ავეჯის, ავტომობილის და სხვათა მოვლის საშუალებები;

ე) ბიოლოგიური-მცენარეული და ცხოველური შხამები, რომლებიც შედის სხვადასხვა მცენარეების და სოკოების (აკონიტი, ციკუტა და სხვა), ცხოველების და მწერების (გველის, ფუტკრის, მორიელის და სხვა შხამების) შემადგენლობაში და ორგანიზმში მოხვედრისას იწვევენ მოწამვლას;

ზ) საბრძოლო მომწამვლელი ნივთიერებები (სმნ) – რომლებიც გამოიყენებიან ტოქსიკური იარაღის სახით "ქიმიური ომის" ჩასატარებლად ადამიანთა მასობრივი მოსპობისათვის (ზარინი, იპრიტი, ფოსგენი და სხვები).

3. ჰიგიენური კლასიფიკაცია – ნივთიერებათა კლასიფიკაცია ხდება ტოქსიკურობის ხარისხის მიხედვით. ამ კლასიფიკაციის თანახმად ცნობილია:

I – უაღრესად ტოქსიკური	ზდკ*, მგ/მ^3<1.0
II-III – მაღალტოქსიკური	ზდკ, მგ/მ^3<10.0
IV-V – ზომიერად ტოქსიკური	ზდკ, მგ/მ^3<100.0
VI-VII – მცირედ ტოქსიკური	ზდკ, მგ/მ^3>100.0

*ზდკ – ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია

4. ტოქსიკოლოგიური კლასიფიკაცია – ნივთიერებათა კლასიფიკაციას ახდენენ ორგანიზმზე მათი მოქმედების ხასიათის მიხედვით:

ა) ნერვულ-პარალიზური მოქმედების (ბრონქოსპაზმი, მოხრჩობა, კრუნჩხვები და დამბლა): ფოსფორორგანული ინსექტიციდები (ქლოროფოსი, კარბოფოსი და სხვა), ნიკოტინი, ანაბაზინი, საბრძოლო მომწამვლელი ნივთიერებები – (სმნ) ("V-X", ზარინი და სხვა);

ბ) კანზე რეზორბციული მოქმედების (ადგილობრივი ანთებები, ნეკროზები), ზოგად ტოქსიკურ-რეზორბციული მოქმედების (დიქლორეთანი, ჰექსაქლორანი), სმნ – (იპრიტი, ლუიზიტი), ძმარმჟავის ესენცია, დარიშხანი და მისი ნაერთები, ვერცხლისწყალი (სულემა);

გ) ზოგადტოქსიკური მოქმედების (ჰიპოქსიური, კრუნჩხვები, კომა, ტვინის შეშუპება, დამბლა) – ციანმჟავა და მისი წარმოებულები, ნახშირჟანგი, ალკოჰოლი და მისი სუროგატები, სმნ (ქლორციანი);

დ) დამახრჩობელი მოქმედების (ფილტვების ტოქსიკური შეშუპება) – აზოტის ოქსიდები, სმნ (ფოსგენი, დიფოსგენი);

ე) ცრემლმდენი და გამაღიზიანებელი მოქმედების (გარეგანი ლორწოვანი გარსების გაღიზიანება) ქლორპიკრინი, სმნ ("C-S", ადამსიტი და სხვა), ძლიერი მჟავების და ტუტეების ორთქლი;

ზ) ფსიქოტროპული მოქმედების (ფსიქიკური აქტივობის – ცნობიერების დარღვევა) – ნარკოტიკები (კოკაინი, ოპიატები), კანაბინოიდები, ამფეტამინები, მეტამფეტამინები, ატროპინი, სმნ ("B-Z").

5. შხამების კლასიფიკაცია "შერჩევითი ტოქსიკურობის" ხასიათის მიხედვით განპირობებულია მათი უნარით ჰქონდეს განსაკუთრებულად ძლიერი მოქმედება კონკრეტულ ორგანოზე (სქემა 3.3.):

ა) "საგულე" შხამები – საგულე გლიკოზიდები (დიგიტოქსინი, დიგოქსინი, ლანატოზიდი და სხვები), ტრიციკლური ანტიდეპრესანტები (იმიპრამინი, ამიტრიპტილინი), მცენარეული შხამები (აკონიტი, შხამა, ექინოპანაქსი, ქინაქინა და სხვა); ცხოველური შხამები (გველის, ფუტკრის, მორიელის, ობობას, ბაყაყის შხამები, ტეტრადოტოქსინი), ბარიუმის, კალიუმის მარილები – იწვევენ კარდიოტოქსიკურ მოქმედებას – გულის რითმის და გამტარებლობის დარღვევას, მიოკარდის ტოქსიკურ დისტროფიას.

ბ) "ნერვული" შხამები – ფსიქოფარმაკოლოგიური საშუალებანი (ნარკოტიკები, ტრანკვილიზატორები, საძილეები); ფოსფორორგანული ნაერთები; ნახშირბადის მონოოქსიდი; იზონიაზიდის წარმოებულები (ტუბაზიდი, ფტივაზიდი); ალკოჰოლი და მისი სუროგატები.

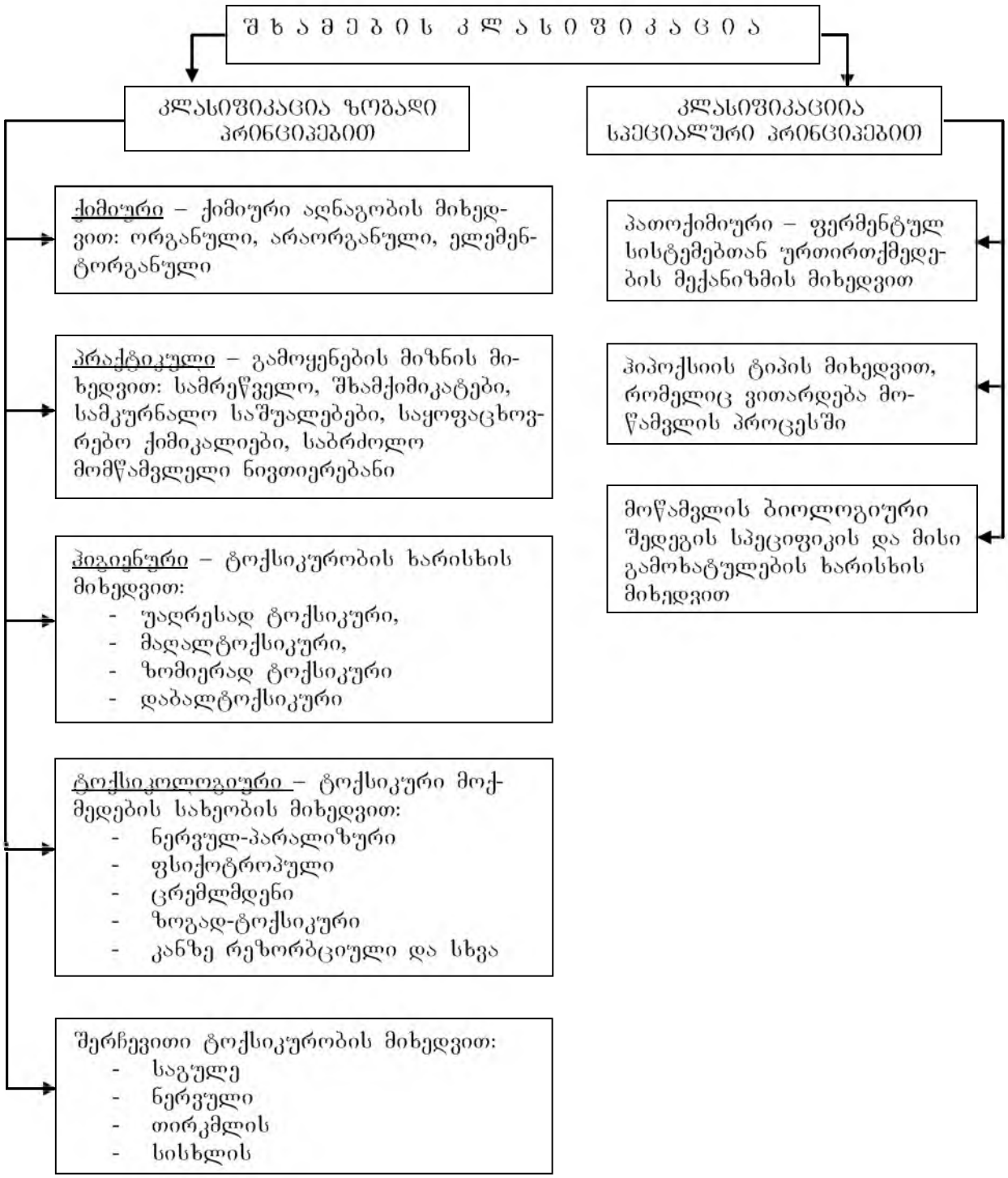
გ) "ღვიძლის" შხამები – ქლორირებული ნახშირწყალბადები (დიქლორეთანი და სხვები); შხამიანი სოკოები (თეთრი შხამა სოკო); ფენოლები და ალდეჰიდები. ჰეპატოტოქსიკური მოქმედება გამოიხატება ტოქსიკური ჰეპატოპათიით.

დ) "თირკმლის" შხამები – მძიმე ლითონთა მარილები, ეთილენგლიკოლი, მჟაუნმჟავა. ნეფროტოქსიკური მოქმედება გამოიხატება – ტოქსიკური ნეფროპათიით.

ე) "სისხლის" შხამები – ანილინი და მისი წარმოებულები, ნიტრიტები, დარიშხანოვანი წყალბადი. ჰემატოტოქსიკური მოქმედება გამოიხატება ჰემოლიზით, მეტჰემოგლობინემიით.

ვ) "კუჭ-ნაწლავის" შხამები – ძლიერი მჟავები და ტუტეები; მძიმე ლითონების და დარიშხანის ნაერთები. გასტროენტეროტოქსიკური მოქმედება გამოიხატება ტოქსიკური გასტროენტერიტით.

სქემა 3.2. შხამების კლასიფიკაციის ძირითადი პრინციპები



სქემა 3.3. შხამების კლასიფიკაცია შერჩევითი ტოქსიკურობის მიხედვით

კლინიკური ტოქსიკოლოგიისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ქიმიური ნივთიერებების კლასიფიკაციას ორგანიზმზე ტოქსიკური მოქმედების მიხედვით, ე.ი. ტოქსიკოლოგიურ კლასიფიკაციას, თუმცა მას ძალიან ზოგადი ხასიათი აქვს. ამიტომ დეტალიზაციას ახდენენ მათი "შერჩევითი ტოქსიკურობის" დამატებითი ინფორმაციის ხარჯზე. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ შხამის "შერჩევითი" ტოქსიკური მოქმედება არ ამოწურავს მოცემული ინტოქსიკაციის კლინიკური გამოვლინების მთელ მრავალფეროვნებას, იგი მხოლოდ მიუთითებს იმ უშუალო საშიშროებაზე, რომელიც ელის რომელიმე ორგანოს ან სისტემას, როგორც ტოქსიკური დაზიანების ძირითად ადგილს.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შხამების ზოგადი კლასიფიკაციის გარდა ცნობილია <u>სპეციალური კლასიფიკაცია</u>. ამ კლასიფიკაციის მიხედვით ცნობილია:

1. <u>პათოფიზიოლოგიური კლასიფიკაცია</u> – განვითარებული ჰიპოქსიის ტიპის მიხედვით – ეგზოგენური, სუნთქვითი, ცირკულატორული, ჰემიური, ქსოვილური, შერეული ჰიპოქსიები.
2. <u>პათოქიმიური კლასიფიკაცია</u> – ფერმენტულ სისტემებთან ურთიერთქმედების მექანიზმის მიხედვით (მედიატორების, კოფერმენტების, ამინომჟავების ანალოგები და სხვა).
3. <u>ბიოლოგიური კლასიფიკაცია</u> – მოწამვლის ბიოლოგიური შედეგების ხასიათის მიხედვით.
4. <u>კანცეროგენული აქტიურობის ხარისხის მიხედვით</u> და ა.შ.

თ ა ვ ი 4.

მოწამვლა და შხამების ტოქსიკოკინეტიკის ზოგიერთი საკითხები

§1. მოწამვლა და მოწამვლების კლასიფიკაცია

მოწამვლა – ანუ ინტოქსიკაცია ეწოდება პათოლოგიურ მდგომარეობას, რომელიც ვითარდება შხამის ზემოქმედებისას ორგანიზმზე. ზოგადად, მოწამვლას უწოდებენ იმ ინტოქსიკაციას, რომელიც გამოწვეულია "ეგზოგენური" შხამებით ანუ შხამებით, რომლებიც ორგანიზმში ხვდება გარედან.

ორგანიზმის ურთიერთქმედება შხამებთან შეისწავლება ორ ასპექტში: როგორ მოქმედებს ნივთიერება ორგანიზმზე და რა ემართება ნივთიერებას ორგანიზმში.

პირველ კითხვაზე პასუხის გაცემა შეიძლება ნივთიერების ტოქსიკოდინამიკის შესწავლით, ხოლო მეორეზე – ტოქსიკოკინეტიკის შესწავლით.

სადღეისოდ არ არსებობს მოწამვლების ერთიანი კლასიფიკაცია. მოწამვლების, როგორც ქიმიური ეტიოლოგიის დაავადებების, კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს სამი წამყვანი პრინციპი: **ეთიოპათოგენური**, **კლინიკური** და **ნოზოლოგიური**.

<u>ეთიოპათოგენური პრინციპების</u> თანახმად, მოწამვლებს ჰყოფენ:

1. <u>წარმოშობის მიზეზების მიხედვით</u> – შემთხვევითი და წინასწარგანზრახული;

2. <u>მოწამვლების წარმოშობის კონკრეტული პირობების (ადგილის) მიხედვით</u>: პროფესიული (საწარმოო), ყოფითი და სამედიცინო მოწამვლები;

3. <u>ორგანიზმში ტოქსიკური ნივთიერებების მოხვედრის გზების მიხედვით</u>: პერორალური, ინჰალაციური, პერკუტანული (კანის), საინიექციო, ეგზოგენური და ენდოგენური.

<u>კლინიკური პრინციპების</u> მიხედვით მოწამვლები იყოფა: მწვავე და ქრონიკულ მოწამვლებად.

<u>ნოზოლოგიურო პრინციპების მიხედვით</u> კლასიფიკაცია შეიძლება ემყარებოდეს ცალკეული ქიმიური ნაერთების (მაგალითად, მეთილის სპირტი, დარიშხანი და ა.შ.) ან ნივთიერებათა ჯგუფის (მაგ. ბარბიტურატები, მჟავები, ტუტეები და ა.შ.) სახელწოდებებს. შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნივთიერებათა მთელი კლასის სახელწოდება, რომლებიც გაერთიანებული იქნებიან გამოყენების ნიშნის (მაგ. შხამქიმიკატები, სამკურნალო პრეპარატები) ან წარმოშობის სახეობის (მაგ. მცენარეული, ცხოველური და სინთეზური) მიხედვით. თუმცა ამ შემთხვევებში გამოიყენება არა ნოზოლოგიური, არამედ მოწამვლების სახეობითი კლასიფიკაცია, რომე-

ლიც საჭირო ქიმიური ეტიოლოგიის დაავადებების ყველა მრავალრიცხოვანი ნოზოლოგიური ფორმების საერთო სისტემატიზაციისათვის.

ქვემოთ ჩვენ მოკლედ დავახასიათებთ ზემოაღნიშნული მოწამვლების ზოგიერთ სახეობას.

<u>შემთხვევითი მოწამვლები</u> ვითარდება დაზარალებულის სურვილის გარეშე, თვითმკურნალობის და სამკურნალო პრეპარატების დოზების გადამეტების შედეგად (მაგ. ტკივილგამაყუჩებლების მიღებისას ტკივილების დროს ან საძილეების მიღებისას უძილობის დროს), ალკოჰოლური ინტოქსიკაციისას, ერთის მაგივრად მეორე სამკურნალო პრეპარატის ან გარეგანი საშუალების შიგნით მიღებისას, აგრეთვე ლაბორატორიაში ან წარმოებაში უბედური შემთხვევებისას (აფეთქება, შხამიანი ნივთიერებების გადინება).

<u>წინასწარგანზრახული მოწამვლები</u> დაკავშირებულია თვითმკვლელობის (ე.წ. სუიციდური მოწამვლა) ან მკვლელობის (ე.წ. კრიმინალური მოწამვლა) მიზნით ტოქსიკური ნივთიერებების შეგნებულად გამოყენებასთან. კრიმინალური მოწამვლები შეიძლება იყოს არასასიკვდილოც, შხამის გამოყენებისას დაზარალებულის უგრძნობ მდგომარეობაში გადასაყვანად გაქურდვის ან გაუპატიურების მიზნით.

სუიციდურ მოწამვლას შეიძლება ჰქონდეს დემონსტრაციული ხასიათი, როდესაც დაზარალებულს სინამდვილეში არ უნდოდა თავის მოკვლა. სადღეისოდ, მსოფიოში რეგისტრირებულია 100000 მცხოვრებზე 120 სუიციდური არასასიკვდილო და 13 სასიკვდილო მოწამვლა. სუიციდური მოწამვლების 10-15% მოდის ფსიქიურად დაავადებულებზე.

<u>პროფესიული (საწარმოო) მოწამვლები</u> ვითარდება მოცემულ საწარმოში ან ლაბორატორიაში გამოყენებული სამრეწველო შხამების ზემოქმედებით მავნე ნივთიერებებთან მუშაობის დროს, ავარიების ან უსაფრთხოების ტექნიკის უხეში დარღვევებისას.

<u>საყოფაცხოვრებო (ყოფითი) მოწამვლები</u> – მოწამვლების ყველაზე უფრო მრავალრიცხოვანი ჯგუფი დაკავშირებულია თანამედროვე ადამიანის ყოველდღიურ ცხოვრებასთან. გვხვდება ყოფაცხოვრებაში მრავალი სამკურნალო საშუალების და საოჯახო ქიმიის არასწორი გამოყენების ან შენახვისას; აგრეთვე, ნარკოტიკების, ალკოჰოლის და მისი სუროგატების ჭარბად მიღებისას, რასაც შემთხვევით მოწამვლებს მიაკუთვნებენ.

საყოფაცხოვრებო მოწამვლებს მიეკუთვნება სამედიცინო მოწამვლები, ანუ მოწამვლები, რომლებსაც ადგილი აქვს სამედიცინო დაწესებულებებში სამედიცინო პერსონალის მიერ წამლის დოზირების ან შეყვანის პირობების დარღვევისას.

პერორალურია მოწამვლა, როცა შხამი ორგანიზმში ხვდება პირის გზით, მაგ. კვებითი – საჭმელთან ერთად, ინჰალაციური – ჰაერიდან ტოქსიკური ნივთიერებების შესუნთქვის დროს, პერკუტანული – კანიდან ტოქსიკური ნივთიერებების ორგანიზმში მოხვედრის დროს, საინექციო – შხამის ორგანიზმში პარენტერალური გზით შეყვანის დროს.

ეგზოგენური ეწოდება მოწამვლებს, როდესაც შხამი ორგანიზმში ხვდება ადამიანის გარემომცველი გარემოდან. ენდოგენური კი - მოწამვლებს, რომლებიც გამოწვეულია სხვადასხვა დაავადებების დროს ორგანიზმში ტოქსიკური მეტაბოლიტების წარმოქმნა და დაგროვებასთან, რაც ხშირად გამოწვეულია გამომყოფი ორგანოების (თირკმელი, ღვიძლი და სხვა) ფუნქციის დარღვევით, მაგალითად მოწამვლა კეტონებით, რომლებიც ნახშირწყლების არასრული ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტს წარმოადგენს.

მწვავე მოწამვლები ვითარდება ორგანიზმში შხამის ტოქსიკური დოზის ერთბაშად მოხვედრისას, ხასიათდება მწვავე დასაწყისით და გამოხატული სპეციფიკური სიმპტომებით.

ქრონიკული მოწამვლა გაპირობებულია ორგანიზმში შხამის მცირე დოზების ხანგრძლივი, ზოგჯერ წყვეტილი მოხვედრით, ამა თუ იმ ფუნქციის დასაზიანებლად. ასეთი დოზირებით ორგანიზმში შხამის შეყვანა არ იწვევს მწვავე მოწამვლას. მოწამლულის ორგანიზმის დაავადება იწყება ნაკლებსპეციფიკური სიმპტომებით, რომლებიც ასახავენ უფრო მეტად ნერვული და ენდოკრინული სისტემების ფუნქციების პირველად მოშლას.

მიმდინარეობის სიმძიმის ხარისხის მიხედვით არჩევენ: მსუბუქ, საშუალო, მძიმე, უკიდურესად მძიმე და სასიკვდილო მოწამვლებს, რომლებიც პირდაპირ არიან დამოკიდებული კლინიკური სამპტომატიკის გამოხატულებაზე და ნაკლებად მიღებული დოზის სიდიდეზე. ცნობილია, რომ გართულებების განვითარება (პნევმონია, თირკმლის და ღვიძლის მწვავე უკმარისობანი და სხვა) მნიშვნელოვნად აუარესებენ ყოველგვარი მოწამვლის პროგნოზს, ამიტომ გართულებულ მოწამვლებს აკუთვნებენ მძიმე მოწამვლების კატეგორიებს.

§2. შხამების ტოქსიკოკინეტიკის ზოგიერთი საკითხები

2.1. შხამების ორგანიზმში მოხვედრის გზები

შხამები ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს სხვადასხვა გზით: პირიდან, სასუნთქი გზებიდან, კანიდან, ლორწოვანი გარსებიდან, პლაცენტიდან და სხვა.

<u>შხამების მოხვედრა ორგანიზმში პირის გზით</u> დამახასიათებელია კვებითი და ყოფითი მოწამვლების უმრავლესობისათვის. კვებითი მოწამვლების დროს შხამი ორგანიზმში ხვდება საჭმელთან ერთად. ამ შემთხვევაში შხამები შეიძლება შეწოვილი იქნეს როგორც პირიდან, ასევე საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის შესაბამისი ნაწილებიდან. პირის ლორწოვანი გზით სისხლში მოხვედრილი ნივთიერებები არ განიცდიან კუჭ-ნაწლავის წვენების ზემოქმედებას. ისინი უშუალოდ არ ხვდებიან ღვიძლში, როგორც ეს ხდება მათი შეწოვისას კუჭიდან და ნაწლავებიდან. პირის ლორწოვანი გარსით შეიწოვება ციანიდები, ნიკოტინი, ფენოლი, ნიტროგლიცერინი და სხვა ნივთიერებები. პირის გზით შეიძლება შეწოვილი იქნეს აგრეთვე ეთილის სპირტი და ზოგიერთი ნივთიერების სპირტხსნარები.

პირიდან ორგანიზმში მოხვედრილი ნივთიერებების უმრავლესობა შეიწოვება კუჭში და წვრილ ნაწლავში. აქ ნივთიერების შეწოვის სიჩქარე დამოკიდებულია მის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე, კუჭის და ნაწლავის შიგთავსის pH-ზე. მჟავე და ტუტე ხასიათის შხამები შეიწოვებიან არაიონიზირებული მოლეკულების სახით.

კუჭის წვენის pH მიახლოებით 1 ტოლია. pH-ის ამ მნიშვნელობის დროს ითრგუნება კუჭში მოხვედრილი მჟავების იონიზაცია, რის შედეგადაც მჟავე ხასიათის ნივთიერებანი იმყოფებიან არაიონიზირებული მოლეკულების სახით, რომლებიც კარგად შეიწოვებიან კუჭში. ასეთ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ბარბიტურატები. კუჭში შეიწოვება აგრეთვე მრავალი არაიონიზირებული ნივთიერების მოლეკულები და ლიპიდოფილური ნივთიერებანი.

ვინაიდან ფუძე ხასიათის ორგანული ნაერთები (ალკალოიდები, მათი სინთეზური ანალოგები და მრავალი ამინი) კუჭის წვენის მჟავე რეაქციის გამო გადაიქცევა კარგად დისოცირებად მარილებად, ისინი კუჭიდან არ შეიწოვებიან.

წვრილ ნაწლავში pH=5.07-7.07. pH-ის ასეთი მნიშვნელობის დროს ალკალოიდები, მათი სინთეზური ანალოგები და ფუძე ხასიათის სხვა ნივთიერებები იმყოფებიან არაიონიზირებული მოლეკულების სახით და კარგად შეიწოვებიან წვრილი ნაწლავიდან. გარდა ამისა, წვრილ ნაწლავიდან, ისევე როგორც კუჭიდან, შეიწოვებიან ცხიმში ხსნადი ნივთიერებანი.

<u>შხამების მოხვედრა სასუნთქი გზებიდან</u> (ინჰალაციური გზა) – ორგანიზმში შეიწოვება გარემომცველ ჰაერში აირების, ორთქლის და მტვრის სახით არსებული შხამიანი ნივთიერებები. ამ გზით მოწამვლა ძირითადად ხდება ცუდი ვენტილაციის მქონე საწარმოო სათავსებში. ნახშირჟანგით და ორგანიზმში სასუნთქი გზებით მოხვედრილი სხვა ნივთიერებებით მოწამვლა შეიძლება მოხდეს ყოფაცხოვრებაშიც.

ორგანიზმში ინჰალაციური გზით მოხვედრილი შხამები სწრაფად აღწევენ სისხლში. ეს აიხსნება ფილტვის ალვეოლების დიდი შეხების ზედაპირით, ალვეოლების მემბრანების უმნიშვნელო სისქით და ფილტვის კაპილარებში სისხლის ინტენსიური ნაკადით.

ზოგიერთი აქროლადი ნაერთების შეწოვა იწყება ზემო სასუნთქი გზებიდან. თუმცა მათი უმრავლესობა უფრო სრულად შეიწოვება ფილტვებიდან. აქროლადი ნაერთების ორგანიზმში შეღწევა ხდება დიფუზიის კანონებით. სასუნთქი გზებიდან ორგანიზმში ხვდება ნახშიწყალბადების და სპირტების ქლორწარმოებულები, აცეტონის, ბენზინის, ფორმალდეჰიდის, დიეთილის ეთერის, ციანმჟავის, გოგირდის, აზოტის, ფოსფორის, დარიშხანის, გოგირდნახშირბადის აქროლადი ნაერთები და სხვები.

<u>შხამების შეღწევა ორგანიზმში კანის გზით</u> – ეპიდერმისიდან ორგანიზმში ხვდება მხოლოდ ლიპიდებში ხსნადი ნივთიერებანი, წყალში ხსნადები კი შედიან ძალიან მცირე რაოდენობით. ამ უკანასკნელთა ორგანიზმში მოხვედრას ხელს უშლის ცხიმოვანი ფენა, რომელიც კანის ზედაპირზე წარმოიქმნება ცხიმოვანი ჯირკვლების სეკრეტორული მოქმედების შედეგად. კანიდან ორგანიზმში ადვილად შედის ნიკოტინი, ტეტრაეთილტყვია, ნახშირწყალბადთა ქლორწარმოებულები, ქლორის შემცველი შხამქიმიკატები, ამინები, ცხიმოვანი რიგის ნახშირწყალბადები (C_6-დან C_{10}-მდე), კალიუმის, ვერცხლისწყლის და სხვა ლითონების წვრილად დაწვრილმანებული მარილები. კანის მექანიკური დაზიანებისას და დამწვრობისას იზრდება შხამიანი ნივთიერებების კანიდან შეღწევა.

<u>შხამების მოხვედრა ორგანიზმში პარენტერალური გზით</u> – შხამების პარენტერალური გზით შეყვანისას (ინექციის გზით კანქვეშ, კუნთებში, ვენაში, სეროზულ ღრუებში და ა.შ.) ისინი კუჭნაწლავის ტრაქტის გვერდის ავლით ხვდებიან სისხლში. ასეთ მოწამვლებს იშვიათად აქვს ადგილი.

<u>შხამების მოხვედრა ორგანიზმში პლაცენტის გზით</u>. ამ გზით ტოქსიკური ნივთიერებები დედისაგან შეიძლება მოხვდეს ნაყოფში. აღწერილია ნაყოფის მოწამვლის შემთხვევები ეთილის სპირტით, მძიმე ლითონთა მარილებით, ქლორშემცველი შხამქიმიკატებით და სხვა.

შხამიანი ნივთიერებანი ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს <u>საშვილოსნოდან</u>, <u>სწორი ნაწლავიდან</u> და სხვა გზებიდან.

2.2. შხამების შეწოვა ორგანიზმში

ტოქსიკური ნივთიერებები გარემოდან ხვდებიან სისხლში და ლიმფაში. მათ ნაკადთან ერთად ისინი გადადიან უჯრედშორის სითხეში, ხოლო შემდეგ უჯრედში. ამგვარად, ორგანიზმში მოხვედრილი შხამების გავრცელება ხორციელდება სისხლის და ლიმფის მიმოქცევის სისტემით. გარდა ამისა, შხამების ცალკეულ ორგანოებსა და სითხეებში განაწილება დამოკიდებულია მათ შეკავშირებაზე პლაზმის და ორგანოების ცილებთან, ლიპიდებში ხსნადობაზე, იონიზაციის ხარისხზე და სხვა ფაქტორებზე.

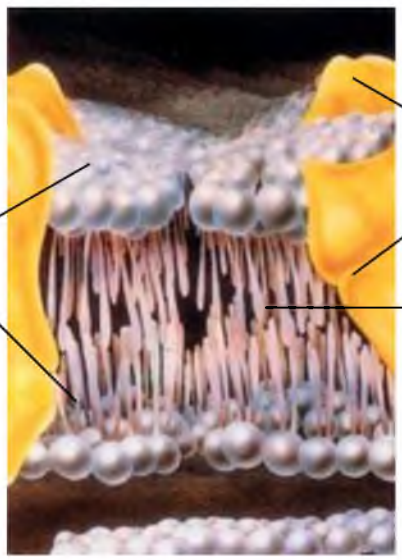
შხამების და სამკურნალო საშუალებების ორგანიზმში შეწოვა მიმდინარეობს უჯრედთა მემბრანული სისტემის გზით. ამასთან, სისხლში მოხვედრილ ყველა ნივთიერებას იოლად არ ძალუძს მოხვდეს უჯრედში. უჯრედში შხამების თავისუფალ მოხვედრას ხელს უშლის მემბრანები, რომლებიც უჯრედის შიგნით ატარებენ საკვებს და ზოგიერთ სხვა ნივთიერებებს, ხოლო ამ ნივთიერებების ცვლის პროდექტებს უკანვე ატარებენ უჯრედიდან გარეთ.

<u>უჯრედის მემბრანების სტრუქტურისა და ფუნქციის</u> შესწავლას დიდი ყურადღება ეთმობა. მემბრანათა სტრუქტურაზე რამდენიმე ჰიპოთეზაა მოწოდებული. მათ შორის სადღეისოდ ყველაზე მეტად პოპულარულია <u>ელემენტარული მემბრანის ჰიპოთეზა</u>, რომლის თანახმად, მემბრანა შედგება ცილებისა და ლიპიდებისაგან. ლიპიდებს მიაკუთვნებენ ცხიმებს და ცვილებს (გრძელი ნახშიწყალბადოვანი ჯაჭვის მქონე ცხიმოვანი მჟავებისა და მაღალმოლეკულური ერთატომიანი სპირტების რთული ეთერები), რომლებიც არ იხსნება წყალში, მაგრამ იხსნება ორგანულ გამხსნელებში. მემბრანული ლიპიდების მოლეკულები ერთ ბოლოზე შეიცავენ ჰიდროფილური თვისებების პოლარულ ჯგუფებს (მაგალითად -COOH), ხოლო მეორეზე – ჰიდროფობური თვისებების გრძელ ნახშირწყალბადოვან ჯაჭვს. ლიტერატურული მონაცემების თანახმად, მემბრანა შედგება შერეული პოლარული ლიპიდების ორმაგი ფენისაგან. ლიპიდების ორმაგ ფენაში ნახშირწყალბადოვანი ჯაჭვები მიმართული არიან შიგნით და წარმოქმნიან უწყვეტ ნახშირწყალბადოვან ფაზას, ხოლო ლიპიდების ჰიდროფილური ჯგუფები მიმართული არიან გარეთ. ლიპიდების ორმაგი ფენის ყოველი ზედაპირი დაფარულია ცილების მონომოლეკულურ ფენით. მემბრანის ზედაპირზე იმყოფება ოლიგოსაქარიდები და სხვა.

უჯრედების მემბრანების შემადგენლობაში შემავალი ცილები და ლიპიდები თავისი შემადგენლობით სხვადასხვაგვარი შეიძლება იყოს. მემბრანების თითოეული ტიპისათვის დამახასიათებელია სპეციფიკური პოლარული ლიპიდების განსაზღვრული მოლარული თანაფარდობა. მემბრანებს აქვთ ულტრამიკროსროპუ-

ლი ხვრელები (ფორები, არხები). მემბრანებს და მათში არსებულ ფორებს შეიძლება ჰქონდეთ განსაზღვრული ელექტრული მუხტები.

უჯრედში, მემბრანის გავლით, სამკურნალო და შხამიანი ნივთიერებების შეტანის რამდენიმე მექანიზმია ცნობილი.



ნახ. 4.1. ბიოლოგიური მემბრანის მოლეკულური აღნაგობის სქემა
1 – ცილების მოლეკულები; 2 – ნახშირწყლოვანი ჯაჭვები;
3 – ფოსფოლიპიდური მოლეკულების ორმაგი ფენა

<u>მემბრანის პირველი ტიპი</u> – პირველი ტიპის მემბრანები ხელს უშლიან იონების გასვლას და ატარებენ ნეიტრალურ მოლეკულებს მათ ლიპოფილურ თვისებებზე დამოკიდებულებით. მცირედ იონიზირებული ნაერთების უმრავლესობის განაწილების კოეფიციენტი სისტემაში ზეთი-წყალი ან ქლოროფორმი-წყალი შეესაბამება მემბრანის შიგნით მათი შეღწევის სიჩქარეს.

პირველი ტიპის მემბრანების გავლით უჯრედში ნივთიერების შეღწევა მიმდინარეობს დიფუზიის კანონებით. ნივთიერების შეღწევა უჯრედში მიმდინარეობს მაშინ, როდესაც მისი კონცენტრაცია უჯრედში უფრო ნაკლებია, ვიდრე ამ ნივთიერების უჯრედის გარშემო არსებულ სითხეში. ეს გადასვლა (შეღწევა) მიმდინარეობს მანამ, სანამ ნივთიერების კონცენტრაცია მემბრანების ორთავე მხარეს წონასწორული არ გახდება. პირველი ტიპის მემბრანების გავლით უჯრედში გადაიტანება ლიპოფილური ნაერთები და არაპოლარული ნაერთების პატარა მოლეკულები. ასეთ ნივთიერებებს წარმოადგენენ ეთილის სპირტი,

აცეტონი, ფენოლი და მისი წარმოებულნი, ბენზოლი, ტოლუოლი, ნიტრობენზოლი, არომატული ამინები, ქლოროფორმი, დიქლორეთანი, ოთხქლორიანი ნახშირბადი, ციანწყალბადმჟავა, გოგირდწყალბადი, ქლორის, გოგირდის, აზოტის, ფოსფორის, დარიშხანის და სხვების აიროვანი ნაერთები.

დიფუზიის გზით უჯრედში გადაიტანება აგრეთვე უფრო დიდი მოლეკულების მქონე ნაერთები (ცილები და სხვა). ისინი უჯრედში შედიან მემბრანის მსხვილი ფორების გავლით ან პინოციტოზის გზით. პინოციტოზის დროს მემბრანა თითქოს შეიზნიქება – გარსშემოეკვრება მსხვილ მოლეკულას, რომელიც ბუშტუკის სახით გადაიტანება მემბრანის შიგნით.

<u>მეორე ტიპის მემბრანები</u> - პოლარული მოლეკულების უმრავლესობის და ზოგიერთი იონებისათვის უჯრედის მემბრანები შეუღწევადი არიან. თუმცა ზოგიერთი მათგანი უჯრედში აღწევს კომპლექსების სახით მემბრანის გავლით. ეს კომპლექსები წარმოიქმნებიან შესაბამისი ნივთიერებების მოლეკულების ურთიერთმოქმედებით მემბრანის შემადგენლობაში შემავალი გადამტანის მოლეკულებთან (სატრანსპორტო სისტემა). გადამტანების როლი შეიძლება შეასრულონ ფერმენტებმა, მემბრანების ზოგიერთმა სპეციფიკურმა ცილოვანმა კომპლექსებმა და სხვა ნივთიერებებმა. წარმოქმნილი კომპლექსები იხსნება მემბრანაში და ადვილად დიფუნდირდება მათი გავლით უჯრედში. შეაღწევენ რა უჯრედში, ეს კომპლექსები იშლებიან და ამ დროს თავისუფლდება პოლარული ნივთიერება. კერძოდ, ამ გზით შედის გლუკოზა ადამიანის სისხლის ერითროციტებში.

<u>მესამე ტიპის მემბრანებ</u>ის გავლით ხორციელდება აქტიური გადატანა, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ გადასატანი ნივთიერების მოლეკულები ან იონები გადადიან დაბალი კონცენტრაციის არიდან მაღალი კონცენტრაციის არეში. აქტიური გადატანის დროს მოლეკულა ან იონი, რომელმაც უნდა შეაღწიოს უჯრედში, ლაბილურად უერთდება გადამტანს მემბრანების მეორე ტიპის მსგავსად. ამასთან, გადამტანი განიცდის ქიმიურ გარდაქმნას, რომლის განხორციელებისათვის საჭიროა განსაზღვრული ენერგია. ქიმიური რეაქციის შედეგად, მემბრანის ერთ მხარეზე გადამტანი სახეს იცვლის და იძენს გადასატან ნივთიერებასთან ან იონთან განსაზღვრულ მსგავსებას, შემდეგ სახეშეცვლილი გადამტანი იერთებს გადასატანი ნივთიერების მოლეკულას ან იონს. ამ დროს წარმოქმნილი კომპლექსი გადის მემბრანაში. შემდეგ უჯრედის შიგნით კომპლექსი იშლება და თავისუფლდება მათ მიერ გადატანილი ნივთიერებები ან იონები, ხოლო გადამტანი გადადის მემბრანის გავლით გარეთ თავისუფალ მდგომარეობაში ან სხვა ნივთიერებასთან კომპლექსის სახით.

აქტიური გადატანის სისტემები ხასიათდებიან მკაცრი სპეციფიკურობით. მათ გახსნილი ნივთიერება გადააქვთ მხოლოდ ერთი მიმართულებით (უჯრედში ან უჯ-რედიდან). განვიხილოთ აქტიური გადატანის პროცესი კალიუმის იონების ერითრო-ციტებში შეღწევის მაგალითზე. ცნობილია, რომ კალიუმის იონების კონცენტრაცია ერითროციტების შიგნით 35-ჯერ მეტია სისხლის პლაზმასთან შედარებით. ერით-როციტებში კალიუმის სათანადო რაოდენობის შესანარჩუნებლად ეს იონები პლაზ-მიდან ერითროციტებში უნდა გადადიოდნენ (ე.ი., უფრო დაბალი კონცენტრაციის სფეროდან უნდა გადადიოდნენ უფრო მაღალი კონცენტრაციის სფეროში). ეს გადა-სვლა ხორციელდება მხოლოდ ენერგიის გარკვეული რაოდენობის დახარჯვით, რომლის წყარო შეიძლება იყოს ადენოზინტრიფოსფორმჟავას (ატფ-ის) ჰიდროლიზის რეაქცია. გამოყოფილი ენერგიის გავლენით გადამტანი განიცდის ქიმიურ ცვლილებას და ურთიერთმოქმედებს კალიუმის იონებთან. კალიუმის იონების გადასვლა ერითროციტებში წყდება მაშინ, როცა იონთა ნაკადი უჯრედის შიგნით გაწონასწორებული იქნება იონების ნაწილის "გაპარვით" (გაღწევით) მემბრანის გავლით გარეთ ჩვეულებრივი დიფუზიის მექანიზმით.

<u>მეოთხე ტიპის მემბრანები</u> – ამ ტიპის მემბრანები უკვე განხილული მემბრა-ნებისაგან განსხვავდებიან მოზაიკური აღნაგობოთ. ისინი შედგებიან ლიპიდური ცილინდრებისა და ცილოვანი უჯრედებისაგან. IV ტიპის მემბრანებს აქვთ ფორები, რომლებშიც ადვილად გადიან წყლის მოლეკულები და მცირე ზომის ანიონები. ეს მემბრანები კათიონებს არ ატარებენ, რადგან მათ ფორებში არიან დადებითად და-მუხტული ნაწილაკები, რომლებიც უკუაგდებენ (განიზიდავენ) კათიონებს. ამ მემბრანებში აგრეთვე არის ფორები, რომლებშიც გადიან ზოგიერთი არაელექტროლიტების მოლეკულები. არაელექტროლიტების მოლეკულების ზომების გაზრდით მცირდება მათი გამტარებლობა მეოთხე ტიპის მემბრანებში. როგორც ზემოდ იყო აღნიშნული, არაელექტროლიტების მოლეკულებს უნარი აქვთ გააღწიონ პირველი ტიპის მემბრანებში.

ჰისტოჰემატიურ ბარიერებში არის ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა სახის მემბრა-ნები, რომელთა თითოეული უბნისათვის დამახასიათებელია შეღწევის განსაზღვ-რული მექანიზმი.

ტოქსიკური ნივთიერებების მოქმედება, რომლებიც კონტაქტში შედიან ორგა-ნიზმის უჯრედებთან, მჟღავნდება მათი ურთიერთქმედებისას რეცეპტორებთან.

<u>რეცეპტორები</u> – ორგანიზმში მოხვედრილი ქიმიური ნივთიერებები (ფარმა-ცევტული პრეპარატები, შხამები) განსაზღვრულ მოქმედებას ახდენენ მხოლოდ მაშინ, როცა ისინი ურთიერთქმედებაში შედიან უჯრედებში მოთავსებულ,

შესაბამისი რეაქციის უნარის მქონე სტრუქტურებთან. ამ სტრუქტურებს <u>რეცეპტორებს</u> უწოდებენ.

რეცეპტორები შეიძლება იყვნენ გაღიზიანების აღმქმელი ნერვული დაბოლოებანი ან სპეციალიზირებული ნერვული უჯრედები, რომლებიც რეაგირებენ გარემომცველი გარემოს გაღიზიანებაზე. შესწავლილია ტკივილის, სიცივის, სითბოს, ბგერის, სინათლის და სხვა რეცეპტორები. ისინი შეისწავლება ფიზიოლოგიის და სხვა დისციპლინების მიერ.

ჩვენ შევჩერდებით მხოლოდ იმ რეცეპტორებზე, რომლის დახმარებითაც ხორციელდება ორგანიზმის რეაქცია ქიმიური ნივთიერებების მოქმედებაზე.

შხამიანი ნივთიერებების ტოქსიკური მიქმედება დამოკიდებულია ბიოორგანულ სტრექტურებში არსებულ ორგანიზმში მოხვედრილ შხამიან ნივთიერებებთან ურთიერთქმედების უნარის მქონე რეცეპტორებზე, რომლებიც წარმოადგენენ ატომთა ან მოლეკულათა ჯგუფებს. რეცეპტორების ურთიერთქმედება შხამიან ნივთიერებებთან შეიძლება განხორციელდეს კოვალენტური, იონური, იონ-დიპოლური, წყალბადური ბმების წარმოქმნის და ვან-დერ-ვალსის ძალების ხარჯზე. აღნიშნული ბმებიდან ყველაზე უფრო მტკიცეა კოვალენტური ბმა, სუსტია იონური და წყალბადური ბმები, ხოლო ყველაზე უფრო სუსტია ვან-დერ-ვალსის ძალებით გაპირობებული ბმები.

განვიხილოთ ზოგიერთი რეცეპტორის ურთიერთქმედება შხამიან ნივთიერებებთან. მძიმე ლითონებით და სხვა არაორგანული ნივთიერებებით მოწამვლები გაპირობებულია აღნიშნული ნივთიერებების კათიონებთან შეკავშირებით ცილის მოლეკულების შემადგენლობაში შემავალი სულფჰიდრილურ ჯგუფებთან (რეცეპტორებთან). ზოგიერთი ლითონების კათიონებსა და სულფჰიდრილურ ჯგუფებს შორის ბმა საკმაოდ მტკიცეა (კოვალენტურია). განსაკუთრებით მტკიცედ არიან შეკავშირებული ეს ჯგუფები დარიშხანის, სტიბიუმის, ვერცხლიწყლის, ბისმუტის და ზოგიერთი სხვა ლითონების იონებთან. ამ ჯგუფის ლითონებით მოწამვლებისას დეტოქსიკაციის მიზნით იყენებენ უნითიოლს-სულფჰიდრილური ჯგუფების შემცველ შხამსაწინააღმდეგო ნივთიერებას, რომელიც იკავშირებს ლითონთა იონებს, რომლებსაც მანამდე ბლოკირებული ჰქონდათ ცილების სულფჰიდრილური ჯგუფები.

ფოსფორორგანული ნაერთებით მოწამვლა აიხსნება ამ ნივთიერებების შეკავშირებით ფერმენტ-აცეტილქოლინესთერაზას შემადგენლობაში შემავალი სერინის ოქსიჯგუფის მიერ. აცეტილქოლინესთერაზა აცეტილქოლინს შლის ქოლინად და ძმარმჟავად. ფოსფორორგანული და ზოგიერთი სხვა ნივთიერებებით აცეტილქოლი-

ნესთერაზას ბლოკირების შედეგად ორგანიზმში შენელებულია აცეტილქოლინის ჰიდროლიზის პროცესი და მისი ტოქსიკური დოზით დაგროვების გამო ორგანიზმი იწამლება.

რიგ შემთხვევებში რეცეპტორები შეიძლება იყვნენ გარკვეული ორგანოების უჯრედების სპეციფიკური მონაკვეთები. ზოგიერთი, ნარკოზის მდგომარეობის გამომწვევი, ნივთიერებანი გავლენას ახდენენ ცილოვანი ნივთიერებების ან ლიპიდების მოლეკულების არა ცალკეულ ფუნქციონალურ ჯგუფებზე, არამედ მთელს უჯრედზე.

ინტერესს იწვევს ე.წ. <u>შერჩევითი ტოქსიკურობა</u> – ამ ტერმინის ქვეშ იგულისხმება ზოგიერთი ტოქსიკური ნივთიერების უნარი სელექციურად დააზიანოს განსაზღვრული უჯრედები ან ორგანოები, ამავე დროს არ იმოქმედოს სხვა უჯრედებზე ან ორგანოებზე, მაშინაც კი თუ ორივე სახეობის უჯრედი ერთმანეთთან უშუალო კონტაქტშია (მაგ. პესტიციდები).

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის დროს ბიოლოგიური მასალიდან შხამების იზოლირებას ახდენენ რეცეპტორებსა და შხამებს შორის ბმის სიმტკიცის გათვალისწინებით, "ლითონური" შხამების იზოლირებისათვის, რომლებიც ბიოლოგიურ მასალაში რეცეპტორებთან კოვალენტური ბმით არიან დაკავშირებული, იყენებენ ორგანული ნაერთების დაშლის მეთოდს – საკვლევი ობიექტების გაცხელების გზით დამჟანგავი თვისებების მქონე ზოგიერთ მჟავებთან.

იმ შხამების იზოლირებისათვის, რომლებიც რეცეპტორებთან დაკავშირებული არიან იონური ან სხვა ნაკლებად მტკიცე ბმემით, გამოიყენება ბიოლოგიური მასალის წყლით, შემჟავებული წყლით და შემჟავებული სპირტით გამოწვლილვა.

2.3. შხამების განაწილება ორგანიზმში

ტოქსიკური ნივთიერებების უმრავლესობა სხვადასხვა ორგანოებსა და ქსოვილებში არათანაბრად ნაწილდება. ნივთიერებების განაწილება დამოკიდებულია მათ ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე, მათ ხსნადობაზე წყალსა და ლიპიდებში, დისოციაციაზე, ორგანოთა და ქსოვილთა შედგენილობასა და ფუნქციონალურ თავისებურებებზე.

ლიპიდებში კარგად ხსნადი (საანესთეზიო, საძილე, სედაციური ნივთიერებები, ქლორშემცველი ორგანული ინსექტიციდები და სხვა), ბიოლოგიურ მემბრანებში კარგად შეღწევადი შხამები სწრაფად და შერჩევითად ნაწილდებიან

ლიპიდებით მდიდარ, სისხლის კარგი მომარაგების მქონე ორგანოებსა და ქსოვილებში (ძირითადად თავის და ძვლის ტვინში).

ორგანიზმში მოხვედრილი, ლიპიდებში კარგად ხსნადი, ნივთიერებების განაწილება დამოკიდებულია ცხიმების და სხვა ლიპიდების რაოდენობაზე სხვადასხვა ორგანოებსა და ქსოვილებში. არაელექტროლიტები უმთავრესად გროვდება იმ ქსოვილებში, რომელთა სორბციული (შთანთქმითი) მოცულობა ნივთიერებებისათვის უმაღლესია. ასე მაგ. ქლოროფორმით ნარკოზის დროს მოგრძო და ზურგის ტვინში ქლოროფორმი 50%-ით მეტია, ვიდრე თავის ტვინში. ეს აიხსნება თავის ტვინში ლიპიდების ნაკლები რაოდენობით. ლიპიდებში ხსნადი სამკურნალო ნივთიერებანი და შხამები ნელა გამოიყოფა ორგანიზმიდან და ნელა ხდება მათი გარდაქმნები.

ბარბიტურატები, განსაკუთრებით ხანმოკლე მოქმედების თიობარბიტურატები (თიოპენტალ ნატრიუმი) ჯერ თავის ტვინში ხვდება, შემდეგ გადადის პლაზმაში, იქედან ლიპიდებით მდიდარ ორგანოებსა და ქსოვილებში.

შხამიანი ნივთიერებების ორგანიზმში არათანაბარი განაწილების შედეგად მათ შეუძლიათ დალაგდნენ (დაგროვდნენ) შესაბამის ორგანოებსა და ქსოვილებში. ასე მაგ. ცხიმოვან ქსოვილებში დეპონირდება ძირითადად ცხიმში ხსნადი შხამები (ორგანული გამხსნელები, ნახშირწყალბადის ქლორწარმოებულები და სხვა).

ძვლოვან ქსოვილებში ლაგდება ტყვია, ბარიუმი, ფტორი და სხვ. ტეტრაციკლინის რიგის ანტიბიოტიკებს ახასიათებთ კბილის და ძვლოვან ქსოვილებში დაგროვება. ამინაზინი ლოკალიზდება ძირითადად თავის, ხოლო ბენზოლი – ძვლის ტვინში. კანში ლაგდება ვერცხლი და ოქრო. ბისმუტი, ვერცხლისწყალი და დარიშხანი კი ცილებით მდიდარ, სულფჰიდრილების ან სხვა რეაქციის უნარის მქონე ფუნქციონალური ჯგუფების შემცველ ორგანოებსა და ქსოვილებში. ვერცხლისწყალი გროვდება თირკმელებში და იწვევს მათ დანეკროზებას.

კალციუმის და ზოგიერთი სხვა ელემენტების იონები უკავშირდებიან მუკოპოლისაქარიდებსა და მუკოპროტეიდებს, რომლებსაც შეიცავენ უჯრედშორისი სითხეები. ეს სითხე ადამიანის სხეულის მასის 1/5 შეადგენს. ორგანიზმში განაწილების შემდეგ ბევრი წყალში ხსნადი ნივთიერება იმყოფება როგორც უჯრედშიდა, ასევე უჯრედშორის სითხეში.

ზოგიერთი ტოქსიკური ნივთიერების ლოკალიზაციის ადგილი დამოკიდებულია მოწამვლის ხასიათზე. მწვავე მოწამვლისას ვერცხლისწყალი და დარიშხანი გროვდება ღვიძლსა და თირკმლებში, ქრონიკული მოწამვლებისას კი ეს ელემენტები გროვდება ფრჩხილებში, ძვლებში და ნერვულ ქსოვილებში. დარიშხანით ქრონიკული მოწამვლისას იგი შეიძლება დაგროვდეს თმებში.

ზემოთქმულიდან გამომდინარეობს, რომ შხამების განაწილების და დაგროვების ცოდნას დიდი მნიშვნელობა აქვს ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ობიექტების სწორი შერჩევისათვის. ამ ანალიზისათვის აუცილებელია იმ ორგანოების და ქსოვილების აღება, რომლებშიც სავარაუდოა გამოსაკვლევი შხამის მაქსიმალური რაოდენობა.

2.4. შხამების შეკავშირება ორგანიზმში

ორგანიზმში მოხვედრილი სამკურნალო ნივთიერებები და შხამები ცილებთან, ლიპოპროტეინებთან, სისხლის ფორმიან ელემენტებთან და სხვა ნივთიერებებთან წარმოქმნიან კომპლექსებს ან ქიმიურ ნაერთებს. ორგანიზმში წარმოქმნილი კომპლექსების სიმტკიცე დამოკიდებულია ნივთიერების ბუნებაზე და ბმების ტიპებზე.

შხამების ურთიერთქმედებისას ცილებთან და ორგანიზმში მყოფ სხვა ნივთიერებებთან, მორეაგირე ნაერთებს შორის შეიძლება წარმოიქმნას კოვალენტური, წყალბადური, იონ-დიპოლური, დიპოლ-დიპოლური ბმები. ცილების შეკავშირება (ბმა) შხამებთან შეიძლება განხორციელდეს ვან-დერ-ვალსის ძალებითაც. ზემოთ ჩამოთვლილ ბმებს შორის ყველაზე მტკიცეა კოვალენტური ბმა. კერძოდ, კოვალენტური ბმით არის ერთმანეთთან შეკავშირებული ლითონის იონების ცილოვანი ნივთიერებების კომპლექსები. ამიტომაც, ლითონები ორგანიზმში დიდხანს რჩება.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ უმრავლესობა შხამების ტოქსიკური მოქმედება შექცევადია, შეგვიძლია ვიგულისხმოთ, რომ შხამებსა და ბიოლოგიურ მასალას შორის კოვალენტური ბმები წარმოიქმნება მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში.

ცილებისა და შხამების ურთიერთმოქმედებისას წარმოქმნილი კომპლექსები, ჩვეულებრივ ვერ ტრანსპორტირდება ბიოლოგიური მემბრანების გავლით. თუ შხამების შეკავშირება შექცევადია, მაშინ ორგანიზმში მყარდება წონასწორობა შხამის შეკავშირებულსა და შეუკავშირებელ ფორმებს შორის.

ცილოვან ნივთიერებებს შორის ალბუმინი ყველაზე უფრო აქტიურად უკავშირდება მრავალ შხამიან ნივთიერებას. ფიბრინოგენი, γ-გლობულინი და ზოგიერთი სხვა ცილოვანი ნივთიერება უკავშირდება შხამების მცირე რიცხვს, კერძოდ, γ-გლობულინი უკავშირდება ბილირუბინს. კარგად არის შესწავლილი ალკალოიდების და მათი სინთეზური ანალოგების ცილოვან ნივთიერებებთან კომპლექსების წარმოქმნის პირობები. ეს კომპლექსები წარმოიქმნება ცილების იზოელექტრულ

წერტილებზე* მაღალი pH-ის დროს. ბარბიტურატების ცილებთან კომპლექსების შესწავლამ აჩვენა, რომ ბარბიტურატები კარგად უკავშირდებიან ალბუმინებს.

ალბუმინებს უკავშირდებიან სულფანილამიდური პრეპარატები, არომატული მჟავები, იოდშემცველი ნაერთები (რენტგენოკონტრასტული ნივთიერებები), ფუძე და მჟავური ხასიათის საღებავები, ზოგიერთი ნეიტრალური ნივთიერება (კუმარინები, გლიკოზიდები, ნაფტოქინონები, პორფირინები და სხვები).

თუთიის და სპილენძის იონები კარგად უკავშირდებიან β–გლობულინებს, ლითონური შხამები (ლითონთა კათიონები) ამინომჟავეებთან, პეპტიდებთან და ცილებთან წარმოქმნიან მტკიცე კომპლექსურ და შიდაკომპლექსურ ნაერთებს. სტეროიდული ჰორმონები უკავშირდებიან ლიპოპროტეიდებს, ზოგიერთი ანტიბიოტიკები – ნუკლეინის მჟავებს, ნახშირბადის (II) ოქსიდი – სისხლის ჰემოგლობინს.

სამკურნალო ნივთიერებათა და შხამების მხოლოდ მცირე რაოდენობა არ უკავშირდება ალბუმინებსა და სხვა ცილებს. მათ მიეკუთვნება ეთილის ეთერი, გლუკოზა, შარდოვანა და სხვა.

შხამებსა და ცილებს (ან ორგანიზმის სხვა ნივთიერებებს) შორის კავშირის არარსებობა და მათი სიმტკიცე აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული ბიოლოგიური მასალიდან შხამიანი ნივთიერებების იზოლირების ოპტიმალური პირობების შერჩევის დროს. შხამიანი ნივთიერებების იზოლირებისას ბიოლოგიური მასალიდან აუცილებელია შეიქმნას პირობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამ ნივთიერებებსა და ცილებს (ან სხვა ნაერთებს) შორის კავშირის (ბმის) გაწყვეტას და განთავისუფლებული ნივთიერების თხევად ფაზაში (გამონაწვლილი ან მინერალიზატი) შემდგომ გადაყვანას.

ალკოლოიდების, ბარბიტურატების და სხვა ნივთიერებების ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირებისას ბმების (ცილა-შხამი) დარღვევა მიიღწევა გამომწვლილავი სითხის საჭირო pH-ის შექმნის გზით. ცილებსა და ლითონთა იონებს შორის მტკიცე ბმის გაწყვეტა მიიღწევა ბიოლოგიური მასალის დარღვევის შემდეგ შესაბამისი მეთოდებით.

***იზოელექტრული წერტილი - ამფოტერული ნაერთების მდგომარეობის მახასიათებელი**

2.5. შხამების გამოყოფა ორგანიზმიდან

ორგანიზმში მოხვედრილი ტოქსიკური ნივთიერებები, გარკვეული ზემოქმედების შედეგად, გამოიყოფა შეუცვლელი ან მეტაბოლიტების სახით. ტოქსიკური ნივთიერებების და მათი მეტაბოლიტების ორგანიზმიდან გამოყოფის ძირითადი გზებია თირკმელები, ფილტვები, ნაწლავები და სხვა. ხშირად ისინი გამოიყოფა

არა ერთი, არამედ რამდენიმე გზით. ამასთან, სხვებთან შედარებით ერთ-ერთი გზით გამოიყოფა მეტი. ასე მაგ. ეთილის სპირტის 10% შეუცვლელი სახით გამოიყოფა ამონასუნთქ ჰაერთან ერთად. მცირე რაოდენობებით იგი გამოიყოფა ორგანიზმიდან შარდთან, განავალთან, ნერწყვთან, რძესთან და სხვასთან ერთად. ქინაქინა გამოიყოფა შარდთან ერთად და კანის მეშვეობით. ზოგიერთი ბარბიტურატი კი – შარდთან და დედის რძესთან ერთად.

<u>თ ი რ კ მ ე ლ ი</u> წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად ორგანოს, რომლისგანაც ორგანიზმიდან გამოიყოფა მრავალი სამკურნალო და ტოქსიკური ნივთიერება და მათი მეტაბოლიზმის პროდუქტები. თირკმელების გავლით შარდთან ერთად, გამოიყოფა წყალში კარგად ხსნადი ნივთიერებები. რაც ნაკლებია ამ ნაერთების მოლეკულური მასა, მით უფრო ადვილად გამოიყოფა ისინი შარდთან ერთად. ამასთან, იონებად დისოცირებადი ნივთიერებები უკეთესად გამოიყოფა, ვიდრე არადისოცირებადი (არაიონიზირებადი) ნაერთები.

სუსტი ორგანული მჟავების და ფუძეების გამოყოფაზე შარდთან ერთად, გავლენას ახდენს შარდის pH. შარდის pH-ზე არის დამოკიდებული აღნიშნული ნივთიერებების იონებად დისოციაცია. სუსტი ორგანული ფუძეები შარდთან ერთად უკეთესად გამოიყოფიან თუ შარდს აქვს მჟავა რეაქცია. ასეთებს მიეკუთვნება ქინაქინა, ამიტრიპტილინი, კოფეინი, თეოფილინი, აცეტანილიდი, ანტიპირინი და სხვ.

სუსტი მჟავა ხასიათის ორგანული ნივთიერებები (ბარბიტურატები, სალიცილატები, ზოგიერთი სულფანილამიდი, ანტიკოაგულანტები და სხვები) უკეთესად გადადიან შარდში, რომელსაც აქვს უფრო ტუტე რეაქცია, ვიდრე სისხლის პლაზმას. ძლიერი ელექტროლიტები, რომლებიც კარგად დისოცირდება იონებად, შარდიდან გამოიყოფა მისი pH-ის მიუხედავად. ზოგიერთი ლითონები იონების ან ორგანული ნაერთების კომპლექსების სახით აგრეთვე გამოიყოფა შარდთან ერთად. ლიპოფილური ნივთიერებები თითქმის არ გამოიყოფა თირკმელების გზით. თუმცა, ამ ნივთიერებების მეტაბოლიტების უმრავლესობა ითვლება წყალში ხსნადად, ამიტომ გამოიყოფა ორგანიზმიდან შარდთან ერთად.

<u>ღ ვ ი ძ ლ ი</u> – მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მრავალი ტოქსიკური ნივთიერების ორგანიზმიდან გამოყოფაში. ეს ორგანო პასუხისმგებელია ტოქსიკური ნივთიერების უმეტესობის მეტაბოლიზმზე. მათი გამოყოფა ნაღველთან ერთად დამოკიდებულია მოლეკულების ზომებზე და მოლეკულურ მასაზე. მოლეკულური მასის გაზრდასთან ერთად იზრდება ტოქსიკური ნივთიერების ნაღველთან ერთად გამოყოფის სიჩქარე. ეს ნივთიერებები ნაღველთან ერთად უმთავრესად გამოიყოფა

კონიუგატების სახით. ზოგიერთი კონიუგატი იშლება ნაღვლის ჰიდროლიზური ფერმენტებით. ნაღველი, რომელიც შეიცავს ტოქსიკურ ნივთიერებებს გადადის ნაწლავებში, საიდანაც ისინი შეიძლება ისევ იქნან სისხლში შეწოვილი. ამიტომ, განავალთან ერთად ორგანიზმიდან გამოიყოფა მხოლოდ ის ნივთიერებები, რომლებიც ნაღველთან ერთად გადადის ნაწლავებში, მაგრამ განმეორებით არ შეიწოვება სისხლში. განავალთან ერთად გამოიყოფიან აგრეთვე ის ნივთიერებანი, რომლებიც არ იწოვებიან სისხლში პერორალური მიღების შემდეგ. აგრეთვე ისინი, რომლებიც გამოდიან კუჭის და ნაწლავების ლორწოსთან ერთად საჭმლის მომნელებელი სისტემის ღრუში. ამ გზით გამოიყოფა ორგანიზმიდან ზოგიართი მძიმე და ტუტემიწათა ლითონები.

ტოქსიკური ნივთიერებები და მათი მეტაბოლიტები, რომლებიც წარმოიქმნება ღვიძლში, გადადის ნაღველთან ერთად ნაწლავებში და შემდეგ ისევ შეიწოვება სისხლში, გამოიყოფა თირკმელების გზით შარდთან ერთად.

<u>ფ ი ლ ტ ვ ე ბ ი</u> – წარმოადგენს მთავარ გამომყოფ ორგანოს იმ აქროლადი სითხეების და აირადი ნივთიერებებისა, რომლებსაც ადამიანის სხეულის ტემპერატურაზე აქვთ ორთქლის მაღალი დრეკადობა. ეს ნივთიერებები ადვილად გადადის სისხლიდან მემბრანის გავლით ალვეოლებში და გამოიყოფა ორგანიზმიდან ამონასუნთქ ჰაერთან ერთად. ამ გზით ორგანიზმიდან უცვლელი სახით გამოიყოფა ნახშიბადის (IV) ოქსიდი, გოგირდწყალბადი, ეთილის სპირტი, დიეთილის ეთერი, აცეტონი, ბენზოლი, ბენზინი, ზოგიერთი შხამიანი ნივთიერების (ბენზოლის, ოთხქლორნახშიბადის, მეთილის სპირტის, ეთილენგლიკოლის, აცეტონის და სხვა) მეტაბოლიტები. მითითებული ნივთიერებების ერთ-ერთ ასეთ მეტაბოლიტს წარმოადგენს ნახშირბადის (IV) ოქსიდი.

<u>კ ა ნ ი</u> – რიგი სამკურნალო და შხამიანი ნივთიერებებისა ორგანიზმიდან გამოიყოფა კანით, ძირითადად საოფლე ჯირკვლებიდან. ამ გზით ორგანიზმიდან გამოიყოფა დარიშხანის და ზოგიერთი მძიმე ლითონის ნაერთები, ბრომიდები, იოდიდები, ქინაქინა, ქაფური, ეთილის სპირტი, აცეტონი, ნახშირწყალბადების ქლორწარმოებულები და სხვები. კანიდან გამოყოფილი ნივთიერებების რაოდენობა მცირეა. ამიტომ, მოწამვლის საკითხის გადაწყვეტის დროს მათ არა აქვთ პრაქტიკული მნიშვნელობა.

<u>რ ძ ე</u> – ზოგიერთი სამკურნალო და შხამიანი ნივთიერება ორგანიზმიდან გამოიყოფა დედის რძესთან ერთად. ასე მაგ. ძუძუმწოვარი ბავშვის ორგანიზმში დედის რძესთან ერთად ხვდება აცეტილსალიცილის მჟავა, ბარბიტურატები, კოფეინი, მორფინი, ნიკოტინი და სხვა.

ძროხის რძე შეიძლება შეიცავდეს პესტიციდებს და ზოგიერთ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებითაც ამუშავებენ ცხოველების მიერ საკვებად გამოყენებულ მცენარეებს.

2.6. ქიმიური ნაერთების ტოქსიკურობაზე მოქმედი ფაქტორები

ქიმიური ნაერთების ტოქსიკურობა გაპირობებულია ორგანიზმის, ტოქსიკური ნივთიერების და გარემომცველი გარემოს ურთიერთმოქმედებით. შხამიანი ნივთიერებების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე: დოზაზე ან კონცენტრაციაზე, ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე, შხამების ორგანიზმში მოხვედრის გზებზე და სიჩქარეზე, ასაკზე და სქესზე, შხამისადმი ინდივიდუალურ მიდრეკილებაზე და ა.შ. განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

<u>დოზა და კონცენტრაცია</u> – დოზების მრავალი კლასიფიკაცია არსებობს. ჩვენ განვიხილავთ მხოლოდ **თერაპიულ, სასიკვდილო** და **ტოქსიკურ** დოზებს.

<u>თერაპიული</u> (სამკურნალო) დოზა ეწოდება ნივთიერების დოზას, რომელიც იწვევს განსაზღვრულ თერაპიულ ეფექტს.

<u>ტოქსიკურს</u> უწოდებენ ნივთიერების დოზას, რომელიც იწვევს ორგანიზმში პათოლოგიურ ცვლილებებს, მაგრამ არ იწვევს სიკვდილს.

<u>სასიკვდილოს</u> ანუ ლეტალურს უწოდებენ ნივთიერების დოზას, რომელიც იწვევს ორგანიზმის დაღუპვას.

<u>სამკურნალო</u> და შხამიანი ნივთიერებების დოზებს გამოხატავენ მასის (გრამებში, მილიგრამებში, მიკროგრამებში), მოცულობის (მილილიტრებში, წვეთებში) და ბიოლოგიური აქტიურობის (საერთაშორისო ერთეულებში – სე) ერთეულებში.

ორგანიზმში მოხვედრილი ნივთიერების მოქმედება დამოკიდებულია არა მარტო დოზაზე, არამედ ორგანიზმში მისი ყოფნის <u>ხანგრძლივობაზე</u>. ამ თვალსაზრისით, შხამის ორგანიზმში ყოფნის ხანგრძლივობას გამოხატავენ დროის იმ მონაკვეთით, რომელიც მოთავსებულია რეზორბციის დაწყებიდან მისი სრული ელიმინაციის მომენტამდე.

<u>რეზორბციის პერიოდი</u> გრძელდება შხამის ორგანიზმში მოხვედრის მომენტიდან სისხლში მისი კონცენტრაციის მაქსიმუმის მიღწევის მომენტამდე.

<u>ელიმინაციის პერიოდი</u> იწყება სისხლში ნივთიერების მაქსიმალური კონცენტრაციის მიღწევის მომენტიდან სისხლში მისი სრული გაქრობის მომენტამდე.

შხამების <u>ტოქსიკურობის შედარებითი</u> შეფასებისათვის იყენებენ შემდეგ პარამეტრებს: Lim_{ac}, DL_{50} (DL_{100}), CL_{50} (CL_{100}), *ზდკ* და *ნზსუდ*.

Lim_{ac} – ტოქსიკური ნივთიერების ერთჯერადი (მწვავე) მოქმედების ზღურბლი – <u>მინიმალური ზღურბლოვანი დოზა</u>, რომელიც იწვევს ორგანიზმის ცხოველმოქმედების მაჩვენებლების შეცვლას, რომლებიც გამოდიან შეგუებული ფიზიოლოგიური რეაქციების ზღვრებიდან (არ ეტევიან ზღვრებში).

DL_{50} (DL_{100}) – საშუალო სასიკვდილო (სასიკვდილო) დოზა, რომელიც იწვევს საცდელი ცხოველების 50% (100%) დაღუპვას გარკვეული ხერხით შეყვანისას (კუჭიდან, კანიდან და ა.შ. ინჰალაციის გარდა) სამი დღე-ღამის განმავლობაში ან ორი კვირის ვადაში შემდგომი დაკვირვებისას. გამოიხატება მილიგრამებში ცხოველის სხეულის მასის 1 კგ-ზე (მგ/კგ).

CL_{50} (CL_{100}) – ეს არის კონცენტრაცია (დოზა), რომელიც იწვევს საცდელი ცხოველების 50% (100%) დაღუპვას ინჰალაციით ზემოქმედებისას, გამოიხატება მილიგრამებში 1 $მ^3$ ჰაერზე (1მგ/$1მ^3$).

აირადი ნაერთების ტოქსიკურობა ხასიათდება მასის ან მოცულობის ერთეულებში გამოხატული დოზით კი არა, არამედ კონცენტრაციით. აირადი ნივთიერებების ტოქსიკურობის მნიშვნელოვანი პარამეტრებია <u>ზდკ და ნზსუდ</u>.

<u>**ზდკ**</u> ნივთიერების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში, გამოიხატება მილიგრამებში ჰაერის 1 $მ^3$-ში.

<u>**ნზსუდ – ნივთიერების ზემოქმედების საორიენტაციო უსაფრთხოების დონე**</u> – გამოიხატება აგრეთვე მილიგრამებში ჰაერის 1 $მ^3$-ში. ამ სიდიდის ქვეშ იგულისხმება ქიმიური ნაერთის ის უმცირესი კონცენტრაცია, რომელიც ყოველდღიურად მოქმედებს ორგანიზმზე ხანგრძლივი დროის მანძილზე და არ იწვევს თანამედროვე მეთოდებით აღმოსაჩენ რაიმე პათოლოგიურ ცვლილებას ან დაავადებას.

ქიმიური ნივთიერების ტოქსიკურ საშიშროებას აგრეთვე ახასიათებენ <u>მწვავე ტოქსიკური მოქმედების ზონის</u> (მტმზ) სიდიდით – *DL_{50}/Lim_{ac}*. რაც უფრო მეტია ეს სიდიდე, მით უფრო უვნებელია მოცემული ნივთიერება. ნზსუდ-ის და მტმზ-ის განსაზღვრა ხდება ჰაერის და წყლების სანიტარული შეფასების თვალსაზრისით.

ნივთიერების ერთი და იგივე დოზამ შეიძლება სხვადასხვანაირად იმოქმედოს ბავშვის, ახალგაზრდის, საშუალო ასაკის და ხანდაზმული ადამიანის ორგანიზმზე. ამიტომ, აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული ასაკი, აგრეთვე წონა. 60 წელზე მეტი ხნის ადამიანი ხშირად სამკურნალო პრეპარატს უნდა ღებულობდეს კორექტირებული დოზით, ახალგაზრდა ადამიანთან შედარებით. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ხანდაზმულ ადამიანებში შენელებულია მეტაბოლიზმის პროცესები და

ორგანიზმში სამკურნალო პრეპარატების შეწოვის, განაწილების და მათი მეტაბოლიტების ელიმინაციის სიჩქარე.

ბავშვები უფრო ნაკლები წონისა არიან, ვიდრე დიდები. ამიტომ, თერაპიული ეფექტის მისაღწევად ბავშვებს წამლები ენიშნებათ უფრო დაბალი დოზებით. გარდა ამისა, ბავშვებისათვის დამახასიეთებელია სამკურნალო პრეპარატებისა და შხამებისადმი მგრძნობელობის ასაკობრივი თავისებურებანი.

ტოქსიკური ნივთიერებების ფიზიკური და ქიმიური თვისებები. ქიმიური ნაერთების ტოქსიკურობაზე გავლენას ახდენს მისი აგრეგატული მდგომარეობა, წყალში და ცხიმებში ხსნადობა, იონებად დისოციაციის უნარი და ა.შ.

აქროლადი სითხეების ორთქლი და აიროვანი ნივთიერებანი, რომლებიც ორგანიზმში ხვდებიან სასუნთქი გზებით, ტოქსიკურ მოქმედებას ამჟღავნებენ ბევრად უფრო სწრაფად, ვიდრე კანის და საჭმლის მომნელებელი გზით მოხვედრილი მყარი და თხევადი ნივთიერებები.

მყარი ნაერთების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათი ნაწილაკების ზომებზე. კარგად დაწვრილმანებული მყარი ნივთიერებები უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე მსხვილი ნაწილაკების მქონე იგივე ნივთიერებები. ეს აიხსნება წვრილი და მსხვილი ნაწილაკების სხვადასხვაგვარი ხსნადობით, და, მაშასადამე, სისხლში არათანაბარი სიჩქარით მოხვედრით.

ქიმიური ნაერთების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათ ხსნადობაზე ცხიმებსა და წყალში. ცხიმში ხსნადი ნაერთები ადვილად აღწევენ ორგანიზმში კანის გზით და ადვილად შედიან სისხლიდან უჯრედებში მემბრანების გავლით. წყალში ხსნადი ნაერთების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათ დისოციაციაზე. ასე მაგ. ბარიუმის ქლორიდი და ნიტრიტი კარგად დისოცირდებიან წყალში და ახასიათებთ მაღალი ტოქსიკურობა, ხოლო ბარიუმის სულფატი არ იხსნება წყალში და არ ახდენს ტოქსიკურ ზემოქმედებას ორგანიზმზე. ანალოგიური თვისებები ახასიათებს დარიშხანის ზოგიერთ ნაერთსაც. აგრეთვე მაღალტოქსიკურია წყალში კარგად დისოცირებადი არსენიტები და არსენატები. მძიმე ლითონების წყალში ხსნადი მარილები ბევრად უფრო ტოქსიკურები არიან, ვიდრე მათი ოქსიდები. ვერცხლისწყლის (I) წყალში უხსნადი ქლორიდი ნაკლებ ტოქსიკურია, ვიდრე ვერცხლისწყლის (II) წყალში ხსნადი ქლორიდი, ხოლო საჭმლის მომნელებელ არხში მოხვედრილი ლითონური ვერცხლისწყალი საერთოდ არ ახდენს ტოქსიკურ მოქმედებას ორგანიზმზე. თუმცა, კუჭის შიგთავსის ზემოქმედებით ლითონური ვერცხლისწყლის განსაზღვრულმა ნაწილმა შეიძლება განიცადოს ქიმიური გარდაქმნა და გაიხსნას, მაშინ იგი შეიწოვება და გამოამჟღავნებს ტოქსიკურ მოქმედებას.

<u>შხამებისადმი სახეობრივი მგრძნობელობა</u>. ერთი და იგივე ნივთიერება შეიძლება სხვადასხვანაირად მოქმედებდეს ადამიანზე და სხვადასხვა სახის ცხოველებზე. ასე მაგ. შმაგა (შეიცავს ტროპანის რიგის ალკალოიდებს), ალისფერი და წამწამოვანი ფუტკარა (შეიცავენ საგულე გლიკოზიდებს) სხვადასხვანაირად მოქმედებენ ადამიანებზე და ცხოველებზე. ბალახისმჭამელი ცხოველები (ძროხა, ხარი, კამეჩი და ა.შ.) ამ მცენარეებს ჭამენ და არ იწამლებიან, ადამიანებში კი მათი მომატებული დოზით მიღება მძიმე მოწამვლებს იწვევს. მაგალითად, ზოგიერთი ფრინველისათვის, რომელიც მიირთმევს კანთარიდინის შემცველ მწერებს – ე.წ. "ულვაშა ხოჭოებს", ისინი უვნებელი არიან, მაშინ როდესაც მათი ნაყენი ადამიანისათვის ტოქსიკურია. ზღვის გოჭებისათვის ჰისტამინის განსაზღვრული დოზის შეყვანისას (მათ ორგანიზმში ეს პრეპარატი საკმაოდ ნელა განიცდის მეტაბოლიზმს) გოჭები იღუპებიან. მაშინ, როდესაც იმავე დოზის შეყვანისას თეთრი ვირთხების ორგანიზმში ტოქსიკური ეფექტი არ აღინიშნება. ეს აიხსნება იმით, რომ თეთრი ვირთხების ორგანიზმში ჰისტამინი სწრაფად იშლება და გამოიყოფა მეტაბოლიტების სახით.

ფენილთიოშარდოვანას არაერთგვაროვანი ტოქსიკურობა სხვადასხვა ცხოველებზე შეიძლება ვაჩვენოთ შემდეგ მაგალითზე. ფენილთიოშარდოვანა მაღალტოქსიკურია თაგვებისათვის (DL_{50} = 5მგ/კგ), ნაკლებტოქსიკურია ბოცვერებისათვის (DL_{50} = 40მგ/კგ) და ქათმებისათვის (DL_{50} = 100 მგ/კგ), მცირედ ტოქსიკურია – ზღვის გოჭებისათვის (DL_{50} = 250 მგ/კგ).

სხვადასხვა სახეობის ცხოველებისათვის შხამების არაერთგვაროვანი ტოქსიკურობა აიხსნება მათი მეტაბოლიზმის და ორგანიზმიდან გამოყოფის სხვადასხვა სიჩქარით.

<u>ქიმიური ნაერთების ტოქსიკურობის დამოკიდებულება ორგანიზმში მათი მოხვედრის გზებზე და სიჩქარეზე</u> – სხვადასხვა გზით ორგანიზმში მოხვედრილი შხამის ერთი და იგივე დოზამ შეიძლება არაერთგვაროვანი ტოქსიკური ეფექტი მოგვცეს. ეს დამოკიდებულია იმაზე, რომ ზოგიერთი ნივთიერების ტოქსიკურობა დაკავშირებულია ორგანიზმში მათი მოხვედრის გზებზე.

დიდი რაოდენობით ჰექსანის შესუნთქვისას 1-3 წუთის შემდეგ ადამიანმა შეიძლება გონება დაკარგოს. თუ ჰექსანი იგივე ან მეტი რაოდენობით მოხვდება ორგანიზმში საკვები არხით, მისი ტოქსიკური მოქმედება ბევრად უფრო სუსტი იქნება.

სტენოკარდიის დროს ავადმყოფს უნიშნავენ ნიტროგლიცერინს ტაბლეტებში ან სპირტიან ხსნარს წვეთების სახით. ნიტროგლიცერინი კარგად შეიწოვება პირის

ღრუს ლორწოვანი გარსით (ენის ქვეშიდან) და ახდენს სწრაფ ზემოქმედებას. პერორალურად მიღებული ნიტროგლიცერინის იგივე რაოდენობა, იწოვება ნელა და მისი მოქმედებაც შენელებულია.

სამკურნალო პრეპარატების ორგანიზმში შეყვანის სიჩქარეს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მათი ვენაში შეყვანისას. პრეპარატის სწრაფად შეყვანის დროს სისხლში იქმნება ამ ნივთიერებების შედარებით მაღალი კონცენტრაცია, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ტოქსიკური მოქმედება. მაგ. სტროფანტინის ან სხვა საგულე გლიკოზიდების სისხლში შეყვანისას.

2.7. კავშირი ნივთიერების ქიმიურ აღნაგობასა და ტოქსიკურ მოქმედებას შორის

დადგენილია კავშირი ნივთიერების ქიმიურ აღნაგობასა და მის ტოქსიკურობას შორის. ამასთან, ამ დამოკიდებულების კანონზომიერებანი რიგი ნივთიერებებისათვის ჯერ არ არის დადგენილი. ცნობილია, რომ ქიმიური ნივთიერებების ტოქსიკურობა გაპირობებულია მათ მოლეკულაში განსაზღვრული ფუნქციონალური ჯგუფების და ორმაგი კავშირების არსებობით.

მრავალი უჯერი ნაერთი ბევრად უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე აღნაგობით მსგავსი ნაჯერი – ნივთიერება ასე მაგ. ალილის სპირტი ($CH_2 = CH - CH_2OH$) ბევრად უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე ნაჯერი პროპილის სპირტი ($CH_3 - CH_2 - CH_2OH$).

ტოქსიკურებია ნივთიერებები, რომელთა მოლეკულაში შედის ატომთა შემდეგი ჯგუფები: $=C = O$, $S =$, $=C = C$, $- N = C$, $- NO_2$ და სხვები.

ზოგიერთი ორგანული ნაერთის ტოქსიკურობა გაპირობებულია მათ მოლეკულაში ქლორის, ფტორის, დარიშხანის, ვერცხლისწყლის და სხვა ატომების შეყვანით: ატომთა გარკვეული ჯგუფების ($- C = C -$, $- C_6H_5$, $- CH_2 -$, NH_2 და სხვ.), არსებობა ნივთიერებების მოლეკულაში, აძლიერებენ მის ტოქსიკურობას.

ზოგიერთი ქიმიური ნაერთის იზომერებს ახასიათებთ სხვადასხვანაირი ტოქსიკურობა. მაგალითად, ჰიოსციამინის მარცხნივ მბრუნავი იზომერი 100-ჯერ უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე მარჯვნივ მბრუნავი.

ქიმიური ნაერთების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათ მდებარეობაზე ჰომოლოგიურ რიგში. მოლეკულური მასის გაზრდით ჰომოლოგის ტოქსიკურობა იზრდება. მაგ. პროპიონის მჟავა უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე ძმარმჟავა, ხოლო ერბოს მჟავა უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე პროპიონის მჟავა. ალიფატურ სპირტებს უფრო გამოხატული ტოქსიკურობა ახასიათებთ, ვიდრე მათ იზომერებს ატომთა განშტოებული ჯაჭვით. მაგ. პროპილის და ბუთილის სპირტები, უფრო

ტოქსიკურები არიან, ვიდრე მათი იზომერები (იზოპროპილის და იზობუთილის სპირტები).

ციკლური ნახშირწყალბადების (ციკლომეთანი, ციკლოპროპანი, ციკლოპენტანი, ციკლოჰექსანი და სხვა) ორთქლი უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე მათი შესაბამისი (ნახშირბადის ატომთა რიცხვით) ალიფატური ნახშირწყალბადების (პროპანის, ბუთანის, პენტანის, ჰექსანის და სხვათა) ორთქლი.

სპირტის მოლეკულაში ნახშირბადის ატომების რიცხვის გაზრდით მათი ტოქსიკურობა იზრდება. თუმცა **ამ წესს აქვს გამონაკლისები**. მაგ. მეთილის სპირტი (ალიფატური სპირტების ჰომოლოგიური რიგის პირველი წევრი) წარმოადგენს მეთანის დაჟანგვის პროდუქტს, მაგრამ იგი ბევრად უფრო ტოქსიკურია ვიდრე ეთილის სპირტი, იგივე შეიძლება ითქვას ფორმალდეჰიდის ტოქსიკურობაზე, რომელიც მიიღება მეთილის სპირტისაგან. ფორმალდეჰიდი უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე აცეტალდეჰიდი.

თ ა ვ ი 5.
დეტოქსიკაციის მეთოდები

<u>დეტოქსიკაცია</u> – ეს არის შხამების გაუვნებელყოფის და ორგანიზმიდან მათი გამოყოფის დაჩქარების პროცესი. დეტოქსიკაციის მეთოდები ხელს უწყობენ კუჭის და ნაწლავების განთავისუფლებას სისხლში ჯერ კიდევ შეუწოველი შხამებისაგან, აგრეთვე სისხლის და ქსოვილების განთავისუფლებას მათში მყოფი ტოქსიკური ნივთიერებებისა და მათი მეტაბოლიტებისაგან.

ორგანიზმის განთავისუფლებას შხამებისაგან აწარმოებენ განსაზღვრული ბუნებრივი **<u>ფიზიოლოგიური პროცესების</u>** (ღებინების გამოწვევა, კუჭის ამორეცხვა, ნაწლავების გასუფთავება, ფორსირებული დიურეზი, ჰიპერვენტილაცია) გაძლიერებით, **<u>ხელოვნური დეტოქსიკაციით</u>** (ანტიდოტური ფარმაკოთერაპია, ჰემოდიალიზი, პერიტონიალური დიალიზი, სორბცია, დონორის სისხლის გადასხმა და სხვა).

ზემოთ მითითებული მეთოდებით შხამებისაგან ორგანიზმის განთავისუფლებას აწარმოებენ სპეციალისტი-ექიმები – ექიმი-ტოქსიკოლოგები, მაგრამ ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგმა უნდა იცოდეს ამ მეთოდების პრინციპები, რაც იმასთანაა დაკავშირებული, რომ ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგმა უნდა ჩაატაროს ნაღებინები მასის, შარდის, დიალიზატის და დეტოქსიკაციის პროცესში მიღებული სხვა სითხეების გამოკვლევა. ქვემოთ ჩვენ მოგვყავს დეტოქსიკაციის ძირითადი მეთოდების მოკლე დახასიათება.

§1. დეტოქსიკაციის მეთოდები ფიზიოლოგიური პროცესების გაძლიერებით

1.1. ღებინების გამოწვევა

კუჭში შხამის მოხვედრის შემდეგ შეიძლება განვითარდეს რეფლექტორული ღებინების თავისთავადი აქტი. ამასთან, შხამის ნაწილი გამოიყოფა კუჭიდან ნაღებინებ მასასთან ერთად. თუმცა შხამის კუჭში მოხვედრა ყოველთვის არ იწვევს ღებინებას. მისი გამოწვევა შეიძლება ხელოვნურად – ხორხის და ენის ფუძის გაღიზიანებით, ან ზოგიერთი სამკურნალო საშუალებებით (მაგ. აპომორფინით).

ძლიერი მჟავებით და მწავავე ტუტეებით მოწამვლისას შხამის მოცილება კუჭიდან ნაღებინებ მასასთან ერთად არ არის სასურველი. ღებინების დროს ამ ნივთიერებებმა შეიძლება გააძლიეროს საყლაპავის დაზიანების ხარისხი. გარდა ამისა, ძლიერი მჟავეები შეიძლება მოხვდეს სასუნთქ გზებში და გამოიწვიოს მათი დამწვრობა.

1.2. კუჭის ამორეცხვა

დეტოქსიკაციისათვის ფართოდ გამოიყენება კუჭის ამორეცხვა ზონდის საშუალებით. ქლორორგანული და ფოსფორორგანული შხამქიმიკატებით მოწამვლისას კუჭის ამორეცხვას აწარმოებენ რამდენჯერმე, ყოველ 3-4 საათში.

ნარკოტიკული საშუალებებით მოწამლული ავადმყოფები რამდენიმე დღეღამის განმავლობაში შეიძლება იყვნენ უგონო მდგომარეობაში. ასეთ ავადმყოფებს კუჭს ურეცხავენ ყოველ 4-6 საათში. ერთჯერადი ამორეცხვისას კუჭიდან გამოიყოფა შხამის ძირითადი ნაწილი, რომელთა შეწოვა არ მოხდა. ამის შემდეგ, უკუპერისტალტიკის შედეგად ნაწლავებიდან კუჭში შეიძლება გადავიდეს შხამის გარკვეული ნაწილი, რომლის მოსაცილებლად საჭიროა კუჭის განმეორებითი ამირეცხვა. კუჭს ურეცხავენ აგრეთვე იმ ავადმყოფებს, რომლებსაც ჰქონდათ ღებინება, მაგრამ არის ეჭვი, რომ ღებინება არ იყო საკმარისი კუჭის სრული დაცლისათვის. კუჭს ურეცხავენ აგრეთვე ძლიერი მჟავებით მოწამვლისას. ასეთ შემთხვევებში ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის ხსნარის გამოყენება კუჭის ამოსარეცხად არ შეიძლება. მჟავების და ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის ურთიერთმოქმედებისას დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ნახშირბადის (IV) ოქსიდის დიდი მოცულობა, რომელიც მნიშვნელოვნად აფართოვებს კუჭის კედლებს, რის შედეგადაც ძლიერდება ტკივილები კუჭის არეში და შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სისხლდენას. კუჭის ამორეცხვა უკუნაჩვენებია ისეთი შხამებით მოწამვლისას, რომლებიც იწვევენ კრუნჩხვებს (მაგ. სტრიქნინი და სხვა). ზონდის შეყვანა ასეთ ავადმყოფებს უძლიერებს კრუნჩხვების სიხშირეს და სიმძიმეს.

კუჭის ამორეცხვის შემდეგ დარჩენილი შხამის შეწოვის ხელის შესაშლელად ავადმყოფს უნიშნავენ გააქტივებული ნახშირის სუსპენზიას წყალში ან სხვა სორბენტებს, რომლებიც შთანთქავენ შხამებს და ხელს შეუშლიან მათ სისხლში შეწოვას.

ღებინების და კუჭის ამორეცხვის შემდეგ ავადმყოფს უნიშნავენ საფაღარათო საშუალებებს, რომლებიც ხელს უწყობენ ნაწლავის შიგთავსის გამოდევნას და მათ განთავისუფლებას შხამიანი ნივთიერებებისაგან. საფაღარათო საშუალებების დახმარებით, ნაწლავები თავისუფლდება არა მარტო მათში მყოფი შხამებისაგან, არამედ სისხლში უკვე შეწოვილი, შემდეგ კი ნაწლავის ლორწოს ან ნაღველთან ერთად, საკვებ არხში ისევ გამოყოფილი შხამებისგანაც. საფაღარათო საშუალებებად იყენებენ ვაზელინის ზეთის 100-150 მლ, რომელიც კარგად ხსნის ცხიმში ხსნად ზოგიერთ შხამს და სხვა საფაღარათო საშუალებებს.

1.3. ფორსირებული დიურეზი

ფორსირებული დიურეზი არის შარდის გზით ტოქსიკური ნივთიერების ორგანიზმიდან დაჩქარებული გამოყოფის ერთ-ერთი ხერხი. ფორსირებული დიურეზი სისხლში უკვე შეწოვილი შხამის გამოყოფის საშუალებას იძლევა. ეს მეთოდი მოწოდებული იქნა 1948 წლიდან საძილე საშუალებებით მწვავე მოწამვლების სამკურნალოდ.

ფორსირებული დიურეზის მეთოდის გამოყენების შემთხვევაში ავადმყოფის ვენაში შეჰყავთ 1.5-2 ლ სითხე (ნატრიუმის ქლორიდის იზოტონური, გლუკოზის 5%-იანი, ჰემოდეზის და სხვა ხსნარები). დიურეზის სტიმულირებისათვის ავადმყოფს უნიშნავენ შარდმდენ საშუალებებს. ისინი შეიძლება იყოს ე.წ. ოსმოსური დიურეტიკები (შარდოვანას ან მანიტის 15-20% ხსნარები). დიურეტიკის ვენაში შეყვანის შემდეგ, ვენაში შეჰყავთ დიურეზის სიჩქარის ტოლი სიჩქარით (500-800 მლ/საათში) ელექტროლიტთა ხსნარები, რომლებიც შეიცავენ კალიუმის და ნატრიუმის იონებს.

ზოგიერთი შხამის ორგანიზმიდან გამოყოფის სიჩქარე დამოკიდებულია შარდის pH-ზე. შარდის ტუტე რეაქციის გასაძლიერებლად, ავადმყოფის ვენაში შეჰყავთ ნატრიუმის ლაქტატი, ჰიდროკარბონატი ან ტრისამინი. შარდის pH-ზეა დამოკიდებული მასში მოხვედრილი სუსტი მჟავა ან სუსტი ფუძე ბუნების ნივთიერებების დისოციაცია. რაც უფრო კარგად დისოცირებს შხამიანი ნივთიერება, მით უფრო მეტი რაოდენობა გამოიყოფა შარდთან ერთად. ფორსირებული დიურეზი გამოიყენება იმ ნივთიერებებით მოწამვლისას, რომლებიც ადვილად გამოიყოფა თირკმლების საშუალებით. ეს მეთოდი ნაკლებეფექტურია იმ შემთხვევებში, როცა ტოქსიკური ნივთიერებები დაკავშირებულია ცილებთან მტკიცე კავშირებით, ან შხამი მიეკუთვნება ცხიმში ხსნად ნივთიერებებს.

1.4. ჰიპერვენტილაცია

ჰიპერვენტილაცია (ფორსირებული – დაჩქარებული სუნთქვა) – რიგ შემთხვევებში ეფექტური მეთოდია ზოგიერთი შხამის ორგანიზმისაგან გამოსაყოფად. ეს მეთოდი გამოიყენება მხოლოდ “აქროლადი” შხამებით მოწამვლისას, რომლებიც განსაზღვრული რაოდენობით გამოიყოფა ორგანიზმიდან ფილტვების საშუალებით ამონასუნთქ ჰაერთან ერთად. ჰიპერვენტილაციისათვის გამოყენებულია ხელოვნური სუნთქვის აპარატი.

ჰიპერვენტილაციის მეთოდი ნაჩვენებია სპირტებით, ბენზინით, აცეტონით, ქლოროფორმით, ტრიქლორეთილენით, საღებავების გამხსნელებით, ნახშირბადის (II) ოქსიდით და სხვა მოწამვლებისას. ამასთან, არსებობს ამ მეთოდის გამოყენების უკუჩვენებები.

§2. ხელოვნური დეტოქსიკაციის მეთოდები

2.1. ჰემოდიალიზი

ჰემოდიალიზი ორგანიზმიდან შხამების სწრაფი გამოყვანის ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდია. იგი ემყარება დიალიზის მოვლენებს, რომელსაც იყენებენ სისხლის გასათავისუფლებად ტოქსიკური ნივთიერებებისაგან. ჰემოდიალიზს აწარმოებენ აპარატის დახმარებით, რომელსაც "ხელოვნურ თირკმელს" უწოდებენ. ეს აპარატი აღჭურვილია ნახევრადგამტარი მემბრანით, რომელშიც ჰემოდიალიზის პროცესში სისხლიდან გადმოდის ტოქსიკური ნივთიერება.

ჰემოდიალიზს იყენებენ ისეთი ნივთიერებებით მოწამვლებისას, რომლებსაც აქვთ დაბალი მოლეკულური მასა და გადიან ნახევრადგამტარ მემბრანებში. ჰემოდიალიზის მეთოდს იყენებენ ორგანიზმიდან ბარბიტურატების, იზონიაზიდის, დიფენილჰიდანტოინის, ქლორდიაზეპოქსიდის, ეთილენგლიკოლის, მეთილის სპირტის, ოთხქლორნახშირბადის, ანილინის, ქინაქინის, ძმარმჟავას, ფენოთიაზინის წარმოებულების, ვერცხლისწყლის, დარიშხანის, კალიუმის, ტყვიის, ფტორიდების და სხვა ნივთიერებებით გამოწვეული მოწამვლების დროს.

ჰემოდიალიზი განსაკუთრებით ეფექტურია იმ შემთხვევებში, როცა მას იყენებენ მწვავე მოწამვლის ადრეულ სტადიაში (შხამის ორგანიზმში მოხვედრიდან პირველ 24 საათში), ამიტომ ორგანიზმის დეტოქსიკაციის ასეთ მეთოდს უწოდებენ "ადრეულ ჰემოდიალიზს".

2.2. პერიტონიალური დიალიზი

პერიტონიალური დიალიზი ანუ მუცლის ფაროვანი დიალიზი – დეტოქსიკაციის ერთ-ერთი ხერხია. იგი დამყარებულია მუცლის ღრუში სპეციალური ხსნარის შეყვანაზე, რომელშიც სისხლიდან დიალიზის გზით გადადიან ტოქსიკური ნივთიერებები. ამ დროს ნახევრადგამტარი მემბრანის როლს ასრულებს მუცლის ფარი – პერიტონიუმი, რომელსაც აქვს დიდი ზედაპირი (დაახლოებით 20000 სმ^2). მუცლის ფარის გავლით სისხლიდან ადვილად დიფუნდირდებიან ტოქსიკური ნივთიერებები მუცლის ღრუში შეყვანილ ხსნარში. სისხლიდან მუცლის ფარის გავლით ამ ხსნარში ტოქსიკური ნივთიერებების გადასვლა აიხსნება ამ ნივთიერებათა კონ-

ცენტრაციის სხვაობით მუცლის ფარის ორივე მხარეს. ცნობილია, რომ დიალიზის პროცესში ნივთიერება ნახევრადგამტარი მემბრანის გავლით მაღალი კონცენტრაციის არედან გადადის დაბალი კონცენტრაციის არეში. ვინაიდან მუცლის ღრუში შეყვანილი ხსნარი არ შეიცავს ტოქსიკურ ნივთიერებებს ე.ი. იქ მათი კონცენტრაცია დაბალია, სისხლიდან ნივთიერებები გადადიან ამ ხსნარში.

პერიტონიალური დიალიზის დროს მუცლის ღრუში შესაყვან ხსნარად იყენებენ კალიუმის, ნატრიუმის, მაგნიუმის ქლორიდების და გლუკოზის ნარევს გარკვეული თანაფარდობით. თუმცა, ორგანიზმიდან მოსაცილებელი ტოქსიკური ნივთიერებების ბუნების მიხედვით ამ ხსნარის შემადგენლობა შეიძლება შეიცვალოს. ბარბიტურატებით ან სხვა სუსტი მჟავა ხასიათის ნივთიერებებით მოწამვლისას ამ ხსნარის pH მიჰყავთ 7.5-8.4-მდე, ხოლო სუსტი ფუძე ხასიათის ნივთიერებებით მოწამვლისას pH=7.1-7.25-მდე. საჭირო pH-ის მისაღებად მუცლის ღრუში შესაყვან ხსნარებს უმატებენ ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის ხსნარს. რიგ შემთხვევებში მას უმატებენ ალბუმინს, რომელიც ბოჭავს ტოქსიკურ ნივთიერებებს და ხელს უწყობს მათ გადასვლას სისხლიდან მუცლის ღრუში. ხსნარი, რომელშიც დიალიზის შედეგად გადავიდა შხამიანი ნივთიერებები, მუცლის ღრუდან გამოაქვთ სპეციალური კათეტერის დახმარებით.

2.3. ჰემოსორბცია

ჰემოსორბცია (ჰემოპერფუზია) ორგანიზმის ხელოვნური დეტოქსიკაციის ერთ-ერთი ხერხია. ეს მეთოდი ემყარება სორბენტების მიერ სისხლში მყოფი შხამიანი ნივთიერებების შთანთქმას. ჰემოსორბციის დროს სორბენტებად ძირითადად გამოყენებულია გააქტივებული ნახშირი და იონმცვლელები (იონიტები). ჰემოსორბციას ატარებენ ხელსაწყოს (დეტოქსიკატორის) დახმარებით, რომელიც აღჭურვილია სისხლის გადასაქაჩი ტუმბოთი და კაფსულების (კალონკების) ნაკრებით, რომლებიც შეიცავენ აღნიშნულ სორბენტებს. ამ ხელსაწყოს სპეციალური მოწყობილობებით აერთებენ ადამიანის სისხლის მიმოქცევაში. სორბენტებში გამავალი სისხლი იწმინდება ტოქსიკური ნივთიერებებისაგან, რომლებსაც შთანთქავენ ეს სორბენტები.

ჰემოსორბციის დროს, სორბენტებად გააქტივებული ნახშირის და იონმცვლელების გამოყენებისას, რიგ შემთხვევებში ადგილი აქვს არასასურველ მოვლენებს (ტრომბოციტების რაოდენობის შემცირებას, არტერიულ წნევის დაწევას და ა.შ.). ამ არასასურველი მოვლენების თავიდან ასაცილებლად სორბენტების გრანულებს

ჰფარავენ ცილებით. ამ მიზნით რეკომენდებულია ალბუმინის გამოყენება. საზღვარგარეთის რიგი ფირმები ჰემოსორბციისათვის უშვებს გააქტივებული ნახშირის გრანულებს, რომლებიც დაფარული არიან აკრილის ჰიდროგელის თხელი აპკით.

ჰემოსორბცია გამოიყენება სისხლში არსებული შხამების ორგანიზმიდან გამოსაყოფად და არ გამოიყენება უჯრედში მყოფი შხამის გამოსაყოფად. რეკომენდებულია ბარბიტურატებით, სალიცილატებით, ფუტკარას (სათითურას) გლიკოზიდებით, ფენოთიაზინებით, შხამიანი სოკოებით და სხვა მოწამვლებისას.

2.4. დონორის სისხლის შეცვლითი გადასხმა

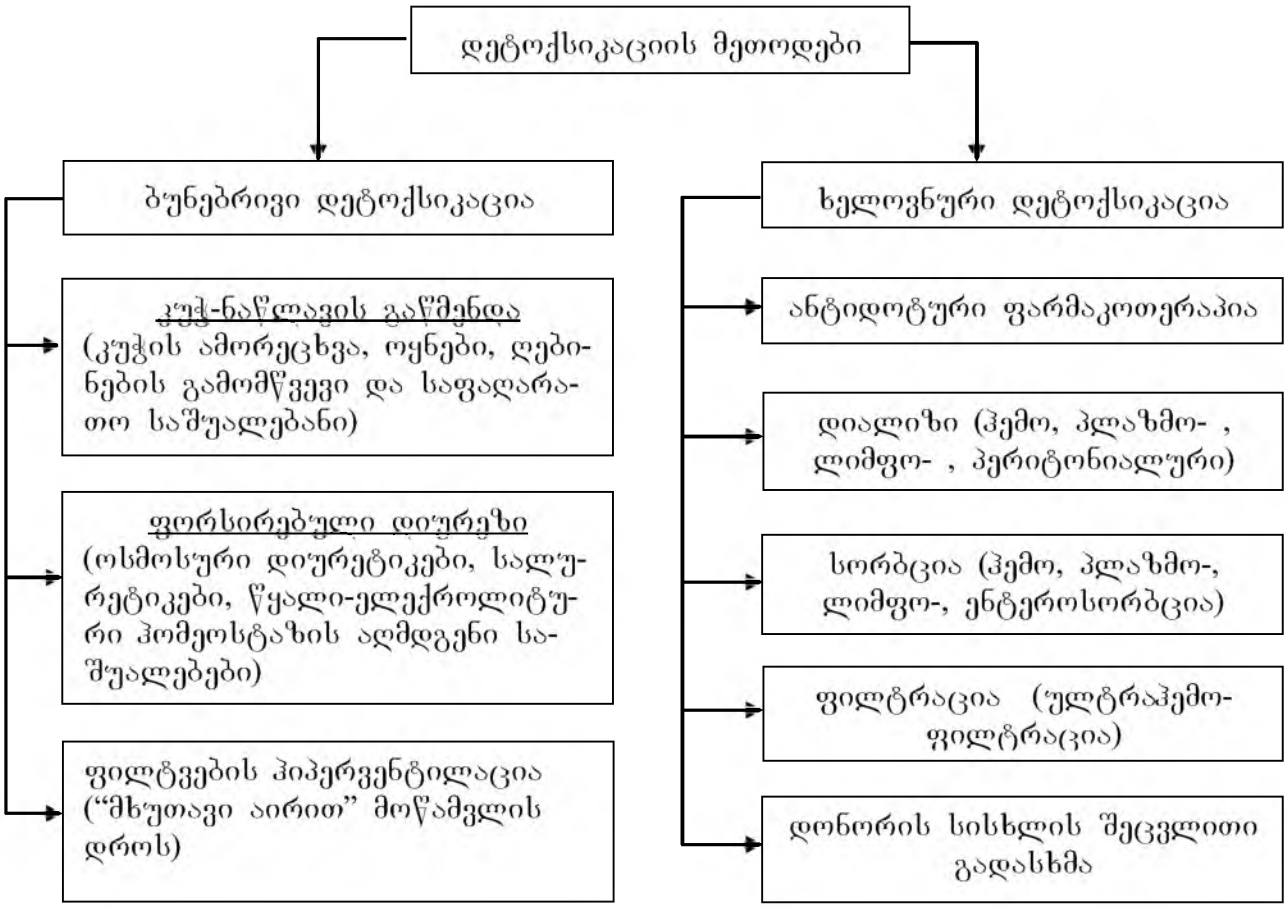
დონორის სისხლის შეცვლითი გადასხმა – ორგანიზმის დეტოქსიკაციის ეს მეთოდი დამყარებულია ავადმყოფის სისხლის გამოცვლაზე იმავე ჯგუფის მქონე დონორის სისხლით. დეტოქსიკაციის მიზნით გამოიყენება აგრეთვე ავადმყოფის სისხლის პლაზმის შეცვლა დონორის პლაზმით ან პლაზმის შემცვლელით.

2.5. ორგანიზმის დეტოქსიკაცია ანტიდოტებით (შხამსაწინააღმდეგო საშუალებებით)

ანტიდოტების დახმარებით ორგანიზმის დეტოქსიკაციას თავდაპირველად ახდენდნენ ძირითადად კუჭში მყოფი შხამების გასაუვნებლად. შემდეგში ანტიდოტების გამოყენება დაიწყეს სისხლში, პარენქიმულ ორგანოებსა და ა.შ. მყოფი ტოქსიკური ნივთიერებების ინაქტივაციისათვის (სქემა 5.1.).

ანტიდოტების გამოყენება დეტოქსიკაციის ეფექტური მეთოდია, მწვავე მოწამვლების მხოლოდ ადრეულ სტადიაში. ამ სტადიის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია ტოქსიკური ნივთიერების თვისებებზე. ნივთიერებების, რომელთა მეტაბოლიზმი სწრაფად მიმდინარეობს (ციანწყალბადმჟავა, მისი მარილები და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებები) მწვავე მოწამვლის სტადია არის ხანმოკლე. მძიმე ლითონებისათვის კი აღწევს 8-12 დღეს. მძიმე ლითონებით მოწამვლებისას ანტიდოტები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ინტოქსიკაციის უფრო გვიან სტადიებზეც. ისინი თანთანობით ბოჭავენ მძიმე ლითონების კათიონებს, რომლებიც ადრე მოხვდნენ ორგანიზმში და წარმოქმნეს კომპლექსები ფერმენტების და სხვა ცილოვანი ნაერთების სულფჰიდრილურ ჯგუფებთან.

სქემა 5.1. დეტოქსიკაციის მეთოდები



ზოგიერთი ანტიდოტი სპეციფიკურია განსაზღვრული შხამის მიმართ. ამიტომ, ანტიდოტების რაციონალური გამოყენებისათვის აუცილებელია ცოდნა თუ რომელი შხამითაა მოწამვლა გამოწვეული. ანტიდოტის არასწორი შერჩევისას და ორგანიზმში დიდი დოზით მისი შეყვანისას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს თვით ანტიდოტით მოწამვლას. ამიტომ, ორგანიზმში მყოფი შხამის ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევის მონაცემებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ანტიდოტის სწორი შერჩევისათვის.

ანტიდოტის სახით ხშირად იყენებენ გააქტივებულ ნახშირს, რომლის მოქმედება დამყარებულია კუჭში შხამების ადსორბციაზე, რაც ხელს უშლის მათ სისხლში შეწოვას.

ანტიდოტების დიდ ჯგუფს წარმოადგენენ ნივთიერებები, რომლებიც შხამებთან შედიან ქიმიურ ურთიერთმოქმედებაში. შედეგად ხდება შხამების ინაქტივაცია და ისინი გარდაიქმნება ორგანიზმიდან შარდით ან განავლით გამოსაყოფ უვნებელ ნივთიერებებად. ანტიდოტების სახით შეიძლება გამოყენებული იქნას რამდენიმე

ნივთიერების ნარევიც, რომლებიც ორგანიზმში შეყავთ განსაზღვრული თანმიმდევრობით ან ერთდროულად.

ყურადღებას იქცევენ მერკაპტონაერთების ჯგუფის ანტიდოტები – უნითიოლი, დიმერკაპტოქარვის მჟავა, პენიცილამინი და სხვები. განვიხილოთ თითოეული მათგანი.

უნითიოლი – (2,3-დიმერკაპტოპროპანსულფონატ ნატრიუმი) შეიცავს ლითონთა იონებთან მტკიცე ნაერთების წარმოქმნის უნარის მქონე ორ სულფჰიდრილურ ჯგუფს. მისი შეყვანა ორგანიზმში შეიძლება პარენტერალურად და პერორალურად. ეს ანტიდოტი გამოიყენება დარიშხანის ნაერთებით და მძიმე ლითონებით მოწამვლის დროს. ამ ნაერთების ტოქსიკური მოქმედება ორგანიზმზე აიხსნება მათი ურთიერთქმედებით ფერმენტების და სხვა ცილების სულფჰიდრილურ ჯგუფებთან. ლითონთა იონები ბლოკირებას უკეთებენ ორგანიზმისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობის მქონე ფერმენტების სულფჰიდრილურ ჯგუფებს, რის შედეგადაც ვითარდება მოწამვლა.

უნითიოლი ურთიერთქმედებს არა მარტო სისხლში არსებულ დარიშხანის ნაერთებთან და მძიმე ლითონების იონებთან, არამედ ორგანიზმის ფერმენტებთან და სხვა ცილოვან ნაერთებთან ურთიერთქმედებაში უკვე შესულ მათ ნაერთებთან. ამასთან, თავისუფლდებიან ლითონთა იონებთან დაკავშირებული ცილების სულფჰიდრილური ჯგუფები და ადგილი აქვს მათი ფუნქციების აღდგენას. უნითიოლის უნარი რეაქციაში შევიდეს ცილების სულფჰიდრილურ ჯგუფებთან დაკავშირებულ მძიმე ლითონების იონებთან აიხსნება იმით, რომ უნითიოლის კავშირი მძიმე ლითონთა იონებთან უფრო მტკიცეა, ვიდრე იმავე ლითონთა კავშირი ცილების სულფჰიდრილურ ჯგუფებთან. უნითიოლის ნაერთები მძიმე ლითონთა იონებთან ნაკლებტოქსიკურია, წყალში ხსნადია და ამიტომ ადვილად გამოიყოფა ორგანიზმიდან შარდთან ერთად.

დიმერკაპტოქარვის მჟავა (ე.წ. სუქციმერი) მოქმედებს უნითიოლის ანალოგიურად. იგი შეიცავს ორ სულფჰიდრილურ ჯგუფს და გამოიყენება ანტიდოტის სახით ტყვიის, ვერცხლისწყლის და სხვათა ნაერთებით მოწამვლების დროს.

პენიცილამინი (დიმეთილცისტეინი) ანტიდოტია, რომელიც აგრეთვე შეიცავს სულფჰიდრილურ ჯგუფს. გარდა ამისა, მის მოლეკულაში არის აზოტის ატომი და კარბოქსილის ჯგუფი. აღნიშნული ფუნქციონალური ჯგუფების და აზოტის არსებობა განაპირობებს იმას, რომ იგი ადვილად წარმოქმნის მტკიცე ნაერთებს რიგი ლითონების ატომებთან. გამოიყენება ვერცხლისწყლის და ტყვიის ნაერთებით მოწამვლებისას.

ცისტეინი – გოგირდშემცველი ამინომჟავაა, მის შემადგენლობაშიც შედის სულფჰიდრილური ჯგუფები. ცისტეინი წარმოადგენს ეფექტურ ანტიდოტს ალიფატური ნახშირწყალბადების ერთჩანაცვლებული ჰალოგენწარმოებულებით მოწამვლისას (ბრომმეთილი, იოდმეთილი, ქლორეთილი). ეს ნივთიერებები ცისტეინთან წარმოქმნიან კონიუგატებს, რომლის შემადგენლობაშიც გამოიყოფიან ორგანიზმიდან შარდთან ერთად. აღნიშნულ ჰალოგენწარმოებულებში ჰალოგენატომების ზრდასთან ერთად ცისტეინის ანტიდოტური აქტივობა მცირდება. დიჰალოგენწარმოებულებით მოწამვლებისას ეფექტურ ანტიდოტად გამოიყენება აცეტილცისტეინი.

ანტიდოტებად ფართოდ გამოიყენება ნივთიერებები, რომლებიც ლითონთა იონებთან წარმოქმნიან შიდაკომპლექსურ ნაერთებს (ქელატებს). ასეთი ანტიდოტის უჯრედში შესაღწევად და ორგანიზმიდან სწრაფად გამოსაყვანად, მისი მოლეკულა უნდა შეიცავდეს წყალბადის ატომების გარკვეულ რიცხვს, რომლებსაც იონიზაციის და წყალბადური ბმების წარმოქმნის უნარი აქვთ.

წყალბადის ასეთ ატომებს შეიცავენ ქელატწარმომქმნელი ანტიდოტების ზოგიერთი ფუნქციონალური ჯგუფები (–OH, –COOH, –SH, $–NH_2$). ამასთან, ლითონთა იონების ანტიდოტებთან შეკავშირების შემდეგ, მათში უნდა დარჩეს წყალბადის ერთი ატომი მაინც, რომელსაც იონიზაციის ან წყალბადური ბმის წარმოქმნის უნარი ექნება.

ზემოთ აღწერილ მოთხოვნებს პასუხობს კომპლექსონები, ორგანული ნივთიერებები, რომლებსაც აქვთ მოლეკულაში შემცველი N, S და/ან P ატომების, კარბოქსილური, ფოსფონური და სხვა ფუნქციონალური ჯგუფების კოორდინაციის ხარჯზე, მეტალთა იონებთან ქელატების წარმოქმნის უნარი. კომპლექსონებს, რომლებიც ანტიდოტების სახით გამოიყენება, მიეკუთვნება ეთილენდიამინტეტრაძმარმჟავას წარმოებული – ედტა. ზოგიერთი კომპლექსონი ლითონთა იონებთან წარმოქმნის მტკიცე ქელატებს, რომლებიც შედარებით სწრაფად გამოიყოფა ორგანიზმიდან. მათ მიეკუთვნება ტეტაცინ-კალციუმი (ეთილენდიამინტეტრაძმარმჟავის კალციუმდინატრიუმის მარილი) და პენტაცინი.

ტეტაცინ-კალციუმი კარგად იხსნება წყალში, ნატრიუმის ქლორიდის იზოტონურ ხსნარში და გლუკოზის ხსნარში. იგი ორგანიზმში შეჰყავთ ვენიდან (წვეთობით) ან ნიშნავენ ტაბლეტების სახით შიგნით მისაღებად.

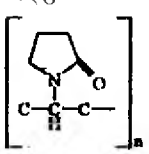
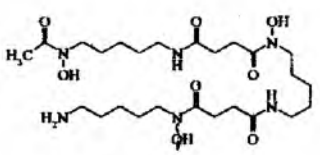
ცნობილია ისეთი ანტიდოტებიც, რომლებიც არ მიეკუთვნებიან არც მერკაპტონატრიუმს და არც ქელატწარმომქმნელ ნაერთებს. ანტიდოტების ცალკეულ ჯგუფს წარმოქმნიან ე.წ. ფიზიოლოგიური ანუ ფუნქციონალური ანტიდოტები.

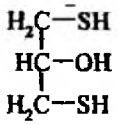
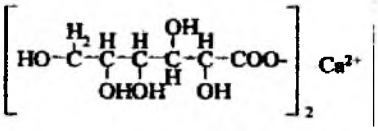
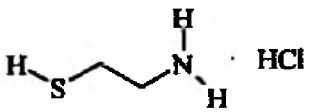
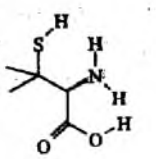
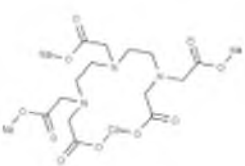
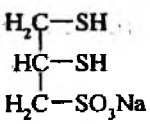
ციანწყალბადმჟავით და მისი მარილებით მოწამვლისას ანტიდოტად თანმიმდევრობით იყენებენ ნიტრატებს, ნატრიუმის თიოსულფატს და გლუკოზას.

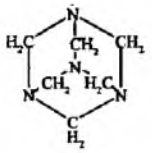
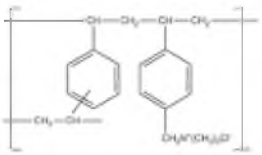
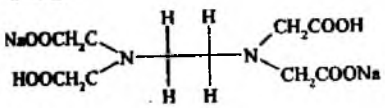
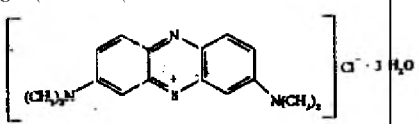
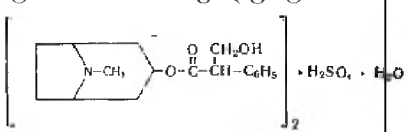
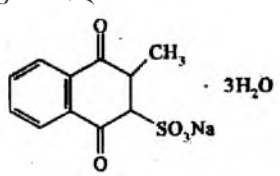
სოკოებით (რომლებიც შეიცავენ მუსკარინს), აცეტილქოლინით, პილოკარპინით, ფიზოსტიგმინით, პროზერინით, გალანტამინით, ფოსფორშემცველი ორგანული ნაერთებით (პესტიციდებით) მოწამვლებისას ანტიდოტებად იყენებენ ატროპინს და სხვა ქოლინბლოკატორებს. იმავე მოწამვლებისას ნაკლებ მოქმედებას ახდენენ სკოპოლამინი, პლატიფილინი, ტროპაცინი და სხვა.

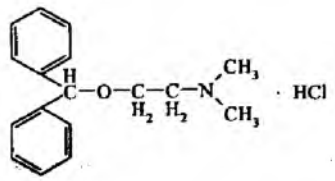
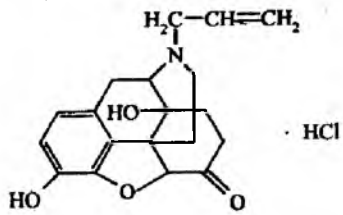
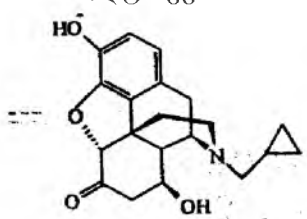
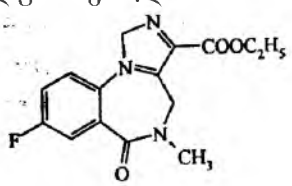
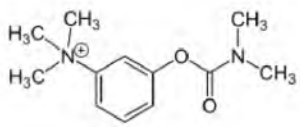
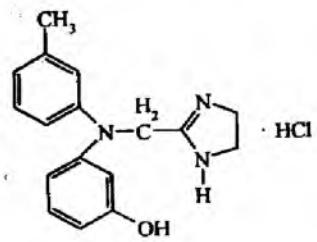
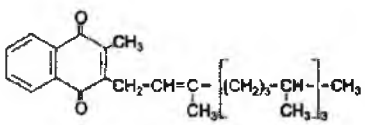
ბემეგრიდი გამოიყენება საძილე პრეპარატებით (მაგ. ბარბიტურატებით) მწვავე მოწამვლებისას. მორფინით, პრომედოლით და სხვა ოპიატებით მოწამვლისას ანტიდოტის სახით გამოიყენება ნალოფრინის ჰიდროქლორიდი (ნარკანი, ნალოქსანი), მანგანუმის ნაერთებით მოწამვლისას ანტიდოტათ იყენებენ *L*-დოფას (ცხრილი 5.2.).

ცხრილი 5.2. ანტიდოტები და მათი მოქმედების მექანიზმები

ანტიდოტი	კლასი	დ ა ხ ა ს ი ა თ ე ბ ა
1	2	3
გააქტივებული ნახშირი	არასპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	**ადსორბენტი**, რომელიც შთანთქავს აირებს, ტოქსინებს, ამცირებს შხამის შეწოვას და ხელს უწყობს მათ გამოყვანას ორგანიზმიდან
ჰიდროლიზური ლიგნინი	არასპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	შთანთქმის მაღალი უნარის მქონე **ადსორბენტი** (შთანთქავს ალკალოიდებს, მძიმე ლითონების მარილებს, ალკოჰოლს და სხვა შხამებს
ნეოჰემოდეზი 	არასპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	**ადსორბენტი**, რომელიც შთანთქავს ქსენობიოტიკებს და ბაქტერიულ ტოქსინებს, სისხლის ჰემოლიზის პროდუქტებს, ბარბიტურატებს და სხვა. აჩქარებს მათ გამოდევნას ორგანიზმიდან.
ამონიუმის ჰიდროქლორიდი – **NH_4Cl** (3%-იანი ხსნარი)	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	ფორმალდეჰიდთან წარმოქმნის არატოქსიკურ ან დაბალტოქსიკურ ნაერთებს
დეფეროქსამინი 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	კომპლექსწარმომქმნელი საშუალება რკინით გამოწვეული მწვავე და ქრონიკული ინტოქსიკაციების, მათ რიცხვში ჰემოტრანსფუზიის დროს; არ ურთიერთქმედებს ციტოქრომის, ჰემოგლობინის და მიოგლობინის რკინასთან

1	2	3
დითიოგლიცეროლი 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	ბოჭავს დარიშხანის, სტიბიუმის, ოქროს, სპილენძის, ნიკელის და ვერცხლისწყლის იონებს, მაგრამ არ გამოიყენება თუთიის, რკინის, სელენის და ტელურის ნაერთებით მოწამვლების, აგრეთვე ღვიძლის ფუნქციის დარღვევისას და ჰიპერტონიის დროს.
კალციუმოს გლუკონატი 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	წარმოქმნის არატოქსიკურ ან დაბალტოქსიკურ ნაერთებს სტრონციუმთან, რადიუმთან, ფტორიდ-იონებთან
მერკაპტამინი 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	კომპლექსწარმომქმნელი საშუალება, თიოლური ანტიდოტი, რომელიც გამოიყენება მძიმე ლითონებით მოწამვლების დროს.
ნატრიუმის სულფატი	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	წარმოქმნის არატოქსიკურ ან დაბალტოქსიკურ ნაერთებს ბარიუმის იონებთან.
ნატრიუმის თიოსულფატი	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	წარმოქმნის არატოქსიკურ ან დაბალტოქსიკურ ნაერთებს დარიშხანის, სტიბიუმის, ტყვიის, ვერცხლისწყლის, თალიუმის, ბისმუტის იონებთან და ციანიდებთან.
ნატრიუმის ქლორიდი	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	წარმოქმნის არატოქსიკურ ან დაბალტოქსიკურ ნაერთებს ბრომიდებთან, ვერცხლის ნიტრატთან და სხვა.
პენიცილამინი 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	კომპლექსწარმომქნელი და დეზინტოქსიკაციური საშუალება მძიმე ლითონების (ტყვიის, ოქროს, კობალტის, სპილენძის, ვერცხლისწყლის) ნაერთებით მოწამვლების დროს.
პენტაცინი 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	ანტიდოტი – კომპლექსონი ტყვიის, პლუტონიუმის, ცეზიუმის, თუთიის, ცირკონიუმის, იტრიუმის ნაერთებით მოწამვლების დროს.
უნითიოლი 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	თიოლური ჯგუფებით მტკიცედ იკავშირებს მძიმე ლითონების და დარიშხანის (III) იონებს წყალში ხსნადი პროდუქტების წარმოქმნით.

1	2	3
ურიროპინი (მეთენამინი) 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	გამოიყენება ფოსგენით მოწამვლის დროს.
ქოლესტირამინი 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	გამოიყენება დიგიტოქსინით და სათითურას (ფუტკარას) სხვა პრეპარატებით მოწამვლის დროს.
ედტა 	სპეციფიკური ქიმიური ანტიდოტი	კომპლექსწარმომქნელი და დეზინტოქსიკაციური საშუალება მძიმე ლითონების (ტყვიის, სპილენძის, მანგანუმის, ურანის) ნაერთებით მოწამვლების დროს.
A, B, C, E ტიპის ბოტულინის საწინააღმდეგო შრატი	იმუნო-ანტიდოტი	*Clostridium botulinum*-ის ტოქსინების ანტიდოტი.
ეთანოლი – C_2H_5OH	ბიოქიმიური ანტიდოტი	ანტიდოტი მეთილის სპირტით, ეთილენგლიკოლით, ანტიფრიზით მოწამვლის დროს.
მეთილთიონინის ქლორიდი 	ბიოქიმიური ანტიდოტი	დაბალ კონცენტრაციებში ხელს უწყობს მეტჰემოგლობინის ჰემოგლობინად აღდგენას (წარმოადგენს პროტონების აქცეპტორს ჟანგვა – აღდგენით რეაქციებში) ციანიდებით, ნახშირბადის მონოოქსიდით (CO), გოგირდწყალბადით, ნიტრატებით, ანილინით მოწამვლებისას.
ატროპინის სულფატი 	ბიოქიმიურ/ფარმაკოლოგიური ანტიდოტი	გამოიყენება ფოსფორორგანული ინსექტიციდებით (კარბოფოსით, ქლოროფორსით, მეტაფოსით და სხვები), საგულე გლიკოზიდებით, კლოფელინით, პილოკარპინით მოწამვლებისას.
ვიკასოლი 	ბიოქიმიურ/ფარმაკოლოგიური ანტიდოტი	ნეოდიკუმარინის, ფენილინის და არაპირდაპირი მოქმედების სხვა ანტიკოაგულიანტების ანტიდოტი.

1	2	3
დიმედროლი 	ბიოქიმი-ურ/ფარმაკო-ლოგიური ანტიდოტი	ჰისტამინის ანტიდოტი.
ნალოქსონი 	ბიოქიმი-ურ/ფარმაკო-ლოგიური ანტიდოტი	ოპიატური რეცეპტორების ბლოკატორი, ასუსტებს ოპიოიდური აგონისტების ეფექტებს.
ნალტრექსონი 	ბიოქიმი-ურ/ფარმაკო-ლოგიური ანტიდოტი	ოპიატური რეცეპტორების ბლოკატორი ასუსტებს ოპიოიდური აგონისტების ეფექტებს.
ფლუმაზენილი 	ბიოქიმი-ური/ფარ-მაკოლოგიურ ი ანტიდოტი	კონკურენტულად ახდენს ბენზოდიაზე-პინური რეცეპტორების ბლოკირებას.
პროზერინი 	ბიოქიმი-ურ/ფარმაკო-ლოგიური ანტიდოტი	დიპლაცინის და დეპოლარიზაციის არგამომწვევი სხვა მიორელაქსანტების (ტუბოკურარინის ქლორიდის, არდუა-ნის და სხვების) ანტიდოტი
ფენტოლამინი 	ბიოქიმი-ურ/ფარმაკო-ლოგიური ანტიდოტი	ადრენალინის ანტიდოტი.
ფიტომენადიონი 	ბიოქიმი-ურ/ფარმაკო-ლოგიური ანტიდოტი	ნეოდიკუმარინის, ფენილინის და სხვა არაპირდაპირი მოქმედების ანტიკო-აგულიატების ანტიდოტი.

თავი 6.

უცხო ნაერთების მეტაბოლური გარდაქმნები ორგანიზმში და მათი ცვლილებები გვამის ხრწნის პროცესში

§1. უცხო ნაერთების მეტაბოლიზმი

საჭმელთან ერთად ორგანიზმში მოხვედრილი ნივთიერებები, აგრეთვე სამკურნალო და სხვა ნაერთები, ფერმენტების გავლენით განიცდიან სხვადასხვა გარდაქმნას. ორგანიზმში მოხვედრილი ნივთიერებების გარდაქმნის პროცესს მეტაბოლიზმს ანუ ბიოტრანსფორმაციას უწოდებენ, ხოლო ნივთიერებებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან ამ გარდაქმნების შედეგად – მეტაბოლიტებს.

ცილები, ცხიმები, ნახშირწყლები, ვიტამინები, ჰორმონები და ზოგი სხვა ნაერთები ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი ნივთიერებებია. ისინი წარმოადგენენ ენერგიის წყაროს ან არიან უჯრედების, ქსოვილების და ა.შ. ასაშენებელი სტრუქტურული ელემენტები. სხვადასხვა სპეციფიკური ფერმენტების დახმარებით ეს ნივთიერებები განიცდიან მეტაბოლიზმს და ამით უზრუნველყოფენ ქსოვილების და ორგანიზმის ცხოველმყოფელობას.

ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი ამ ნაერთების გარდა, მასში შეიძლება მოხვდეს სამკურნალო საშუალებები, კვებითი დანამატები, მცენარეთა დაცვის ქიმიური ნაერთები, საყოფაცხოვრებო ქიმიის და მრავალი სხვა – ორგანიზმისათვის უცხო ნივთიერებები. ისინი ვერ უზრუნველყოფენ ორგანიზმისათვის აუცილებელ ცხოველმოქმედების ყველა ფორმას ენერგიით და არ გარდაიქმნებიან უჯრედის და ქსოვილების კომპონენტებად. განსაზღვრულ პირობებში ამ ნივთიერებებს შეუძლიათ დაარღვიონ ცილების, ცხიმების და ორგანიზმისათვის დამახასიათებელი სხვა ნაერთების მეტაბოლიზმის ნორმალური პროცესები, გამოიწვიონ მოწამვლა და სიკვდილიც კი, ასეთ ნივთიერებებს უცხო ნივთიერებებს ანუ ქსენობიოტიკებს უწოდებენ. ქვემოთ ჩვენ შევრჩერდებით მხოლოდ ქსენობიოტიკების მეტაბოლიზმზე.

მეტაბოლიტების დიდი უმრავლესობა ნაკლებ ტოქსიკურია, ვიდრე ქსენობიოტიკები, რომლისგანაც ისინი წარმოიშვნენ. მეტაბოლიტები ადვილად გამოიყოფა ორგანიზმიდან, ამიტომ, სამკურნალო საშუალებების და განსაკუთრებით შხამების მეტაბოლიზმში დეტოქსიკაციის ერთ-ერთ გზად არის მიჩნეული. ამასთან დაკავშირებით ქსენობიოტიკების მეტაბოლიზმის შესწავლა ფარმაკოლოგების, ტოქსიკოლოგების, კლინიცისტების და მეცნიერების სხვა დარგების სპეციალისტების დიდ ინტერესს იწვევს.

ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგების ინტერესი შხამიანი ნივთიერებების მეტაბოლიზმისადმი სხვადასხვა მიზეზით აიხსნება. ზოგიერთი სამკურნალო ნივთიერება და

შხამი ორგანიზმში სწრაფად განიცდის მეტაბოლიზმს და მათი აღმოჩენა შეიძლება მხოლოდ მეტაბოლიტების სახით.

მეტაბოლიტების უმრავლესობის ფიზიკური და ქიმიური თვისებები განსხვავდებიან იმ უცხო ნაერთების – ქსენობიოტიკების თვისებებისაგან, რომლისგანაც ისინი წარმოიშვნენ. ამიტომ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში გამოყენებული ბიოლოგიური მასალიდან უცხო ნაერთების გამოყოფის მეთოდები ხშირ შემთხვევებში არ გამოდგება მათი მეტაბოლიტების გამოსაყოფად. იმის გამო, რომ ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგებს ხელთ არა აქვთ ბიოლოგიური მასალიდან შხამების მეტაბოლიტების გამოყოფის მეთოდები, ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტების ანალიზის მსვლელობაში მათ შეიძლება ნაწილობრავ ან მთლიანად დაკარგონ მეტაბოლიტები. ამის გამო, ქიმიკოს-ექსპერტების დასკვნა შესაბამის ორგანოებში ან ბიოლოგიურ სითხეებში შხამების არსებობაზე და რაოდენობაზე შეიძლება არ ასახავდეს ჭეშმარიტ მდგომარეობას.

მოწამვლის გამომწვევი შხამების რაოდენობაზე სრული წარმოდგენის შესაქმნელად, ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის დროს, აუცილებელია მოხდეს იდენტიფიკაცია და რაოდენობითი განსაზღვრა როგორც შხამიანი ნივთიერებებისა, ასევე მათი მეტაბოლიტების. სამწუხაროდ, მრავალი მეტაბოლიტის აღმოჩენის და რაოდენობითი განსაზღვრის მეთოდები ან საერთოდ არ არის შემუშავებული, ან შემუშავებულია არასრულყოფილად.

თანამედროვე ანალიზის მეთოდების განვითარებასთან ერთად მნიშვნელოვანი წარმატებები არის მიღწეულია სამკურნალო ნივთიერებების და შხამების მეტაბოლიზმის შესწავლის სფეროში, თუმცა რიგი ნივთიერებების მეტაბოლიზმი ან არ არის შესწავლილი საერთოდ, ან შესწავლილია არასაკმარისად. ცალკეული შხამების მეტაბოლიზმზე ხშირად ლიტერატურაში ურთიერთსაწინააღმდეგო მონაცემებია მოყვანილი და მკვლევარების შემდგომი კვლევის საგანს წარმოადგენს.

მეტაბოლიტების შესწავლისას ძირითადი სიძნელე მდგომარეობს იმაში, რომ ისინი ბიოლოგიურ მასალაში მცირე რაოდენობითაა და მათი ანალიზისათვის საჭიროა სპეციალური მეთოდები. ამიტომ, ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტებისაგან, რომლებიც შეიცავენ სხვადასხვა შემადგენლობის და თვისებების ნივთიერებებს (ცილებს, მათი დაშლის პროდუქტებს და სხვა) ძნელია მეტაბოლიტების რაოდენობრივი გამოყოფა. ბიოლოგიური მასალიდან მეტაბოლიტების გამოსაყოფად აუცილებელია გამოყენებულ იქნეს მეთოდები, რომლებიც დაკავშირებული არიან

რთული, ზოგჯერ კი შრომატევადი ოპერაციების ჩატარებასთან, რომელთა შესრულების დროს იკარგება ამ ნივთიერებების განსაზღვრული რაოდენობა.

ბიოლოგიური მასალიდან გამოყოფილი მეტაბოლიტების გამოკვლევა ხდება შესაბამისი რეაქციების და მეთოდების დახმარებით. ამ გამოკვლევების შედეგები უნდა შედარდეს წინასწარ ცნობილი ნივთიერებების გამოკვლევის შედეგებთან. ასეთი ნივთიერებები ხშირ შემთხვევაში ქიმიურ ლაბორატორიებში არ მოიპოვება. მათ ღებულობენ სინთეზის გზით. მეტაბოლიტების სინთეზი, როგორც წესი, არ არის ადვილი საქმე. ამიტომ, მეტაბოლიტების გამოკვლევის საკითხებს ზოგჯერ წყვეტენ ქიმიკოს-ანალიტიკოსები და ქიმიკოს-სინთეტიკოსები ერთად.

სიძნელეების მიუხედავად, თანამედროვე ანალიზის მეთოდები და აპარატურა საშუალებას იძლევა დავადგინოთ მრავალი მეტაბოლიტის შემადგენლობა, აღნაგობა და გამოვიყვანოთ ბიოტრანსფორმაციის პროცესების ზოგიერთი ზოგადი კანონზომიერებანი.

უცხო ნივთიერებების (სამკურნალო საშუალებების, შხამების და სხვების) მეტაბოლიზმი ადამიანთა და ცხოველთა ორგანიზმში მიმდინარეობს ფერმენტული სისტემების გავლენით. შხამების დიდი ნაწილი მეტაბოლიზმს განიცდის ღვიძლში, რომელშიც ლოკალიზებულია ფერმენტების მნიშვნელოვანი რაოდენობა. ეს ფერმენტები არის ღვიძლის უჯრედების მიტოქონდრიებში, მიკროსომებში, ლიზოსომებში. ღვიძლში წარმოქმნილი მეტაბოლიტები გადადის ნაღველში, შემდეგ ნაწლავებში და გამოიყოფა განავალთან ერთად ან გადადის თირკმელში და გამოიყოფა შარდთან ერთად. უცხო ნაერთების მეტაბოლიზმი ნაწილობრივ მიმდინარეობს თირკმელებში, ფილტვებში, საჭმლის მომნელებელ არხში, კანში და სხვა.

ორგანიზმისათვის დამახასიათებელია სხვადასხვა ფერმენტებით უცხო ნაერთების მეტაბოლიზმი. ისინი ახდენენ ქიმიური ბუნებით მსგავსი ნაერთების გარდაქმნას – კატალიზებას. ამასთან, ზოგიერთი ფერმენტი, რომელიც საჭიროა უცხო ნივთიერებების გარდასაქმნელად, ორგანიზმში არ არის, მაგრამ წარმოიშვება მეტაბოლიზმის პროცესში. ასეთ შემთხვევებში უცხო ნაერთები იწვევენ იმ ფერმენტების წარმოშობის ინდუცირებას, რომლებიც ახდენენ მათი მეტაბოლიზმის კატალიზებას. ასეთ ფერმენტებს <u>ინდუცირებულ ფერმენტებს</u> უწოდებენ.

მეტაბოლიზმის პროცესში ფერმენტების მოქმედებით უცხო ნაერთები განიცდიან რიგ გარდაქმნებს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მეტაბოლიტები. მეტაბოლიტების მოლეკულებში არსებობს განსაზღვრული ფუნქციონალური ჯგუფები, რომლებზეცაა დამოკიდებული ამ ნივთიერებების პოლარობა და ხსნადობა. როგორც

წესი, მეტაბოლიტები უფრო პოლარულები არიან, ვიდრე უცხო ნაერთები, რომლისგანაც ისინი წარმოიშვნენ. მეტაბოლიტების პოლარობის ზრდასთან ერთად იზრდება მათი წყალში ხსნადობა. ეს გარემოება განაპირობებს მეტაბოლიტების ორგანიზმიდან თირკმლების გავლით შარდით გამოყოფის შესაძლებლობის გაზრდას.

მცირე გამონაკლისების გარდა, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მეტაბოლიტები ნაკლებად ტოქსიკურები არიან, ვიდრე მათი წარმომშობი უცხო ნივთიერებები. (სქემა 6.1) ამრიგად, მეტაბოლიზმი ორგანიზმში უცხო ნაერთების დეტოქსიკაციის (დეზაქტივაციის) ერთ-ერთი გზაა. თუმცა რიგ შემთხვევებში მეტაბოლიტები შეიძლება უფრო ტოქსიკურები იყვნენ, ვიდრე მათი წარმომშობი უცხო ნაერთები. ცნობილია, რომ ჰექსამეთილენტეტრამინს არ ახასიათებს ანტიბაქტერიული აქტივობა, მაშინ როდესაც მისი მეტაბოლიტი – ფორმალდეჰიდი ამჟღავნებს აღნიშნულ აქტივობას და არის ტოქსიკური. მეთილის სპირტი ბევრად უფრო ნაკლებტოქსიკურია, ვიდრე მეტაბოლიტი – ფორმალდეჰიდი. თუმცა კოდეინის მეტაბოლიზმის დროს წარმოიქმნება უფრო ტოქსიკური მორფინი. ქლორალჰიდრატი საძილე მოქმედებას ამჟღავნებს თავის მეტაბოლიტად – ბევრად უფრო ტოქსიკურ ტრიქლორეთანოლად გარდაქმნის შემდეგ. ფენაცეტინის მეტაბოლიტი – პარაცეტამოლი უფრო ძლიერ ფარმაკოლოგიურ ზემოქმედებას ახდენს ორგანისმზე, ვიდრე ფენაცეტინი. ასეთი მაგალითების მოყვანა მრავლად შეიძლება.

საწყის ნივთიერებებზე უფრო ტოქსიკურები არიან ე.წ. ლეტალური სინთეზის პროდუქტები. ლეტალური სინთეზის დროს უფრო მარტივი ქსენობიოტიკებისაგან ორგანიზმში წარმოიქმნება უფრო რთული და უფრო ტოქსიკური ნივთიერებები. მაგალითად, არატოქსიკური ფტორძმარმჟავა $F\text{-}CH_2\text{-}COOH$ ორგანიზმში სინთეზური გარდაქმნის შედეგად წარმოქმნის ტოქსიკურ ფტორლიმონმჟავას

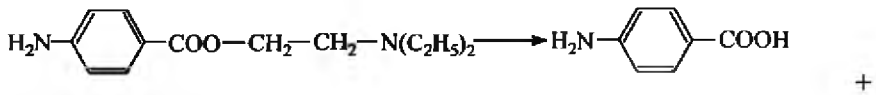
$$\mathbf{HOOC - \underset{\underset{F}{|}}{CH} - \underset{\underset{COOH}{|}}{COH} - CH_2 - COOH}.$$

უცხო ნაერთების მეტაბოლიზმზე გავლენას ახდენენ სხვადასხვა ფაქტორები. ერთი და იგივე უცხო ნაერთის მეტაბოლიზმი შეიძლება ადამიანის ორგანიზმში ცხოველის ორგანიზმისაგან განსხვავებულად მიმდინარეობდეს. მეტაბოლიზმი ასევე დამოკიდებულია ასაკზე, სქესზე, საკვებზე, სხვადასხვა დაავადებაზე, სტრესულ მდგომარეობაზე, ორგანიზმში სხვა უცხო ნაერთების არსებობაზე და ზოგიერთ სხვა ფაქტორზე.

სქემა 6.1. ტოქსიკური ნივთიერებების მეტაბოლიზმის პროცესების კლასიფიკაცია

კლასიფიკაცია მეტაბოლიტების ფარმაკოლოგიური თვისებების მიხედვით

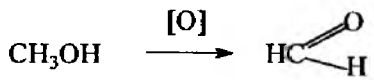
ნატიურ ნაერთებზე ნაკლებად ტოქსიკური მეტაბოლიტების წარმოქმნა



ნოვოკაინი — პარა-ამინობენზოის მჟავა +

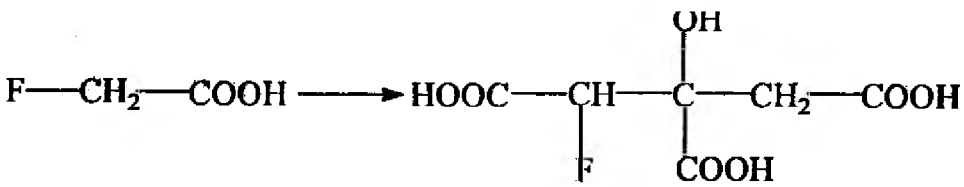
+HO - CH_2 - CH_2 -$N(C_2H_5)_2$
დიეთილამინოეთანოლი

ნატიურ ნივთიერებებზე უფრო ტოქსიკური მეტაბოლიტების წარმოქმნა



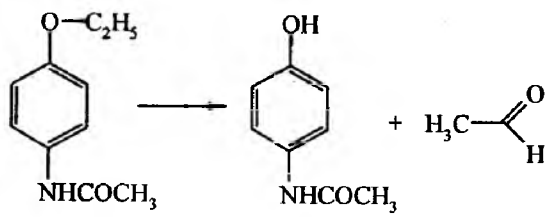
მეთანოლი — ფორმალდეჰიდი

უცხო ნაერთებისაგან უფრო რთული ნივთიერებების წარმოქმნა, რომლებსაც ახასიათებთ ტოქსიკური მოქმედება – "ლეტალური სინთეზი".



ფტორძმარმჟავა (არ არის ტოქსიკური) — ფტორლიმონმჟავა (შხამია)

მეტაბოლიტების წარმოქმნა, რომლებიც ფარმაკოლოგიური თვალსაზრისით უფრო აქტიურები არიან ვიდრე ნატიური ნაერთები



ფენაცეტინი — პარაცეტამოლი — ძმრის ალდეჰიდი

კლასიფიკაცია მეტაბოლური პროცესების მიმართულების და შედეგების მიხედვით

ანაბოლიზმი – მეტაბოლიზმის შედეგად უფრო რთული მოლეკულების წარმოქმნა, რაზედაც იხარჯება ენერგია

კატაბოლიზმი – საწყისი ნივთიერების მოლეკულების დაშლა ცალკეულ ნაწილებად – ორგანიზმის დეტოქსიკაცია

კლასიფიკაცია ქიმიური პროცესების ტიპის მიხედვით, რომლებიც საფუძვლად უდევს მეტაბოლიზმს

მეტაბოლიზმის I ფაზა – სამკურნალო საშუალებების მოლეკულების სპეციფიკური ცვლილებები ახალი ფუნქციონალური ჯგუფების წარმოქმნით, რომლებიც აძლიერებენ მეტაბოლიტების კავშირს წყალთან (ჰიდროფილურობას)

მეტაბოლიზმის II ფაზა – ენდოგენური ნაერთების უფრო პოლარული და წყალში კარგად ხსნადი კონიუგატების წარმოქმნა (ბიოსინთეზი), რომლებიც არიან ნაკლებ ტოქსიკურები და უფრო კარგად გამოიყოფიან შარდთან ერთად, ვიდრე სხვა მეტაბოლიტები

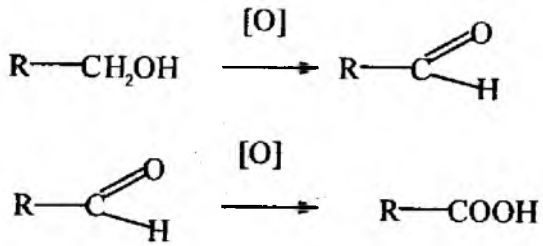
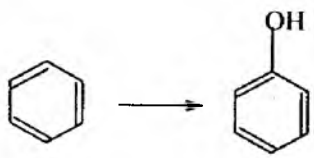
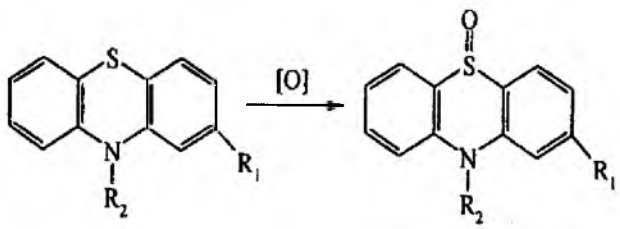
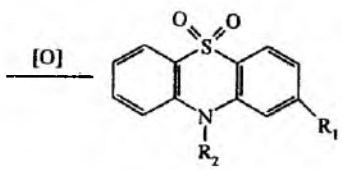
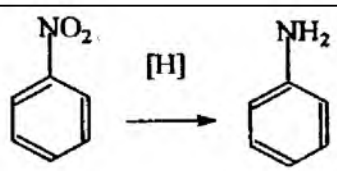
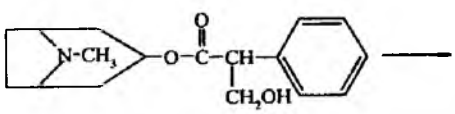
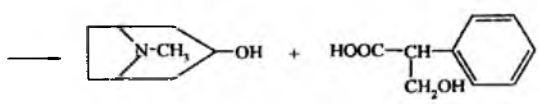
უცხო ნაერთების მეტაბოლიზმი მიმდინარეობს ორ ფაზად. პირველ ფაზაში ფერმენტული სისტემების მოქმედებით უცხო ნაერთები გარდაიქმნებიან მეტაბოლიტებად. მეორე ფაზაში მეტაბოლიტები და ზოგიერთი უცხო ნაერთები ორგანიზმში არსებულ განსაზღვრულ ნივთიერებებთან წარმოქმნიან კონიუგატებს.

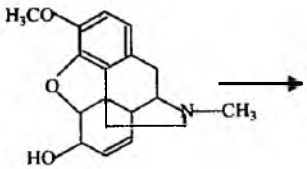
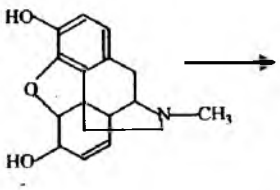
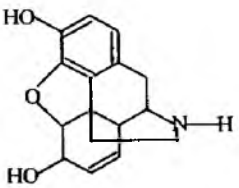
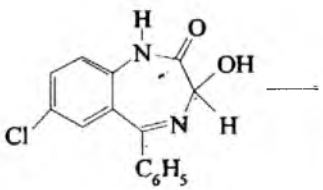
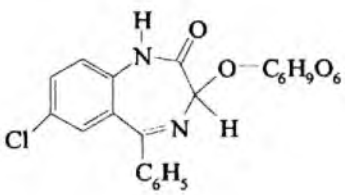
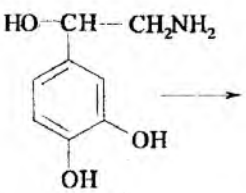
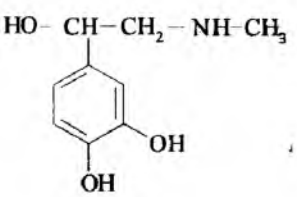
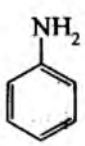
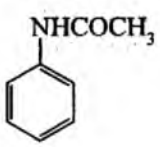
მეტაბოლიზმის პირველ ფაზაში ფერმენტული სისტემების გავლენით უცხო ნაერთები განიცდიან დაჟანგვას, აღდგენას, ჰიდროლიზს, დეზამინირებას, დეზალკილირებას, დესულფირებას და სხვა გარდაქმნებს.

§2. უცხო ნაერთების დაჟანგვა

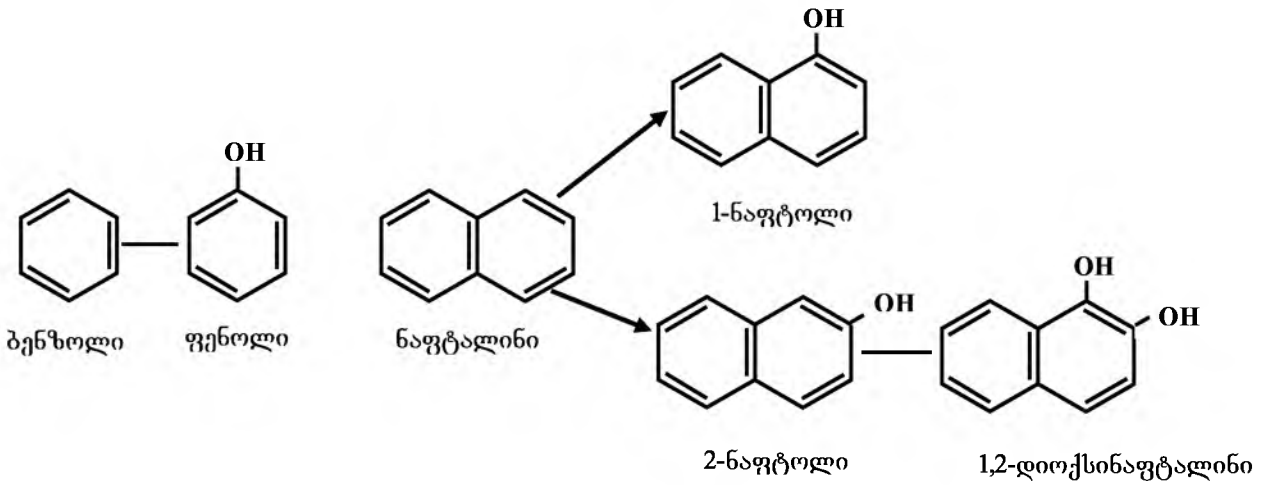
ფერმენტების მოქმედებით მრავალი უცხო ნივთიერების დაჟანგვისას წარმოიქმნება მეტაბოლიტები, რომლებიც შეიცავენ ჰიდროქსილის (სპირტულ, ფენოლურ) ჯგუფებს. ამიტომ, დაჟანგვის ასეთ რეაქციებს ჰიდროქსილირების რეაქციებს უწოდებენ. აზოტის და გოგირდის შემცველი ზოგი უცხო ნივთიერების დაჟანგვისას წარმოიქმნება ოქსიდები და სხვა ნაერთები (იხ. ცხრილი 6.1).

ცხრილი 6.1. მეტაბოლიზმის ფაზები და ბიოლოგიური მექანიზმები

მეტაბოლიზმის ფაზა	ბიოქიმიური მექანიზმი	მ ა გ ა ლ ი თ ე ბ ი
1	2	3
I ფაზა	დაჟანგვა	 სპირტების დაჟანგვა ალდეჰიდებამდე და მჟავებამდე
	ჰიდროქსილირება	 ბენზოლი ფენოლი
	დაჟანგვა N და S -ით	 სულფოქსიდი  სულფონი
	აღდგენა	 ნიტრობენზოლი ანილინი
	ჰიდროლიზი	 ატროპინი  სპირტი ტროპინი ტროპის მჟავა

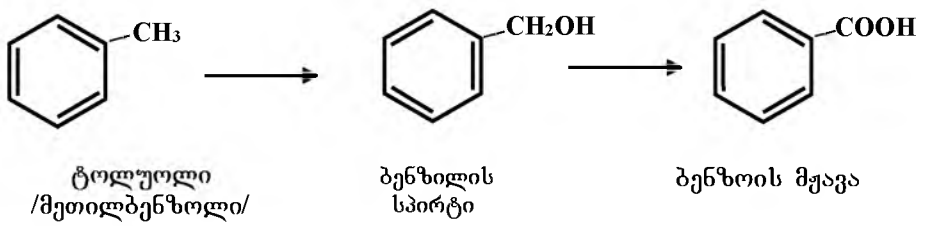
1	2	3
I ფაზა	დეზალკილირება	 კოდეინი  მორფინი  ნორმორფინი
II ფაზა	კონიუგაცია	 ოქსაზეპამი  ოქსაზეპამის გლუკურონიდი
	ალკილირება	  ნორადრენალინი ადრენალინი
	აცეტილირება	  ანილინი აცეტანილიდი

<u>არომატული ნაერთების ჰიდროქსილირება.</u> ბენზოლის დაჟანგვისას ორგანიზმში ფერმენტების მოქმედებით წარმოიქმნება ფენოლი, ხოლო ნაფტალინის დაჟანგვისას – ნაფტოლები:

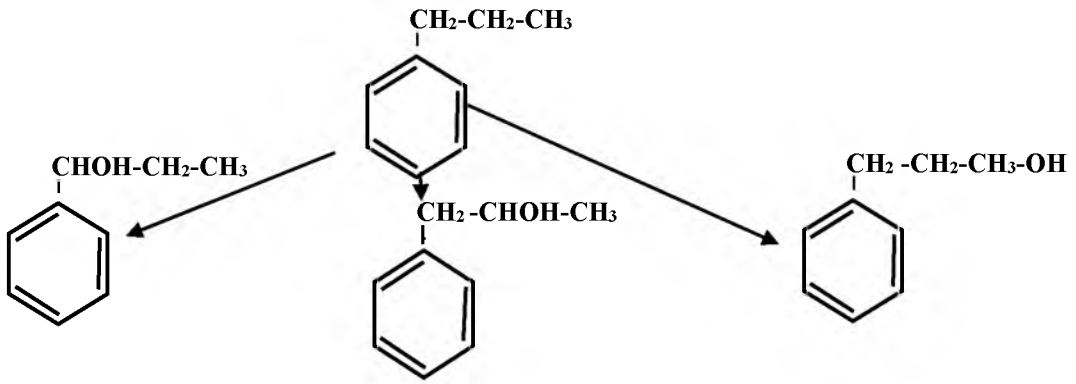


ბენზოლის და ნაფტალინის დაჟანგვის (ჰიდროქსილირების) პროდუქტები (ფენოლი და ნაფტოლები) გამოიყოფიან ორგანიზმიდან.

ბენზოლის ალკილწარმოებულებში პირველ რიგში იჟანგება ალკილის ჯგუფი. ასე, მაგალითად, ტოლუოლი (მეთილბენზოლი) იჟანგება ბენზილის სპირტად, რომლის შემდგომი დაჟანგვისას წარმოიქმნება ბენზოის მჟავა, რომელიც ორგანიზმიდან გამოიყოფა კონიუგატის სახით:



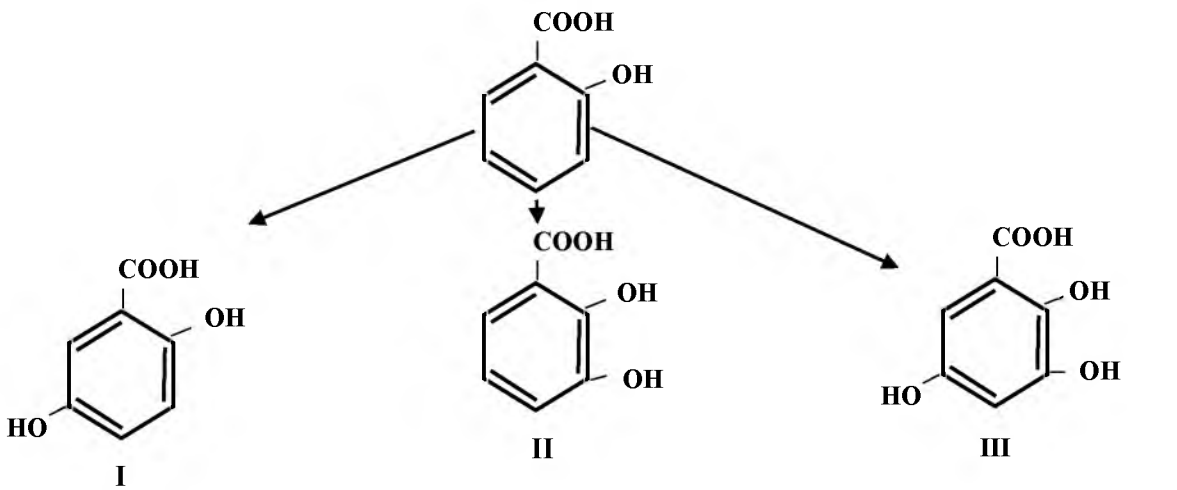
ბენზოლის ალკილწარმოებულების გვერდით ჯაჭვში ნახშირბადის რამდენიმე ატომის არსებობის დროს ჰიდროქსილირება შეიძლება მიმდინარეობდეს ნახშირბადის სხვადასხვა ატომებთან. მაგალითად, ნ-პროპილბენზოლის ჰიდროქსილირება მიმდინარეობს შემდეგნაირად:



ეთილფენილკარბინილი ბენზილმეთილკარბინოლი 3-ფენილპროპანოლი

3-ფენილპროპან-I-ოლი იჟანგება ფენილპროპიონის მჟავამდე ($C_6H_5CH_2CH_2COOH$), რომელიც შემდგომი დაჟანგვისას გარდაიქმნება ბენზოის მჟავად.

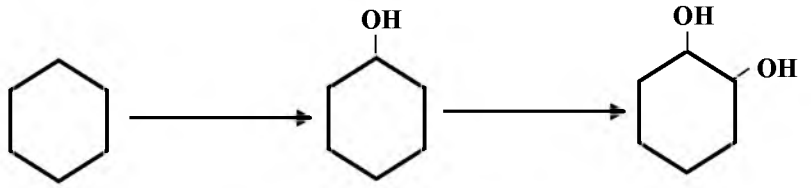
ორგანიზმში მოხვედრილი სალიცილის მჟავა შეიძლება გამოიყოს შეუცვლელი სახით ან გლუკურონიდის სახით, თუმცა სალიცილის მჟავას ნაწილი ღვიძლის ფერმენტების მოქმედების შედეგად გარდაიქმნება გენტიზინის (I), დიოქსიბენზოის (II) და ტრიოქსიბენზოის (III) მჟავებად:



გენტიზინის მჟავა დიოქსიბენზოის მჟავა ტრიოქსიბენზოის მჟავა

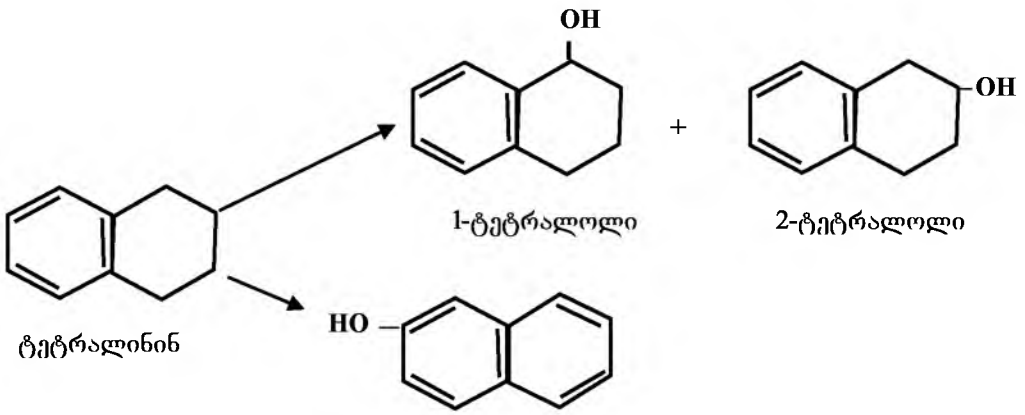
<u>ალიციკლური ნარეთების ჰიდროქსილირება</u>

<u>ალიციკლური ეწოდება</u> ნაერთებს, რომლებიც შეიცავენ ნახშირბადის ატომების შემცველ ციკლებს ან ბირთვებს (ბენზოლისა და მისი ნაწარმების გარდა). ორგანიზმში ალიციკლური ნაერთები ჰიდროქსილირების შედეგად წარმოქმნიან შესაბამის სპირტებს. ციკლოჰექსანი (ჰექსაჰიდრობენზოლი) გარდაიქმნება ციკლოჰექსანოლად და ციკლოჰექსანდიოლ–1,2-ად:



ციკლოჰექსანი ციკლოჰექსანოლი ციკლოჰექსანდიოლი-1,2

თუ ნაერთები შეიცავენ ალიციკლურ და არომატულ ბირთვებს, მაშინ ნაჯერი (ალიციკლური) ბირთვი ჰიდროქსილირებას განიცდის უფრო ადვილად, ვიდრე არომატული. ამის მაგალითია ტეტრალინის მეტაბოლიზმი, რომელიც მეტაბოლიზდება ტეტრალოლის და მცირე რაოდენობა 5,6,7,8 – ტეტრაჰიდრო-2-ნაფტოლის წარმოქმნით:



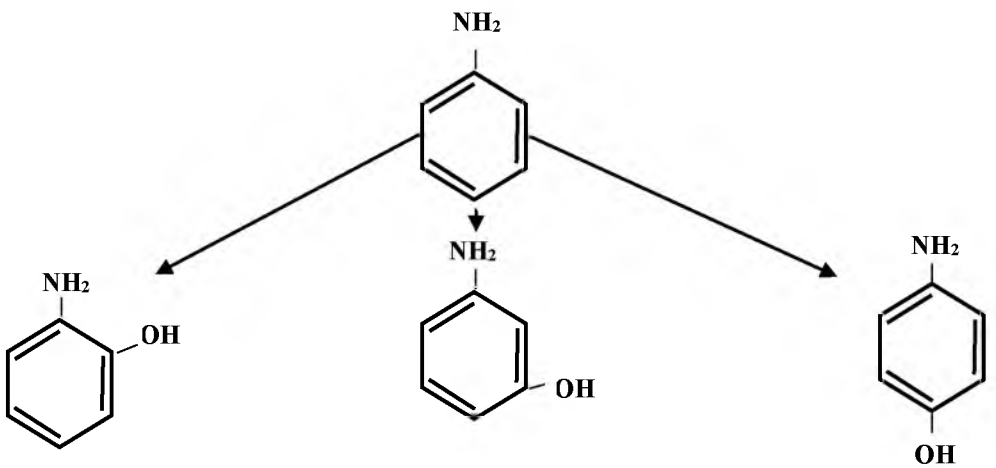
1-ტეტრალოლი 2-ტეტრალოლი

ტეტრალინინ

5,6,7,8-ტეტრაჰიდრო-2-ნაფტოლი

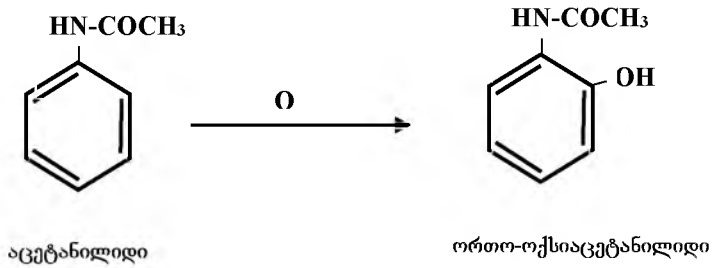
<u>არომატული ამინების და მათი წარმოებულების ჰიდროქსილირება</u>

ანილინი ბენზოლის ამინოწარმოებულია. ორგანიზმში ფერმენტების მოქმედებით ანილინი განიცდის ჰიდროქსილირებას ორთო-, მეტა- და პარა-ამინოფენოლების წარმოქმნით:

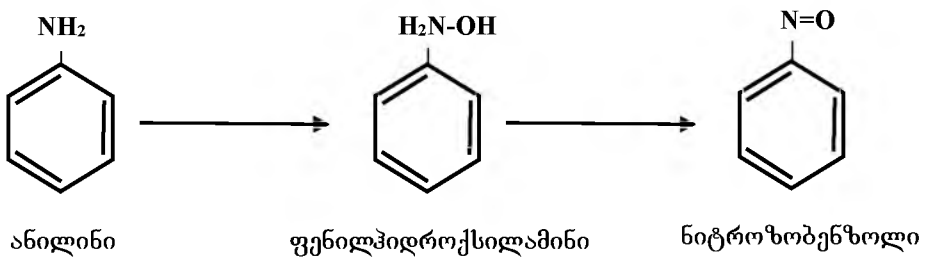


ორთო–ამინოფენოლი მეტა-ამინოფენოლი პარა-ამინოფენოლი

აცეტანილიდი მეტაბოლიზმს განიცდის ჰიდროქსილირების გზით, ამ დროს წარმოიქმნება ორთო-ოქსიაცეტანილიდი:



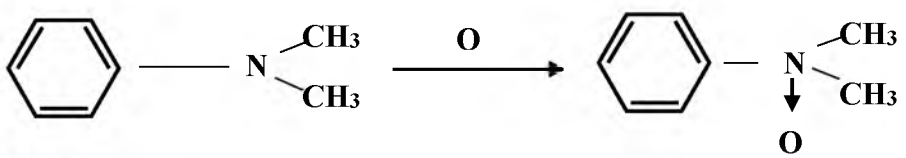
ანილინის ჰიდროქსილირება შეიძლება მოხდეს ამინოჯგუფითაც. ამ დროს მეტაბოლიტის სახით წარმოიქმნება ფენილჰიდროქსილამინი. მეტაბოლიზმის ამ პროცესს მიაკუთვნებენ ე.წ. N-ჰიდროქსილირებას. ანილინის მეტაბოლიზმის დროს წარმოქმნილი ფენილჰიდროქსილამინი შეიძლება გარდაიქმნას ნიტროზობენზოლად.



ნივთიერებები, რომელთა მოლეკულა შეიცავს აზოტს ან გოგირდს ფერმენტების მოქმედებით ორგანიზმში იჟანგებიან N-ოქსიდებად, სულფოქსიდებად ან სულფონებად. იმისდა მიხედვით, თუ რომელი ატომი განიცდის დაჟანგვას, მეტაბოლიზმის პროცესს ჰყოფენ N-დაჟანგვად და S-დაჟანგვად. ტრიმეთილამინის N-დაჟანგვის დროს წარმოიქმნება ტრიმეთილამინოოქსიდი:

$$(CH_3)_3N \xrightarrow{O} (CH_3)_3N \rightarrow O$$

ანალოგიურ მეტაბოლიზმს განიცდის დიმეთილანილინი, რომელიც ფერმენტების მოქმედებით გარდაიქმნება დიმეთილანილინ-N-ოქსიდად:



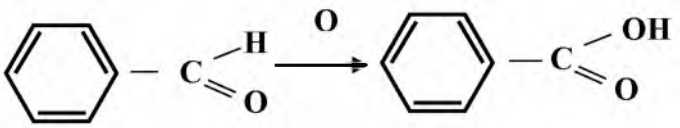
<u>სპირტების დაჟანგვა</u> – პირველადი სპირტები (ეთილის, ბუთილის, ბენზილის და სხვები) ფერმენტ ალკოჰოლდეჰიდროგენაზას მოქმედებით, რომელიც ლოკალიზებულია ღვიძლში, თირკმელებსა და ფილტვებში, იჟანგება შესაბამის ალდეჰიდებად:

$$CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CHO$$

ძუძუმწოვართა ალკოჰოლდეჰდროგენაზა მცირედ ენათესავება მეთილის სპირტს, რომელიც მეტაბოლიზმს ძირითადად ქსანტინოქსიდაზას და კატალაზას დახმარებით განიცდის. ამ ფერმენტების გავლენით მეთილის სპირტი გარდაიქმნება ფორმალდეჰიდად.

ალკოჰოლდეჰიდროგენაზას დახმარებით მეორადი სპირტები ორგანიზმში იჟანგება კეტონებად. ამასთან, ამ სპირტების ორგანიზმში დაჟანგვის სიჩქარე მნიშვნელოვნად ნაკლებია, ვიდრე პირველადი სპირტების დაჟანგვის სიჩქარე. უმაღლესი მეორადი და მესამეული სპირტები ორგანიზმში ნელა იჟანგებიან.

<u>ალდეჰიდების დაჟანგვა</u> – არომატული და ალიფატური რიგის ალდეჰიდები ფერმენტების მოქმედებით იჟანგება შესაბამისი კარბონმჟავების წარმოქმნით. ბენზალდეჰიდი ალდეჰიდოქსიდაზას მოქმედებით გარდაიქმნება ბენზოის მჟავად:



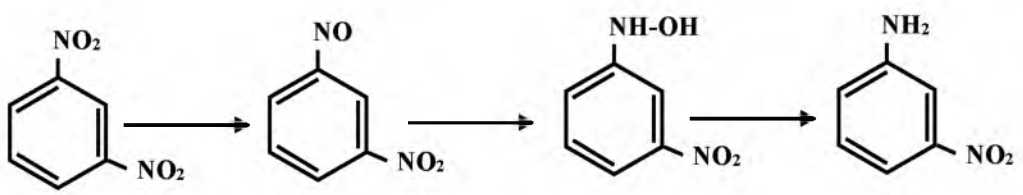
ქლორალჰიდრატი ალდეჰიდდეჰიდროგენაზით გარდაიქმნება ტრიქლორძმარმჟავად: $CCl_3CH(OH)_2 \rightarrow CCl_3COOH$.

§3. უცხო ნაერთების აღდგენა

ღვიძლში, თირკმელში, სისხლში დამჟანგავი ფერმენტების გარდა მოიპოვება ფერმენტული სისტემები, რომლებიც ხელს უწყობენ ორგანიზმში უცხო ნაერთების აღდგენის პროცესს. ეს ფერმენტები არომატულ ნიტრონაერთებს აღადგენენ ამინებამდე.

ფერმენტების (რედუქტაზების) მოქმედებით ნიტრობენზოლი აღდგება ანილინად, პარა-ნიტროზობენზოის მჟავა პარა-ამინობენზოის მჟავად და ა.შ.

ნიტრონაერთის ამინებად აღდგენა მიმდინარეობს რიგი შუალედური პროდუქტების წარმოქმნით, მაგალითისთვის განვიხილოთ მეტადინიტრობენზოლის აღდგენა:



მეტადინიტრო-ბენზოლი | მეტანიტრო-ბენზოლი | მეტანიტროფენილ-ჰიდროქსილამინი | მეტანიტრო-ანილინი

შესაბამისი ფერმენტების მოქმედებით ორგანიზმში მიმდინარეობს დისულფიდების, სულფოქსიდების, N-ოქსიდების, ჰიდროქსამის მჟავების და რიგი სხვა უცხო ნივთიერებების აღდგენა.

§4. უცხო ნაერთების ჰიდროლიზი

უცხო ნაერთები, რომელთა რიცხვს მიეკუთვნება რთული ეთერები, ამიდები, ჰიდროქსამული მჟავეები, კარბამატები, ნიტრილები და სხვა ნაერთები, ფერმენტული სისტემების ზემოქმედებით ორგანიზმში განიცდიან ჰიდროლიზს. სისხლში და ღვიძლში არსებული რიგი ჰიდროლიზური ფერმენტების გავლენით ჰიდროლიზს განიცდიან რთული ეთერები და ამიდები. ესთერაზას მოქმედებით რთული ეთერები იშლება შესაბამის მჟავად და სპირტად:

$$R\text{-}COOR' + H_2O \rightarrow RCOOH + R'OH$$

ადამიანების და ცხოველების ორგანიზმში არსებული ჰიდროლიზური ფერმენტები სხვადასხვა ქსოვილებსა და ბიოლოგიურ სითხეებში სხვადასხვანაირად მოქმედებენ. ასე, მაგალითად, ბოცვრების პლაზმაში ატროპინი და კოკაინი სწრაფად განიცდის ჰიდროლიზს, ადამიანის პლაზმაში კი არ განიცდის (დ. პარკი, 1973).

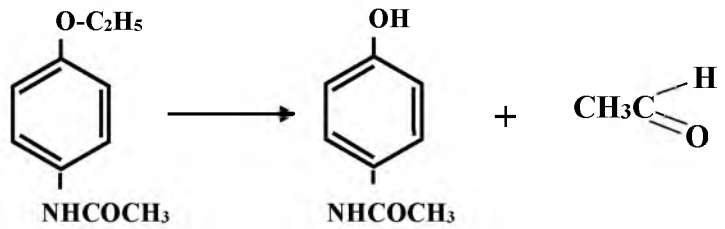
ამიდები, ფერმენტების – ამიდაზების მოქმედებით ჰიდროლიზს განიცდიან, თუმცა ამიდების ჰიდროლიზური დაშლა მიმდინარეობს უფრო ნელა, ვიდრე ეთერების დაშლა ესთერაზებით.

§5. უცხო ნაერთების დეზალკილირება, დეზამინირება და დესულფირება

რიგი უცხო ნაერთებისა ორგანიზმში, შესაბამისი ფერმენტების მოქმედებით განიცდიან დეზამინირებას, დეზალკილირებას და დესულფირებას.

<u>დეზალკილირება</u> (დეალკილირება) – დეზალკილირების დროს მიმდინარეობს უცხო ნაერთის მოლეკულაში არსებული ალკილის ჯგუფის მოხლეჩა. ყველაზე უფრო ხშირად დეზალკილირებას განიცდიან ნაერთები, რომლებიც ალკილის ჯგუფებს შეიცავენ ჟანგბადის, აზოტის და გოგირდის ატომებთან. ამისდა მიხედვით ალკილის ჯგუფის მოხლეჩის პროცესს ჰყოფენ O-, N- და S-დეზალკილირებად. აღნიშნული ნაერთების დეზალკილირების დროს წარმოიქმნება შესაბამისი ფენოლები, ამინები და თიოლები (თიოფენოლები, თიოსპირტები).

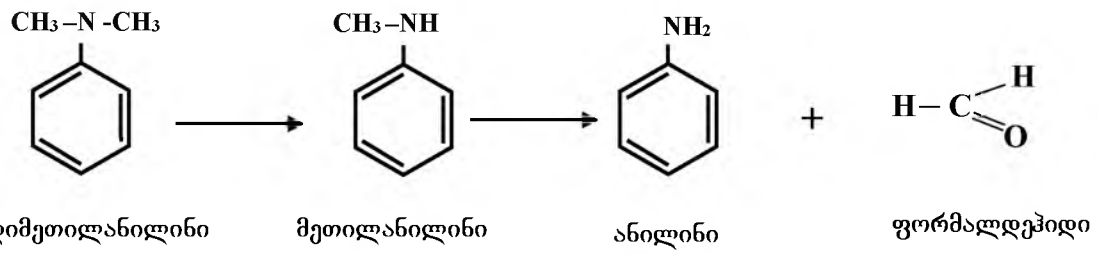
<u>O-დეზალკილირების</u> პროცესი შეიძლება განხილული იქნეს ფენაცეტინის მაგალითზე. ფენაცეტინის O-დეზალკილირების დროს წარმოიქმნება პარაცეტამიდოფენოლი (პარაცეტამოლი) და აცეტალდეჰიდი:



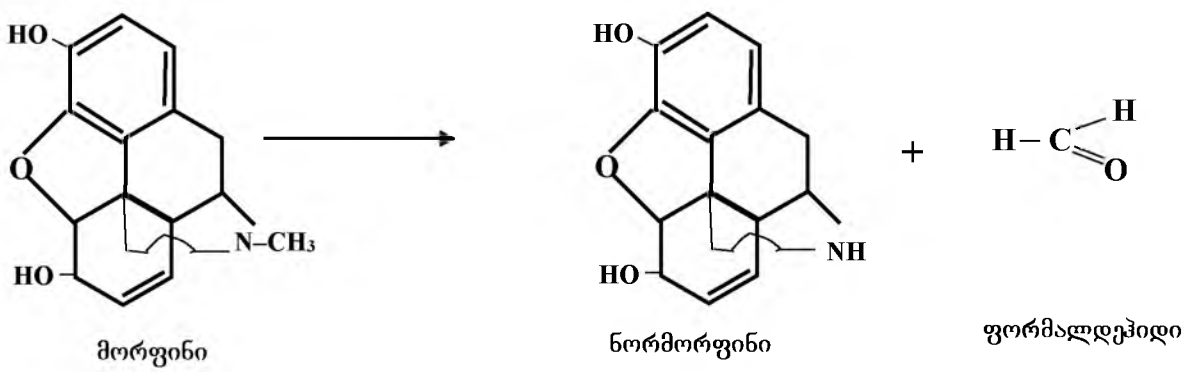
ფენაცეტინი პარაცეტამოლი აცეტალდეჰიდი

ორგანიზმში კოდეინის მორფინში გადასვლაც O-დეზალკილირების გზით მიმდინარეობს.

<u>N-დეზალკილირებას</u> ორგანიზმში განიცდიან მეორადი და მესამეული ამინები, რის შედეგადაც წარმოიქმნება შესაბამისი ამინები და ალდეჰიდები. ასე, მაგალითად, დიმეთილანილინი გარდაიქმნება ჯერ მეთილანილინად, შემდეგ ანილინად და ფორმალდეჰიდად:



ორგანიზმში N-დეზალკილირებას განიცდის მორფინი და მისი წარმოებულები. მორფინის დეზალკილირების დროს წარმოიქმნება ნორმორფინი და ფორმალდეჰიდი:

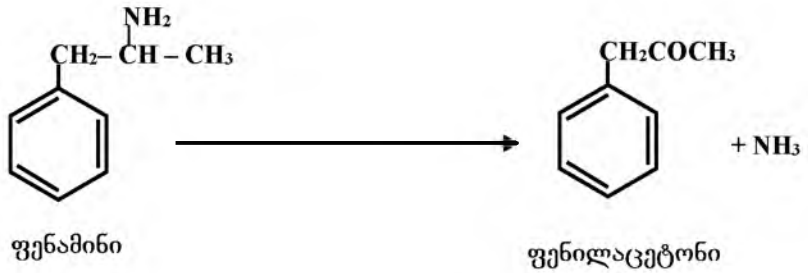


<u>S-დეზალკილირებას</u> შესაბამისი ფერმენტების მოქმედებით განიცდიან თიოეთერები თიოსპირტების და ალდეჰიდების წარმოქმნით:

$$RSCH_3 \rightarrow RSH + HCHO$$

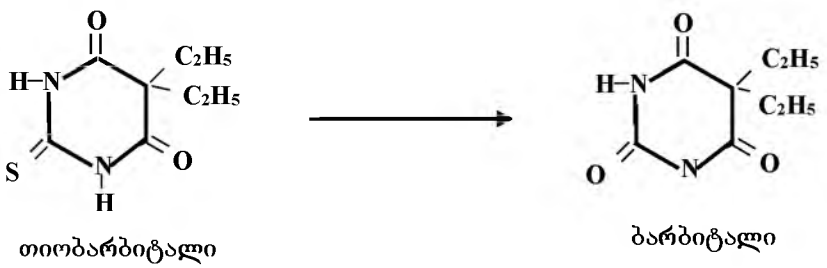
<u>**დეზამინირება**</u>. პირველადი ამინების შემცველი უცხო ნაერთების გარკვეული ნაწილი ფერმენტების მოქმედებით განიცდის დეზამინირებას, რის შედეგადაც ნივთიერების მოლეკულიდან მოიხლიჩება ამინოჯგუფი ამიაკის სახით. დეზამინირების

მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ფენამინი, რომელიც ღვიძლის ფერმენტების მოქმედებით გარდაიქმნება ფენილაცეტონად და ამიაკად:



ორგანიზმში დეზამინირებას განიცდის აგრეთვე სხვა მრავალი უცხო ნაერთი, რომლიც შეიცავს პირველად ამინოჯგუფს.

<u>**დესულფირება**</u> – გოგირდის ატომის შემცველი ზოგიერთი უცხო ნაერთები (ინსექტიციდები, თიობარბიტურატები, თიოშარდოვანას ნაწარმები და სხვები) ფერმენტების მოქმედებით გარდაიქმნება შესაბამის ჟანგბადნაერთებად. ასეთ ნაერთებში გოგირდის ატომები ჩანაცვლებულია ჟანგბადის ატომებით. უცხო ნაერთების ორგანიზმში დესულფირების პროცესი შეიძლება ვნახოთ თიობარბიტალის მაგალითზე:



§6. სხვა მეტაბოლური გარდაქმნები

ზემოთ განხილული იქნა უცხო ნაერთების მეტაბოლური გარდაქმნის ტიპები, რომლებიც ფერმენტული სისტემების მოქმედებით მიმდინარეობს ადამიანების და ცხოველების ორგანიზმში. გარდაქმნის აღნიშნული ტიპების გარდა არსებობს სხვებიც, რომელთა მექანიზმი არ არის ახსნილი, ან ახსნილია არასაკმარისად. მათ მიეკუთვნება დისულფიდების და ჰიდროქსამის მჟავეების აღდგენის, ციკლური ნაერთების ბირთვების გახლეჩის, ბირთვების წარმოქმნის (ციკლიზაციის) და სხვა პროცესები.

§7. კონიუგაციის რეაქციები

მეტაბოლიზმის მეორე ფაზაში მიმდინარეობს მეტაბოლიტების კონიუგაცია ორგანიზმში არსებულ ზოგიერთ ნაერთებთან. კონიუგაციის რეაქციები ბიოსინთეზის რეაქციებს მიეკუთვნება. ცნობილია უცხო ნაერთები, რომლებიც ბიოტრანს-

ფორმაციის პირველი სტადიის გვერდის ავლით (არ გარდაიქმნებიან მეტაბოლიტებად) კონიუგაციის რეაქციაში შედიან. უცხო ნაერთების და მეტაბოლიტების უნარი შევიდნენ კონიუგაციის რეაქციებში, დამოკიდებულია მათ მოლეკულაში გარკვეული ფუნქციონალური ჯგუფების არსებობაზე. ბიოსინთეზის რეაქციების შედეგად ორგანიზმში წარმოიქმნება კონიუგატები, რომლებიც უფრო პოლარულები, წყალში უკეთ ხსნადები და ნაკლებ ტოქსიკურები არიან, ვიდრე უცხო ნაერთები. ამიტომ, კონიუგაციის პროცესების შედეგად მიმდინარეობს უცხო ნაერთების ტოქსიკურობის შემცირება. ამრიგად, <u>კონიუგაციის რეაქციები დეტოქსიკაციის რეაქციებს წარმოადგენენ</u>.

მეტაბოლიტებს და ზოგიერთ სხვა უცხო ნაერთებს შესაბამისი ფერმენტების მოქმედებით შეუძლიათ კონიუგატები წარმოქმნან გლუკურონის მჟავასთან, ამინომჟავებთან (გლიცინთან, ცისტეინთან და სხვებთან), აცეტატებთან, სულფატებთან და რიგ სხვა ნაერთებთან.

ზოგიერთი ფერმენტის აქტიურობა დამოკიდებულია მხოლოდ მის შემადგენლობასა და სტრუქტურაზე. თუმცა, არის რიგი ფერმენტებისა, რომელთა აქტიურობა დამოკიდებულია არაცილოვანი ბუნების განსაზღვრული ჯგუფების (ან მოლეკულების) არსებობაზე, მათ <u>კოფაქტორებს</u> უწოდებენ. კოფაქტორების როლი შეიძლება შეასრულონ რთულმა ორგანულმა ნაერთებმა, ე.წ. <u>კოფერმენტებმა</u> ან ლითონთა იონებმა.

<u>კოფერმენტები</u> – ეს დაბალმოლეკულური ორგანული ნაერთებია (უმრავლეს შემთხვევაში – ვიტამინების წარმოებულები), რომლებიც განაპირობებენ ფერმენტების <u>აქტიურობას</u>. კოფერმენტები ფერმენტების ცილოვან ნაწილთან ერთად ქმნიან ადვილად დისოცირებად კომპლექსებს.

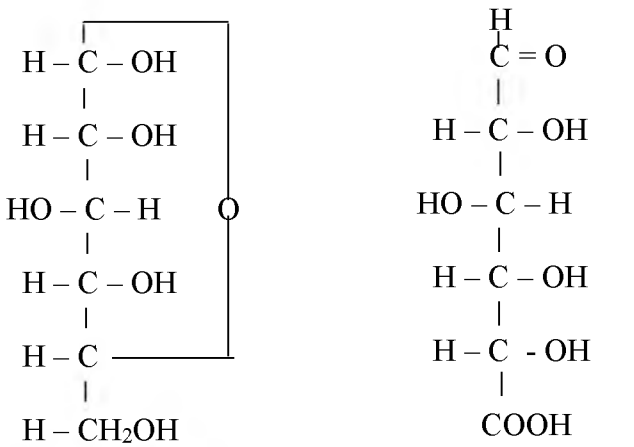
კოფერმენტები ასრულებენ ატომთა ჯგუფის, წყალბადის ატომების და ელექტრონების გადამტანების (დონორების ან რეცეპტორების) როლს. მეტაბოლიზმის პროცესში ისინი სუბსტრატს (უცხო ნაერთებს ან მეტაბოლიტებს) ჩამოაცილებენ და უერთებენ ატომთა განსაზღვრულ ჯგუფებს.

ზოგიერთ შემთხვევებში ფერმენტების კატალიზური <u>აქტიურობის</u> გამოსამჟღავნებლად საჭიროა როგორც კოფერმენტების, ასევე ლითონთა იონების არსებობა.

კონიუგაციის დროს კოფერმენტების (ატომთა ჯგუფების გადამტანების) როლი შეიძლება ითამაშონ ურიდინდიფოსფატგლუკურონის მჟავამ (უდფ-გლუკურონის

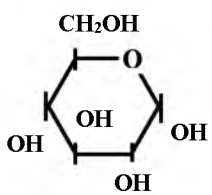
მჟავამ), S-ადენოზილმეთიონინმა, აცეტილ- K_oA/K_oA – პანტეტეინადენინნუკლეოტიდ-დიფოსფატმა) და სხვებმა.

<u>კონიუგაცია გლუკურონის მჟავით</u>. გლუკურონის მჟავა $C_6H_{10}O_7$ მიეკუთვნება ურონის მჟავებს (ალდოზების დაჟანგვის პროდუქტს). იგი წარმოადგენს ალდეჰიდ-კარბონის მჟავას. ურონის მჟავების წარმოქმნისას (მათ რიცხვში გლუკურონისაც) ალდოზების პირველადი სპირტული ჯგუფი იჟანგება კარბოქსილის ჯგუფამდე, ხოლო ალდეჰიდური ჯგუფი შეუცვლელი რჩება. გლუკოზისაგან გლუკურონის მჟავას წარმოქმნა შემდეგი სქემით ხორციელდება:

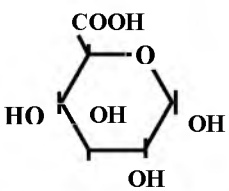


გლუკოზა **გლუკურონის მჟავა**

გლუკოზა და გლუკურონის მჟავა პირანოზის სახით შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ:



გლუკოზა



გლუკურონის მჟავა

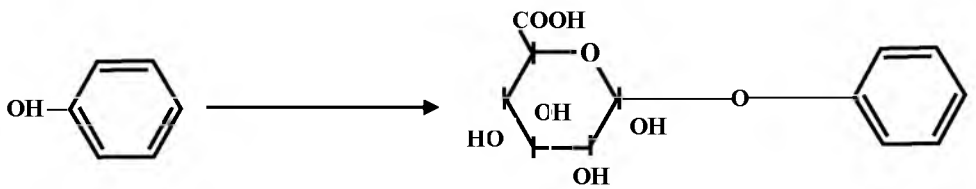
ურონის მჟავები (გლუკურონის, მანურონის, გალაქტურონის) მრავალი პოლისაქარიდის, ოლიგოსაქარიდის და სხვების კომპონენტებს წარმოადგენენ. ორგანიზმში თავისუფალი გლუკურონის მჟავა წარმოიქმნება უდფ-გლუკურონის მჟავას, ზოგიერთი გლუკოპროტეიდის და სხვა ნივთიერებათა ფერმენტული ჰიდროლიზის დროს.

გლუკურონის მჟავა სპირტებთან, ფენოლებთან, კარბონმჟავებთან, თიოლებთან, ამინებთან და ზოგიერთ სხვა ნივთიერებებთან წარმოქმნის კონიუგატებს. გლუკურონის მჟავას ურთიერთმოქმედების პროდუქტებს ზემოთჩამოთვლილ

ნივთიერებებთან <u>გლუკურონიდებს</u> უწოდებენ. გლუკურონიდების წარმოქმნა ძირითადად ღვიძლში მიმდინარეობს. ისინი აგრეთვე წარმოიქმნებიან თირკმელში, კანში, საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში და სხვ.

გლუკურონიდების დამახასიათებელ თავისებურებად ითვლება ის, რომ კარბოქსილის ჯგუფი მის მოლეკულაში თავისუფალი რჩება. ამიტომ პლაზმაში და შარდში გლუკურონიდები თითქმის სრულადაა იონიზირებული კარბოქსილის ჯგუფით.

გლუკურონიდების წარმოქმნისას გლუკურონის მჟავას ნაშთის გადამტანს (კოფერმენტს) წარმოადგენს უდფ-გლუკურონის მჟავა. გლუკურონიდების წარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს ფერმენტ გლუკურონილტრანსფერაზის მეშვეობით. აღნიშნული ფერმენტის დახმარებით ფენოლებთან და სპირტებთან წარმოქმნის 0-გლუკურონიდებს:



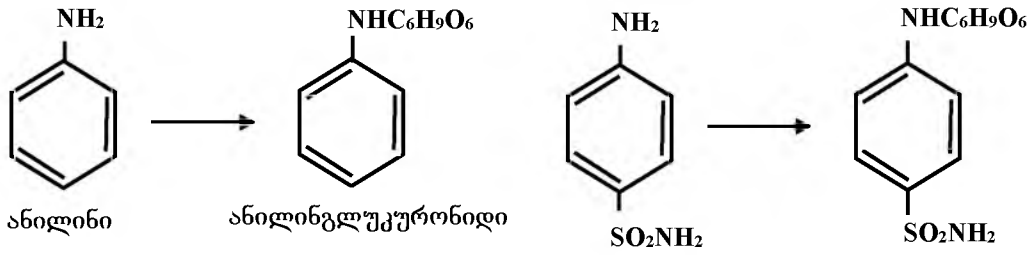
ფენოლი ფენილგლუკურონიდი

ბენზოის და გლუკურონის მჟავეები ორგანიზმში წარმოქმნიან რთულ ეთერს – ბენზოილგლუკურონიდს:

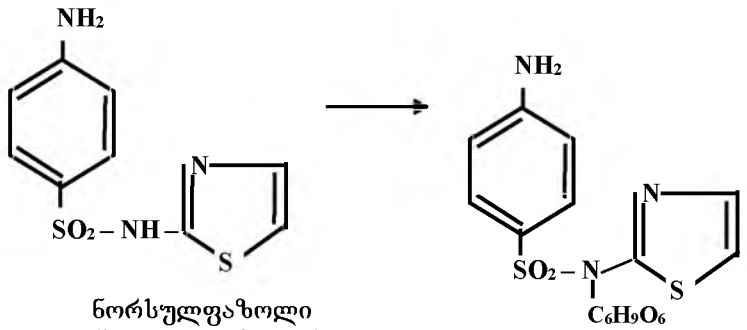
ბენზოის მჟავა ბეზოილგლუკურონიდი

სადაც $C_6H_9O_6$ – გლუკურონის მჟავას ნაშთია.

გლუკურონის მჟავა აზოტშემცველ ნაერთებთან (ამინებთან, ამიდებთან, კარბამინის მჟავას ნაწარმებთან, აზოტშემცველ ჰეტეროციკლებთან და სხვებთან) N-გლუკურონიდებს წარმოქმნის შემდეგი სქემით:

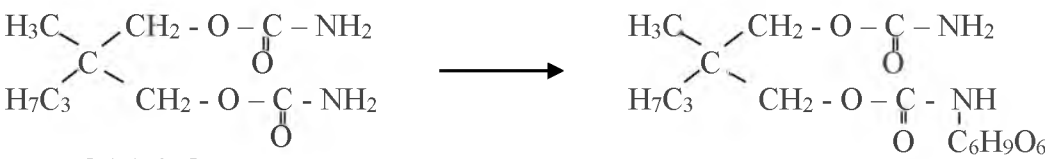


ანილინი ანილინგლუკურონიდი სულფანილამიდი სულფანილამიდგლუკურონიდი



ნორსულფაზოლი (სულფათიაზოლი)

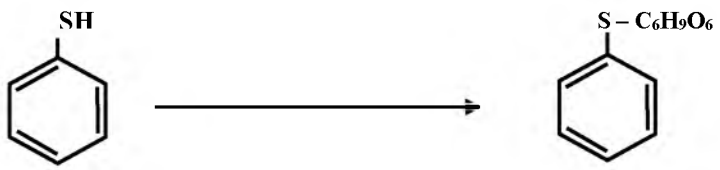
სულფათიაზოლ-გლუკურონიდი



მეპრობამატი

მეპრობამატ-გლუკურო-ნიდი

თიოფენოლები და გოგირდის შემცველი სხვა ორგანული ნაერთები გლუკურონის მჟავასთან წარმოქმნიან S-გლუკურონიდებს:

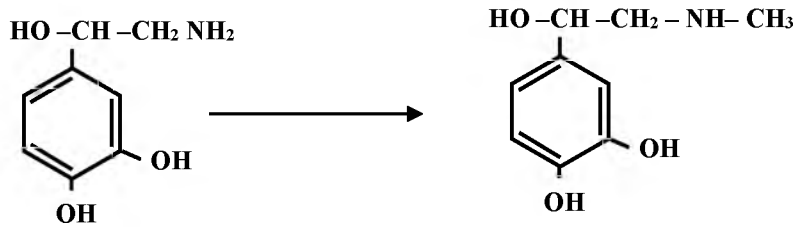


თიოფენოლი თიოფენილგლუკურონიდი

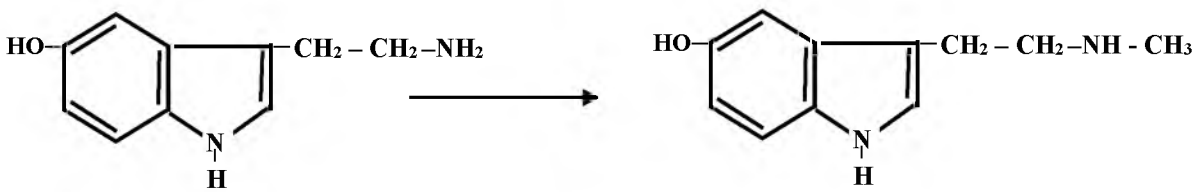
გლუკურონიდები ფერმენტ β-გლუკურონიდაზების მოქმედებით განიცდიან ჰიდროლიზს და წარმოქმნიან გლუკურონის მჟავას და იმ ნივთიერებას, რომელიც მანამდე შევიდა კონიუგაციის რეაქციაში ამ მჟავასთან.

<u>მეთილირება</u> – ორგანიზმში მეთილირება შეიძლება განიცადონ ამინებმა, ფენოლებმა და თიოლებმა. მეთილირების შედეგად წარმოიქმნება შესაბამისი N-, O- და S-მეთილური კონიუგატები. უცხო ნაერთების და ზოგი მეტაბოლიტების მეთილირებისას მეთილის ჯგუფების გადამტანს წარმოადგენს კოფერმენტი S-ადენოზილმეთიონინი. ამ კოფერმენტის მეთილის ჯგუფების მონაწილეობით მიმდინარეობს ზემოთ ჩამოთვლილი ნაერთების მეთილირება. მეთილირების რეაქციები მიმდინარეობს ფერმენტული სისტემების (მეთილტრანსფერაზების) გავლენით.

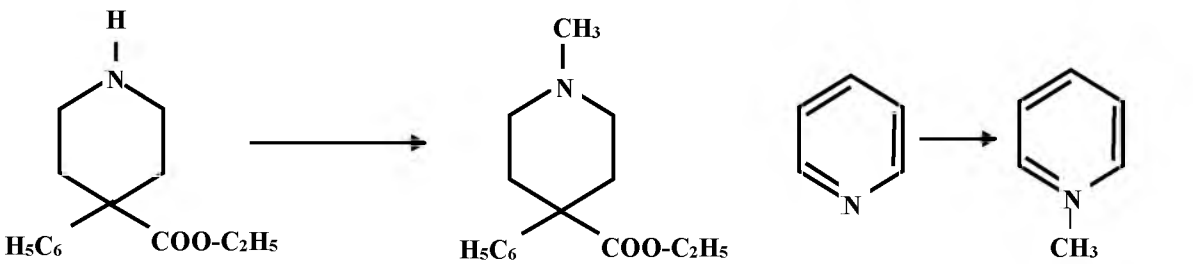
N-მეთილირება – S-ადენოზილმეთიონინის მეთილის ჯგუფი N-მეთილირების დროს N-მეთილტრანსფერაზის მოქმედებით უერთდება მეტაბოლიტების ან უცხო ნაერთების აზოტის ატომს. ნორადრენალინის, სეროტონინის, ნორმეპირიდინის და პირიდინის –მეთილირების პროდუქტები ქვემოთ მოგვყავს:



ნორადრენალინი ადრენალინი



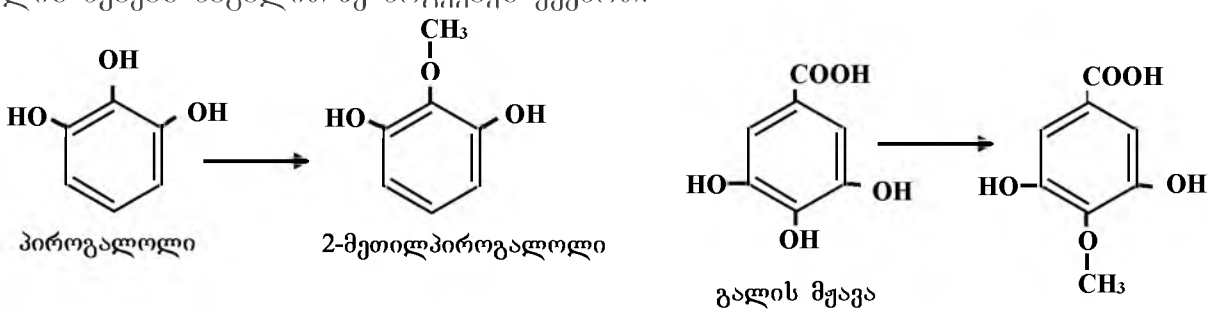
სეროტონინი N-მეთილსეროტონინი



ნორმეპერიდინი მეპერიდინი პირიდინი N-მეთილპირიდინი

O-მეთილირება – ამ ტიპის კონიუგაციას განიცდიან ფენოლური ჯგუფების შემცველი ნაერთები. ფერმენტების (O-მეთილტრანსფერაზების) გავლენით S-ადენოზილმეთიონინის კოფერმენტის მეთილის ჯგუფი უერთდება ფენოლური ჰიდროქსილების ჟანგბადის ატომებს. ფენოლების მეთილირების რეაქციისათვის კოფერმენტის გარდა საჭიროა მაგნიუმის ან სხვა ორვალენტიანი ლითონების იონები.

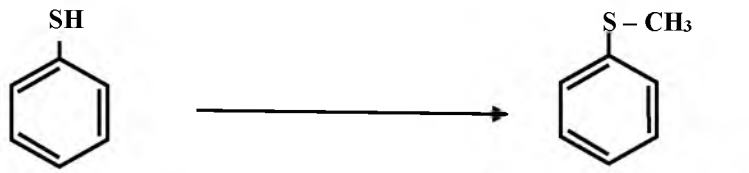
ფენოლების მეთილირების პროდუქტების ფორმულები პიროგალოლის და გალის მჟავას მაგალითზე მოგვყავს ქვემოთ:



პიროგალოლი 2-მეთილპიროგალოლი გალის მჟავა 3,5-დიოქსი-4-მეტოქსიბენზოის მჟავა

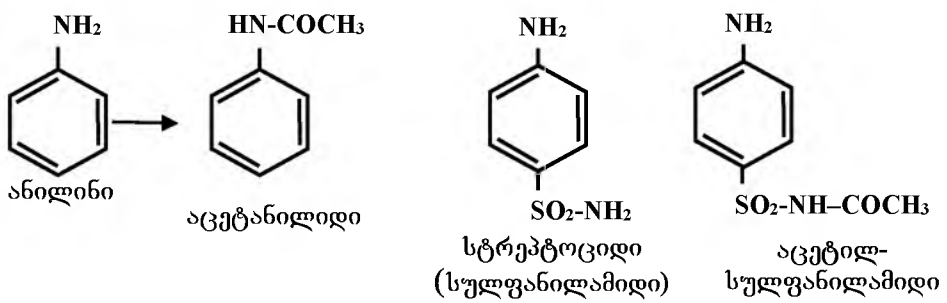
ნივთიერებები, რომლებიც შეიცავენ ერთ ფენოლურ ჯგუფს ხსენებული ფერმენტების არსებობისას მეთილირებას არ განიცდის.

<u>S-მეთილირება</u> – ზოგიერთი უცხო ნაერთი, რომელებიც შეიცავენ თიოლურ (–SH) ჯგუფებს, ორგანიზმში განიცდიან მეთილირებას. ამასთან, S-ადენოზილმეთიონინის კოფერმენტის მეთილის ჯგუფი ფერმენტების (მეთილტრანსფერაზების) თანაობისას გადადის მეტაბოლიტების ან უცხო ნაერთების გოგირდის ატომებთან ამ ნაერთების შესაბამისი S-მეთილწარმოებულების წარმოქმნით:



თიოფენოლი მეთილთიოფენოლი

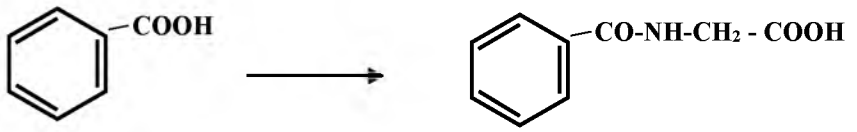
<u>აცეტილირება</u> – აცეტილირების პროცესი არომატული ამინების, სულფანილამიდების და ზოგიერთი სხვა უცხო ნაერთების მეტაბოლიზმის ძირითადი გზაა. აცეტილირების დროს აცეტილური ჯგუფი უერთდება უცხო ნაერთების ან მათი მეტაბოლიტების მოლეკულებს. აცეტილური ჯგუფის წყაროს წარმოადგენს კოფერმენტი აცეტილ-KoA (აცეტილ-კოა). ფერმენტ აცეტილტრანსფერაზის მოქმედებით აცეტილური ჯგუფი აცეტილ-KoA-დან გადაიტანება იმ შესაბამის ამინებთან, სულფამიდებთან და ამინომჟავებთან, რომლებიც განიცდიან კონიუგაციას და თავისუფლდება KoA. ქვემოთ მოგვყავს ანილინის და სტრეპტოციდის აცეტილირების პროდუქტები (კონიუგატები):



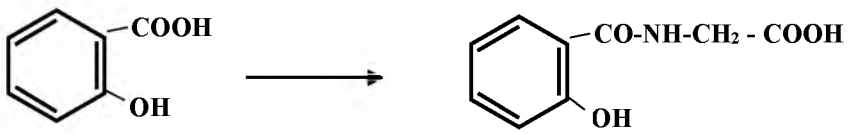
ანილინი აცეტანილიდი სტრეპტოციდი (სულფანილამიდი) აცეტილ-სულფანილამიდი

<u>კონიუგაცია გლიცინით</u> – არომატული კარბონმჟავები, ბენზოის მჟავას ჩანაცვლებულები და ჰეტეროციკლური კარბონმჟავები გლიცინთან (გლიკოკოლთან) $H_2N\text{-}CH_2COOH$ და სხვა α-ამინომჟავებთან წარმოქმნიან კონიუგატებს. ბენზოის, სალიცილის, ნიკოტინის და სხვა მჟავების კონიუგატებს გლიცინთან <u>ჰიპუროვან</u>

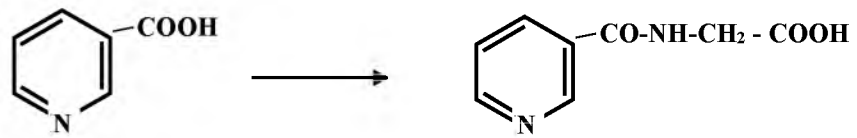
<u>მჟავეებს უწოდებენ</u>. ქვემოთ მოყვანილია გლიცინთან კარბონმჟავების კონიუგაციის პროდუქტები:



ბენზოის მჟავა ჰიპურის მჟავა /ბენზოილგლიკოლი/



სალიცილის მჟავა სალიცილურის მჟავა



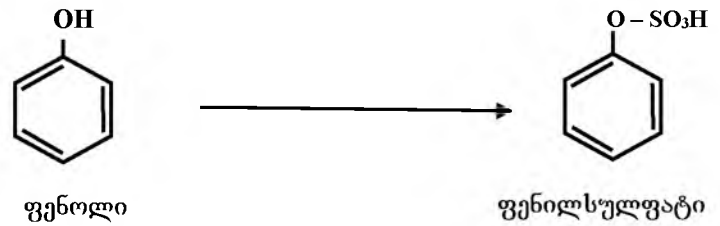
ნიკოტინის მჟავა ნიკოტინურის მჟავა

ალიფატური კარბონმჟავეები გლიცინთან კონიუგატებს არ წარმოქმნიან. მაკონიუგირებელი აგენტის როლს ზოგჯერ α–ამინომჟავა ცისტეინიც ასრულებს.

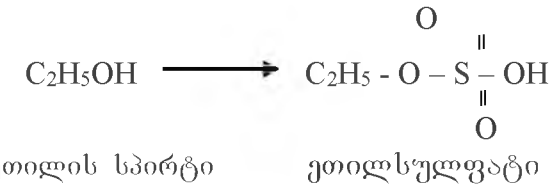
<u>კონიუგაცია გლუტათიონით</u> – გლუტათიონი – რთული ბუნებრივი ტრიპეპტიდია (გლუტამინალ-ცისტეინილ-გლიცინი); იგი ბენზოლთან, ნაფტალინთან და ანტრაცენთან წარმოქმნის კონიუგატებს (მერკაპტუროვან მჟავეებს). გლუტათიონით კონიუგატების წარმოქმნის კატალიზურ გარდაქმნას ახდენს ფერმენტი გლუტათიონ-S-არილტრანსფერაზა.

<u>კონიუგაცია სულფატებით</u> – ფენოლები და სპირტები ორგანიზმში კონიუგაციას განიცდიან სულფატებით. ამ დროს წარმოიშვება კონიუგატები, რომლებიც ამ ნივთიერებების ეთერებს წარმოადგენენ. კონიუგაციის რეაქციებში მონაწილე სულფატების წყაროს ორგანიზმში წარმოადგენს 3-ფოსფოადენოზინ-5-ფოსფოსულფატი. სპირტებისა და ფენოლების კონიუგატების წარმოშობის რეაქციის კატალიზირება ხდება ფერმენტ სულფოტრანსფერაზით.

ფენოლების კონიუგატები სულფატებთან წარმოადგენენ რთულ ეთერებს – არილსულფატებს:



სულფატებით პირველადი ალიფატური სპირტების კონიუგაციისას წარმოიქმნება რთული ეთერები – ალკილსულფატები:



<u>ორმაგი კონიუგაცია</u> – ზოგიერთ ნაერთს და მეტაბოლიტს გააჩნია ორი და მეტი ფუნქციონალური ჯგუფი, რის გამოც მათ შეუძლიათ კონიუგაციის რეაქციაში მონაწილეობა. ამ ნაერთების უმრავლესობა კონიუგაციის რეაქციაში შედის ერთი ფუნქციონალური ჯგუფით. ამასთან, ზოგიერთი უცხო ნაერთები და მეტაბოლიტები წარმოქმნიან ორმაგ კონიუგატებს მათ მოლეკულასთან ორი სხვადასხვა ნაერთის ან ატომთა ჯგუფის შეერთების ხარჯზე. ასე, მაგალითად, ცნობილია უცხო ნაერთები, რომლებიც ერთდროულად წარმოქმნიან კონიუგატებს გლუკურონის მჟავასთან და გლუტათიონთან ან გლუკორინის მჟავასთან და სულფატებთან.

უცხო ნაერთები ზოგჯერ მეტაბოლიზმს განიცდიან რამდენიმე გზით. რთული ეთერები ჰიდროლიზირდებიან მჟავების და სპირტების წარმოქმნით. სპირტები, თავის მხრივ, შეიძლება დაიჟანგონ მჟავებამდე, რომლებიც შედიან კონიუგაციის რეაქციებში გლიცინთან. სულფანილამიდებს მეტაბოლიზირება შეუძლიათ აცეტატებთან კონიუგაციის და დაჟანგვის გზით. ნიტრონაერთები აღდგებიან ამინებამდე, რომლებიც შემდეგ განიცდიან აცეტილრებას და ა.შ.

სხვადასხვა უცხო ნაერთების მეტაბოლიზმის პროცესის სიჩქარე სხვადასხვანაირია. ზოგიერთი უცხო ნაერთის მეტაბოლიზმი ბოლომდე არ მიდის. ამიტომ, ზოგი მათგანი ორგანიზმიდან გამოიყოფა ნაწილობრივ შეუცვლელი სახით, ზოგი კი უცხო ნაერთების, მეტაბოლიტების და კონიუგატების ნარევის სახით.

ზოგიერთი უცხო ნაერთის მაგალითზე, ზემოთ მოყვანილია მეტაბოლიზმის პროცესების ძირითადი ტიპები. ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი სხვა ნაერთების მეტაბოლიზმი გადმოცემულია სახელმძღვანელოს შემდგომ თავებში ამ ნაერთების თვისებების, ტოქსიკურობის და ანალიზის მეთოდების აღწერის დროს.

§8. სამკურნალო ნივთიერებების და შხამების სიკვდილის შემდგომი ცვლილებები გვამში

ამ თავში მოყვანილია მონაცემები შხამიანი ნივთიერებების შემადგენლობის შეცვლაზე ლპობად გვამში და გვამების დაშლის პროდუქტებში. აქ არ განიხილება ბიოტრანსფორმაციის საკითხი. გვამების და მათში არსებული შხამების დაშლის პროცესების ცოდნა აუცილებელია ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგებისათვის (სასამართლო ქიმიკოსებისათვის) გახრწნილი ბიოლოგიური მასალის გამოკვლევისას ტოქსიკური ნივთიერებების არსებობაზე.

სიკვდილის შემდეგ გვამის ქსოვილების დაშლის გამო წარმოიქმნება ნივთიერებები, რომლებიც ხელს უშლიან მოწამვლის გამომწვევი შხამების აღმოჩენას და რაოდენობრივ განსაზღვრას. გვამის ლპობის შედეგად წარმოქმნილი მრავალი ნივთიერება ისეთივე რეაქციებს იძლევა, როგორსაც შხამები. ეს გარემოება შეიძლება გახდეს გვამის ორგანოებში შხამის არსებობაზე მცდარი დასკვნის მიზეზი. გარდა ამისა, გვამის ლპობის პროცესში მოწამვლის გამომწვევი ზოგიერთი ნივთიერება განიცდის ქიმიურ გარდაქმნას. გვამის მასალიდან საკვლევი ნივთიერების გამოყოფის, აღმოჩენის და რაოდენიბრივი განსაზღვრის მეთოდების შერჩევის დროს ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგმა უნდა გაითვალისწინოს გვამის ქსოვილების დაშლის და მათში არსებული შხამების შემადგენლობის შეცვლის გამო გვამის ქსოვილებში ახალი ნივთიერებების გამოჩენის შესაძლებლობა.

ვინაიდან გვამის გახრწნისას წარმოქმნილმა ნივთიერებებმა მნიშვნელოვნად შეიძლება გაახანგრძლივონ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის დროს შხამების აღმოჩენის და რაოდენობრივი განსაზღვის პროცესი, მოკლედ შევჩერდეთ იმ ცვლილებების აღწერაზე, რომლებიც მიმდინარეობს გვამში, აგრეთვე შხამიანი ნივთიერებების ცვლილებაზე ლპობითი პროცესების დროს.

§9. ბიოლოგიური მასალის გახრწნა სიკვდილის შემდეგ

სიკვდილის შემდეგ სპეციალური უჯრედული ფერმენტების ე.წ. <u>კატეფსინების</u> მოქმედებით მიმდინარეობს უჯრედების აუტოლიზი (თვითმონელება), რის შედეგადაც ნივთიერებები იშლება უფრო მარტივ ნაერთებად. კატეფსინებს შეიცავს მრავალი ორგანოს უჯრედის ლიზოსომები. ყველაზე დიდი რაოდენობით ისინი იმყოფებიან კუჭქვეშა ჯირკვლის, ღვიძლის, თირკმლის და ელენთის უჯრედებში, მცირე რაოდენობითაა ისინი სხვა ორგანოებსა და ქსოვილებში.

ცოცხალ ორგანიზმში კატეფსინებს და სხვა ჰიდროლიზურ ფერმენტებს ახასიათებთ უმნიშვნელო აქტიურობა. კატეფსინებით გამოწვეული ცილების დაშლა

ცოცხალ ორგანიზმში სწრაფად აღდგება მათი სინთეზის გზით. სიკვდილის შემდეგ კატეფსინების აქტივობა მნიშვნელოვნად მატულობს. ცოცხალი ორგანიზმის ქსოვილების pH=6.8-7.2, სიკვდილის შემდეგ pH მჟავე არისკენ იხრება, რაც აძლიერებს კატეფსინების აქტივობას.

ამრიგად, აუტოლიზი გვამებში მიმდინარე ერთ-ერთი ადრეული პროცესია. აუტოლიზი პირველ რიგში, როგორც უკვე ავღნიშნეთ, მიმდინარეობს გვამის იმ ქსოვილიბში, რომლებიც მდიდარია კატეფსინებით (კუჭქვეშა ჯირკვალი, ღვიძლი, თირკმელი და სხვა). აუტოლიზის სწრაფად მიმდინარეობას ხელს უწყობს გვამის ქსოვილების დაზიანება სიცოცხლეში (ანთება, დამწვრობა, მოყინვა და ა.შ.). ცნობილია აუტოლიზის შემაჩერებელი სხვადასხვა ფაქტორები (გვამში ფტორიდების, ციანიდების, დარიშხანის ნაერთების, კარბოქსიჰემოგლობინის, საგულე გლიკოზიდების და სხვათა არსებობა).

სიკვდილიდან უკვე რამდენიმე საათის შემდეგ ნაწლავებში არსებული ბაქტერიები ნაწლავების კედლების გავლით შედიან სისხლძარღვებში და ვრცელდებიან მთელ გვამში. ამის შედეგად მიკროორგანიზმების ფერმენტების გავლენით ადგილი აქვს გვამის ორგანოების და ქსოვილების ლპობას (პუტრიფიკაციას).

გვამში განვითარებული ბაქტერიული ფლორის სახეობითი შემადგენლობა დამოკიდებულია ნაწლავებში არსებული ბაქტერიების ბუნებაზე. ხშირ შემთხვევაში გვამის ფლორას წარმოადგენენ სტაფილოკოკები და სტრეპტოკოკები.

ამრიგად, გვამის გახრწნა თავდაპირველად მიმდინარეობს აუტოლიზის შედეგად, შემდეგ აუტოლიზს თან ერთვის ლპობის პროცესი, რომელიც იწყება სიკვდილიდან 3-4 საათის შემდეგ. გვამის ლპობის დაწყებას ადასტურებს სპეციფიკური სუნის გაჩენა. შემდგომი, უფრო ღრმა ლპობა გვამის ქსოვილებისა მიმდინარეობს მიკროორგანიზმების ფერმენტებით გამოწვეული ლპობის გზით.

ცილოვანი და სხვა ნივთიერებების ლპობის დროს გვამში წარმოიქმნება უფრო მარტივი ნივთიერებები, რომელთა ქიმიური თვისებები შეიძლება იყოს ზოგიერთი შხამის მსგავსი. ეს აძნელებს გვამის ქსოველებსა და ორგანოებში არსებული შხამების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ გამოკვლევას.

გვამის ლპობის პროცესის ინტენსივობა და ამ დროს წარმოქმნილი ნივთიერებების შემადგენლობა დამოკიდებულია მიკრობული ფლორის სახეობით შემადგენლობაზე, ტემპერატურაზე, სინამეზე, ჰაერის მიწოდებაზე და რიგ სხვა ფაქტორებზე.

ცილების ხრწნის დროს წარმოიქმნება პეპტიდები, რომლებიც იშლებიან ამინომჟავების წარმოქმნით. ამ უკანასკნელებმა შეიძლება განიცადონ დეზამინირება

ამიაკის გამოყოფით. გოგირდშემცველი ამინომჟავები იშლებიან გოგირდწყალბადის გამოყოფით. ცილების ხრწნის დროს შეიძლება წარმოიშვას მერკაპტანები (თიოსპირტები და თიოფენოლები), ორგანული მჟავები, მათი დეკარბოქსილირების პროდუქტები, აგრეთვე ამინები, რომლებსაც ხშირად <u>პტომაინებს უწოდებენ</u> (პუტრესცინი, კადავერინი, ეთილენდიამინი და სხვები).

ნახშირწყლების ლპობითი დაშლის დროს წარმოიქმნება ორგანული მჟავები, მათი დეკარბოქსილირების პროდუქტები, ალდეჰიდები, კეტონები, ლაქტონები, ნახშირბადის (IV) ოქსიდი.

ლპობის ბაქტერიების გავლენით ამინომჟავები და ცხიმები იჟანგებიან სპირტების წარმოქმნით, რომელთა ნარევი შეიცავს მეთილის, ეთილის და უმაღლეს სპირტებს: ნაწლავის ჩხირის ფერმენტების მოქმედებით გლუკოზიდან მიიღება სხვადასხვა რაოდენობით პროპილის, ბუთილის და მეთილის სპირტები, ლეიცინიდან წარმოიქმნება ამილის სპირტი, ვანილინიდან – იზობუთილის სპირტი. ზემოთ ჩამოთვლილი სპირტები შემდგომში იჟანგებიან ალდეჰიდებად და შესაბამის მჟავებად.

ფ. სელმიმ 1878 წელს გახრწნილ გვამებში აღმოაჩინა ე.წ. პტომაინები, რომლებმაც ეს სახელწოდება მიიღეს ბერძნული სიტყვიდან Ptoma, რაც მკვდარ სხეულს (გვამს) ნიშნავს. ძირითადი პტომაინების რიცხვს თავდაპირველად მიაკუთვნებდნენ პუტრესცინს (ტეტრაეთილენდიამინს) და კადავერინს (პენტამეთილდიამინს). ამ ნივთიერებებს იმ დროში ცნობილ ნივთიერებათა შორის ერთ-ერთ ყველაზე მეტად ტოქსიკურ ნივთიერებებად მიიჩნევდნენ.

მოგვიანებით, სხვა მკვლევარებმა ხრწნადი ბიოლოგიური მასალიდან გამოყვეს ე.წ. გვამის ალკალოიდები (კონიინი, ვერატრინი, სტრიქნინი და სხვა), რომლებსაც აგრეთვე პტომაინებს მიაკუთვნებდნენ. ჰადამერმა განაზოგადა ლიტერატურული მონაცემები პტომაინებზე და მოიყვანა მონაცემები, რომელშიც აღწერილი იყო ამ ჯგუფის 67 დასახელების ნივთიერება. ხრწნადი გვამის ორგანოებიდან გამოყოფილი ამ ნივთიერებების გვამის ალკალოიდებისთვის მიკუთვნებას ისინი ამტკიცებდნენ დალექვის და ფერადი არასპეციფიკური რეაქციებით. ასე, მაგალითად, თუ გვამიდან გამოყოფილი ნივთიერება იძლეოდა იმავე რეაქციას, როგორსაც კონიინი, მას უწოდებდნენ გვამის კონიინს.

ორგანული და ანალიზური ქიმიის განვითარებასთან ერთად ცნობილი გახდა, რომ "გვამის ალკალოიდები" ელემენტური შემადგენლობით შესაბამისი ალკოლოიდების იდენტური არ არიან. ანალოგიური დასკვნები იქნა გაკეთებული ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების (ქრომატოგრაფია, სპექტროფოტომეტრია და

სხვა) გამოყენების საფუძველზე. ამრიგად, დადგენილია, რომ პტომაინების უმრავლესობა მიეკუთვნება არა ალკალოიდებს, არამედ ფუძე ხასიათის სხვა აზოტოვან ნაერთებს, რომლებიც ხელს უშლიან ბიოლოგიური მასალიდან გამოყოფილი ალკოლოიდების აღმოჩენას. ამიტომ, დასკვნის გაკეთება ხრწნადი ბიოლოგიური მასალიდან გამოყოფილი ალკალოიდების არსებობაზე მხოლოდ თვისებითი რეაქციების საფუძველზე შეუძლებელია. ამ მიზნით გამოყენებულ უნდა იქნეს როგორც თვისებითი რეაქციები, ასევე თანამედროვე ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები.

სადავო აღმოჩნდა პტომაინების ტოქსიკურობაც. პტომაინების გასუფთავების შემდეგ მიღებული იქნა ნივთიერებები, რომელთა ტოქსიკურობა ბევრად უფრო ნაკლებია, ვიდრე გვამიდან გამოყოფილი პტომაინებისა.

ლაბორატორიაში სინთეზური გზით მიღებული პუტრესცინი და კადავერინიც ნაკლებ ტოქსიკურია, ვიდრე გვამის ორგანოებიდან გამოყოფილი ეს ნივთიერებები. ამიტომ, პტომაინების ტოქსიკურობა აიხსნება იმ მინარევებით, რომლებიც თან ახლავს პტომაინებს ხრწნად ბიოლოგიურ მასალაში. მინარევებს მიაკუთვნებენ ბაქტერიულ ტოქსინებს და სინთეზის რიგ პროდუქტს, რომლებიც წარმოიშვებიან გვამის მასაში ბაქტერიალური ფერმენტების მოქმედებით.

ზემოთ აღწერილი <u>ლპობის პროცესები გვამში მიმდინარეობს ძირითადად უჰაეროდ (მიწაში).</u> ცალკეულ შემთხვევებში გვამი შეიძლება იმყოფებოდეს მიწის ზემოთ, ან ადგილებში, სადაც ჰაერის ჟანგბადი თავისუფლად ხვდება. ასეთ შემთხვევაში გვამის <u>ლპობა მიმდინარეობს აერობული ბაქტერიების მოქმედებით. გვამის ლპობის ასეთ პროცესს გახრწნას უწოდებენ</u>.

<u>**გახრწნა**</u> – გვამის ლპობის ეს სახეობა ძირითადად მიმდინარეობს აერობული ბაქტერიების მოქმედებით ჰაერის და მცირე სინამის პირობებში. უჰაერობის დროს გვამის ლპობისას უფრო მეტი ნაერთი წარმოიქმნება, ვიდრე გახწნისას. გარდა ამისა, მრავალი ნაერთი, რომლებიც წარმოიქმნება უჰაერო ლპობისას, ბევრად უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე ჰაერზე გახრწნის დროს წარმოქმნილი ნაერთები. გახრწნის პროცესში მიმდინარეობს გვამის სწრაფი გაუწყლოება და წარმოიქმნება ობის სოკოებისა და ჭიების წარმოშობის პირობები, რომლებსაც შეუძლიათ გვამი დაიყვანონ ჩონჩხამდე.

გახრწნის პირობების მიხედვით შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ცხიმ-ცვილის წარმოქმნას ან გვამის მუმიფიკაციას.

<u>**ცხიმი-ცვილი**</u> გვამის ქსოვილების თავისებური მდგომარეობაა, რომელიც წარმოიქმნება ცხიმოვანი მჟავების შესაბამის ტუტე-მიწათა და ტუტე მარილებთან ურთიერთქმედების შედეგად მომატებული სინამის (წყალში, სველ ნიადაგში) და

ჰაერის უკმარისობის ან უჰაერობის დროს. აღნიშნულ პირობებში ადგილი აქვს მაცერაციის პროცესს, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ეპიდერმისის მოშორებას, შემდეგ კი ეპიდერმისდაკარგულ კანიდან გვამში შედის წყალი. იგი ქსოვილებიდან გამორეცხავს სისხლს და რიგ ნივთიერებებს, რის შემდეგაც გვამში ადგილი აქვს ცხიმების გასაპვნას. ცხიმები იშლებიან გლიცერინად და ცხიმოვან მჟავეებად. გლიცერინი და ოლეინის მჟავა გვამის ქსოვილებიდან გამოირეცხება წყლით, პალმიტინის და სტეარინის მჟავეები კი ტუტე-მიწათა და ტუტე მეტალების მარილებთან წარმოქმნიან მარილებს (საპნებს). სწორედ ეს მარილები შეადგენენ ცხიმ-ცვილებს. იგი მყარი საპნისმაგვარი ან ხაჭოსმაგვარი მასაა. ცხიმ-ცვილების წარმოქმნის შედეგად, გვამი ინარჩუნებს გარეგნულ ფორმას. გვამის შინაგანი ორგანოები, რომლებიც იმყოფება ცხიმ-ცვილის მდგომარეობაში, არ ჩანს. მათ ადგილზე აღინიშნება ცვილოვანი მასა. ცხიმ-ცვილის მდგომარეობაში მყოფი გვამის ან მისი ნაწილების სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტიზის დროს შეიძლება აღმოჩნდეს ადრე მიყენებული დაზიანების კვალი (ნატყვიარი, ჭრილობები და სხვა). ცხიმ-ცვილში ზოგიერთი შხამი დიდხანს ინახება. ამრიგად, ცხიმ-ცვილი გვამის ბუნებრივი კონსერვაციის ერთ-ერთი სახეობაა.

მუმიფიკაცია – არის გვამის სრული გამოშრობა. პროცესი მიმდინარეობს მშრალი ჰაერის, მაღალი ტამპერატურის და კარგი ვენტილაციის პირობებში. ასეთ პირობებში ხრწნის პროცესები ქრება და ადგილი აქვს გვამის გამოშრობას, გვამის მასისა და მოცულობის შემცირებას, რბილი ქსოვილების გამკვრივებას და დანაოჭებას, კანი ღებულობს მურა-ყავისფერ შეფერვას და ემსგავსება პერგამენტს. მოზრდილი ადამიანის გვამის მუმიფიცირება მიმდინარეობს 3-6 თვის განმავლობაში, ბავშვის კი 3-4 კვირის განმავლობაში. მუმიფიცირებულ გვამებში მოწამვლის გამომწვევი ზოგიერთი შხამები ინახება ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

გვამის ორგანოების და ქსოვილების ლპობის პროცესების განხილვის დროს ჩამოთვლილი იყო ამ დროს წარმოშობილი ზოგიერთი ნაერთები. ამ ნაერთების სია არ ამოიწურება მოყვანილი მონაცემებით. ლიტერატურული წყაროების საფუძველზე **ჰადამერის** მიერ დადგენილი იქნა, რომ გვამის ხრწნის შედეგად შეიძლება წარმოიქმნას 1300-მდე სხვადასხვა ნივთიერება. მრავალი მათგანი იძლევა ისეთივე რეაქციებს, როგორსაც ზოგიერთი შხამიანი ნაერთები, რომლებსაც ეძებენ ბიოლოგიურ მასალაში სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევის დროს.

ცხადია, რომ გვამის ლპობის პროდუქტების ასეთი დიდი რაოდენობა ერთდროულად არ შეიძლება მოიპოვებოდეს ბიოლოგიურ მასალაში. ამ ნივთიერებების წარმოქმნა გვამში ეტაპობრივად ხდება. ლპობის ყველა ეტაპზე წარმოიქმნება დაშ-

ლის პროდუქტების განსაზღვრული რიცხვი, რომლებიც შემდეგში კიდევ განიცდიან გარდაქმნას. მოცემულ ეტაპზე წარმოქმნილი ნაერთის ქიმიური შემადგენლობა დამოკიდებულია გვამური მასალის ხრწნის დროზე, ტემპერატურაზე, სინამეზე, ჰაერის მიწოდებაზე, ბაქტერიულ ფლორაზე, ორგანოების და ქსოვილების შემადგენლობაზე და რიგ სხვა ფაქტორებზე.

იმის გათვალისწინებით, რომ დროთა განმავლობაში გვამის მასალის დაშლის პროდუქტების რიცხვი მატულობს, ამ მასალის ანალიზი შხამების არსებობაზე უნდა ჩატარდეს სიკვდილიდან ერთი-ორი დღის შემდეგ. მიუხედავად ამისა, რიგ შემთხვევებში სასამართლო-ქიმიურ ლაბორატორიაში ანალიზზე გვამის ორგანოები და ბიოლოგიური სითხეები (სისხლი, შარდი) მოგვიანებით, მათში ლპობის პროცესების დაწყების შემდეგ ხვდება. ეს აიხსნება სხვადასხვა მიზეზით. ზოგჯერ გვამს პოულობენ გარდაცვალებიდან რამდენიმე დღის ან თვის შემდეგ. ზოგ შემთხვევებში საჭირო ხდება გვამის ექსჰუმაცია (დამარხული გვამის ამოღება მიწიდან სასამართლო-სამედიცინო და სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევებისათვის).

§10. გვამის ლპობისას შხამების ცვლილებები

შხამიანი ნივთიერებები, რომლებმაც გამოიწვიეს მოწამვლა გვამის ლპობის ან გახრწნის დროს განიცდიან გარდაქმნებს. ამ გარდაქმნების ხასიათი დამოკიდებულია შხამების ბუნებაზე, გვამის ბაქტერიულ ფლორაზე, ჰაერის მიწოდებაზე, სინამეზე, ლპობის ან ხრწნის დროზე და რიგ სხვა ფაქტორებზე.

შხამიანი ნივთიერებები, რომლებიც მიეკუთვნებიან ორგანული ნაერთების სხვადასხვა კლასებს, ხრწნად გვამში უფრო მალე იშლება, ვიდრე არაორგანული შხამიანი ნივთიერებები. ორგანული შხამებიდან ყველაზე სწრაფად იშლება რთული ეთერები. ამ ჯგუფის შხამების უმრავლესობის გვამში აღმოჩენა უკვე შეუძლებელია გარდაცვალებიდან რამდენიმე დღის ან კვირის შემდეგ. თუმცა არსებობს რთული ეთერების წარმომადგენელი შხამიანი ნივთიერებები, რომელთა აღმოჩენა გვამში შეიძლება გარდაცვალებიდან რამდენიმე თვის ან წლის შემდეგაც (ატროპინი, კოკაინი და სხვა).

ორგანული შხამიანი ნივთიერებების უმრავლესობა გვამში განიცდის დაჟანგვას, აღდგენას, დეზამინირებას, დეკარბოქსილირებას, დესულფირებას და სხვა გარდაქმნებს. ლიტერატურული მონაცემები გვამში ორგანული შხამიანი ნაერთების შენახვაზე ხშირად ურთიერთსაწინააღმდეგოა. გვამში შხამების გარდაქმნის ვადები დამოკიდებულია ლპობის (ან ხრწნის) პირობებზე. გვამში უფრო მდგრადი არიან არაორგანული შხამიანი ნივთიერებანი. ამ ნივთიერებების უმრავლესობა გვამის

ლპობის პროცესში განიცდის აღდგენას. მაღალი ვალენტობის მქონე ლითონთა იონები აღდგებიან დაბალი ვალენტობის მქონე იონებად. დარიშხანის, ფოსფორის, გოგირდის და სხვა არალითონების ნაერთები შეიძლება აღდგნენ ამ ელემენტების წყალბადთან აქროლადი ნაერთების წარმოქმნით.

თალიუმის და დარიშხანის ნაერთები გვამში ინახება 8-9 წელი, ბარიუმის და სტიბიუმის – 5 წელი, ვერცხლისწყლისა – რამდენიმე თვე. ამის შედეგად არაორგანული შხამები გადადიან ნიადაგში და მათი აღმოჩენა ხრწნად ან გახრწნილ გვამში თითქმის შეუძლებელი ხდება.

ტოქსიკოლოგიური ქიმია

ნაწილი II

კერძო ნაწილი

თავი 7.
ნივთიერებათა ჯგუფი, რომელთა იზოლირებას ახდენენ წყლის ორთქლით გადადენის გზით "აქროლადი შხამები"

§1. "აქროლადი შხამების" ზოგადი დახასიათება და თავისებურებები

"აქროლადი შხამები" – ტოქსიკური ნივთიერებებია, რომელთა იზოლირებას ახდენენ წყლის ორთქლით გადადენით. მათ რიცხვს მიეკუთვნება ციანწყალბადმჟავა, ალიფატური რიგის ჰალოგენწარმოებულები (ქლოროფორმი, ოთხქლორნახშირბადი, დიქლორეთანი, ქლორალჰიდრატი), ალდეჰიდები (ფორმალდეჰიდი), კეტონები (აცეტონი), სპირტები (მეთილის, ეთილის, იზოამილის, ეთილენგლიკოლი), რთული ეთერები (ძმარმჟავა-ეთილის, ძმარმჟავა-ამილის ეთერები), არომატული ნახშირწყალბადები და მათი წარმოებულები (ბენზოლი, ტოლუოლი, ქსილოლი, ანილინი); ფენოლები და ფენოლომჟავები (ფენოლი, სილიცილის მჟავა), ეთილირებული ტყვია, გოგირდნახშირბადი, ფოსფორი და მისი დაჟანგვის (ფოსფორმჟავები) და აღდგენის (ფოსფოროვანი წყალბადი) შედეგად მიღებული ნივთიერებანი.

ქვემოთ მოცემულია ზოგიერთი "აქროლადი შხამის" ლეტალური დოზები:

- ციანწყალბადმჟავა (HCN) - 0.05-0.1 გ;
- მეთილის სპირტი (CH_3OH) - 25-100 გ (7-8 გ იწვევს სიბრმავეს);
- ქლოროფორმი ($CHCl_3$) - 50-70 გ;
- ძმარმჟავა (CH_3COOH) - 15 გ.

აღნიშნული ნივთიერებები მაღალტოქსიკურებია და ამავე დროს ადვილად ხელმისაწვდომი ისინი ფართოდ გამოიყენებიან მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში, მედიცინაში და ა. შ. მაგალითად, მედიცინაში გამოიყენება ქლოროფორმი, ეთანოლი, ფენოლი, ეთერი; სოფლის მეურნეობაში - B და C ციკლონები (მავნებლებთან საბრძოლველად); ქარხნებსა და ფაბრიკებში – ბენზოლი, აცეტონი და სხვა ორგანული გამხსნელები.

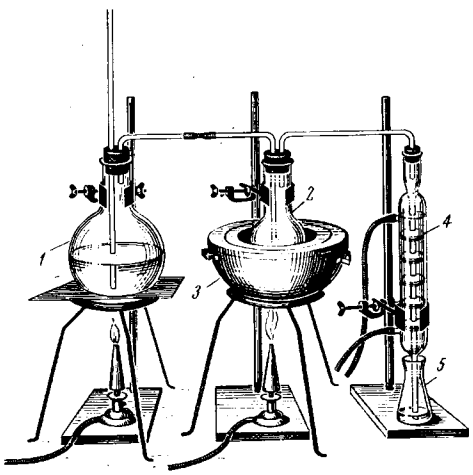
"აქროლადი შხამების" ზოგადი თვისებები. "აქროლადი შხამები" ადვილად გადაიდენება წყლის ორთქლთან ერთად იმისგან დამოუკიდებლად, თუ როგორ ერევიან წყალს. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა შევუქმნათ მათ უფრო რბილი პირობები ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირებისათვის, რადგან ზოგიერთი ნივთიერება მაღალ ტემპერატურაზე შეიძლება დაიშალოს, ზოგი კი შეიძლება გადავიდეს ფისოვან მდგომარეობაში.

ამ მეთოდს საფუძვლად უდევს გადასადენი ნარევის ნაჯერი ორთქლის წნევის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე. სითხე დუღილს იწყებს და გადაიდენება თუ ორთქლის წნევა სითხის ზედაპირზე ატმოსფეროს წნევის ტოლი ან მეტი იქნება. $\sum_n P_1 + P_{2...} = P_n > P_{ატმ.}$, სადაც $\sum_n P_1 + P_{2...}$ - წყლის და სითხის პარციალური წნევების ჯამია; P_n - ორთქლის წნევა სითხის (ნარევის) ზედაპირზე.

მაშასადამე, წყლისა და "აქროლადი შხამის" ნარევი გადაიდენება უფრო ნაკლებ ტემპერატურაზე, ვიდრე თვითონ ეს ნივთიერება ან წყალი. მაგალითად ბენზოლის $t_{დუღ.(C_6H_6)}$ = 80°C; წყლის $t_{დუღ.(H_2O)}$ = 100°C. ბენზოლის და წყლის თანაბარი რაოდენობებისაგან მიღებული ნარევი კი დუღს 69.2°C ტემპერატურაზე.

§2. "აქროლადი შხამების" ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირების მეთოდები

სასამართლო-ქიმიურ (ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ) ლაბორატორიებში "აქროლადი შხამების" ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირებას ახდენენ წყლის ორთქლთან გადადენის (დისტილაციის) მეთოდით (ნახ. 7.1.):

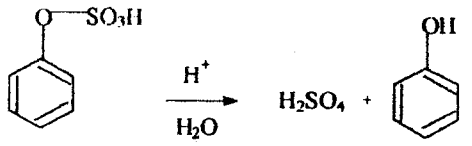


ნახ 7.1. "აქროლადი შხამების" წყლის ორთქლით გადასადენი აპარატი

1. - ორთქლის წარმომქმნელი; 2 - კოლბა გამოსაკვლევი ობიექტით; 3 - წყლის აბაზანა; 4. ბურთულებიანი წყლის მაცივარი; 5. დისტილატის მიმღები.

100 გ ბიოლოგიურ მასალას აქუცმაცებენ, შეურევენ გამოხდილ წყალს ფაფისებრი მასის მიღებამდე და ათავსებენ მრგვალძირიან კოლბაში. საკვლევმა ობიექტმა უნდა დაიჭიროს საანალიზო ჭურჭლის მოცულობის მესამედი. კოლბას საანალიზო მასალით დგამენ წყლის აბაზანაზე (ნახ. 7.1.). ორთქლის წარმომქნელს აცხელებენ წყლის ორთქლის გამოჩენამდე, გამოსაკვლევ ნარევს შეამჟავებენ მჟაუნმჟავას ან ღვინის მჟავას ნაჯერი წყლიანი ხსნარით pH 2-2.5-მდე და დაუყონებლივ ახდენენ ორთქლის წარმომქნელის, მაცივრის და მიმღების ერთმანეთთან მიერთებას, მხოლოდ ამის შემდეგ აცხელებენ წყლის აბაზანას. pH შერჩევა განპირობებულია იმით, რომ pH 2-2.5 უზრუნველყოფს ნივთიერების ცილასთან კავშირის სრულ დაშლას.

მჟავის შერჩევა მნიშვნელოვანია, ვინაიდან არასწორად გამოყენებულმა მინერალურმა მჟავეებმა შეიძლება გამოიწვიოს "აქროლადი შხამების" დაშლა, მაგალითად ციანწყალბადმჟავის: $HCN + 2H_2O + H^+ \rightarrow HCOOH + NH_4^+$ ან გამოიწვიოს შხამიანი ნივთიერებების წარმოქმნა ბიოლოგიური მასალის გამოკვლევის დროს, მაგალითად, ცილის ხრწნის შედეგად ორგანიზმში წარმოიქმნება გოგირდმჟავა ფენოლის ეთერი.



სუსტი ორგანული მჟავები ეთერს ვერ შლიან, გადაიდენება ფენოლი, რომელიც ორგანიზმში ხვდება გარედან.

"აქროლადი შხამების" იზოლირებისას შემამჟავებელი აგენტის სახით მინერალური მჟავების გამოყენების მაგალითს წარმოადგენს ძმარმჟავის დისტილაცია. ამ დროს ბიოლოგიურ მასალას ამატებენ ან გოგირდმჟავას (H_2SO_4) ან ფოსფორმჟავას (H_3PO_4). მინერალური მჟავები ხსნარში წონასწორობას ხრიან ძმარმჟავის მოლეკულური ფორმის წარმოქმნის მიმართულებით. მოლეკულური ფორმის სრული გადადენა კი ხდება წყლის ორთქლთან ერთად:

$$CH_3COOH \rightleftarrows H^+ + CH_3COO^-$$

დისტილატს აგროვებენ მიმღებში. პირველადი დისტილატი შეიცავს ყველაზე მეტ რაოდენობა "აქროლად შხამებს". საყურადღებოა, რომ ციანწყალბადმჟავას (HCN) აგროვებენ მიმღებში (50 მლ მოცულობის კონუსური კოლბა), რომელშიც წინასწარ მოთავსებულია NaOH-ის 2% ხსნარის 2 მლ; გადადენისას იღებენ დისტილატის 25 მლ მოცულობის 1-2 ულუფას.

თუ გადადენის დროს, რომელიმე შხამზე მივიღებთ დადებით შედეგს, გადადენა მიმდინარეობს მანამ, სანამ დისტილატი კვლევის ობიექტის არსებობაზე არ მოგვცემს უარყოფით შედეგს. შეგროვილ დისტილატებს შემდეგში იკვლევენ თვისობრივად და რაოდენობრივად.

ზოგიერთი ფუძე ხასიათის ნივთიერებების გადადენას ახდენენ შეტუტიანებული ბიოლოგიური მასალიდან: (ანილინე, პირიდინი, ნიკოტინი, ანბაზინი და სხვები). ამ შემთხვევაში შემჟავებული ბიოლოგიური მასალიდან ნივთიერებათა გადადენის შემდეგ მას შეატუტიანებენ NaOH-ის 5% ხსნარით pH 8-9-მდე და ხელახლა გადადენიან, აგროვებენ 10-15 მლ მოცულობის 2-4 დისტილატს, მარილმჟავას 0.1 M ხსნარში.

იზოლირებისას "აქროლად შხამებს" წყალთან შერევის უნარის მიხედვით ყოფენ:

1. <u>ნივთიერებებად, რომლებიც არ ერევიან ან ცუდად ერევიან წყალს</u> (ბენზოლი, ქლოროფორმი), გადადენის შემდეგ გვაძლევენ ორ-ერთმანეთისაგან ნათლად გამოყოფილ ფენებს: წყალი და ნივთიერება, რომელთა დაყოფა ადვილია.

2. <u>ნივთიერებებად, რომლებიც წყალთან იძლევიან ე.წ. აზეოტროპულ ნარევებს,</u> რომელთა ორთქლის და სითხის შემადგენლობა ერთნაირია (ფენოლი, ეთანოლი) და დისტილატში ერთმანეთისაგან არ იყოფიან. აზეოტროპული ნარევების დასაყოფად იყენებენ გადადენას წნევის შემცირებით ან მომატებით (სპირტის წყალთან აზეოტროპული ნარევი - 96% C_2H_5OH + 4% H_2O – გადაიდენება 78°C-ზე. წნევის დაწევისას 100 მმ-მდე დისტილაციის დროს ნარევს აქვს შემდეგი შედგენილობა – 99.62% C_2H_5OH + 0.4% H_2O და გადაიდენება 34°C-ზე.

თუ წყლის ორთქლთან ერთად გადადენისას შხამების შემცველობა დისტილატში მცირეა ან მასში ხვდებიან ნივთიერებანი, რომლებიც წარმოიქმნებიან ბიოლოგიური მასალის ხრწნის შემდეგ, გასუფთავებისათვის ახდენენ დისტილატების ფრაქციულ გადადენას.

მშრალად გამოხდის (გადადენის) მეთოდი გამოიყენება სისხლის, შარდის, ჰომოგენიზირებელი ორგანოების მცირე რაოდენობის სინჯების ანალიზისათვის.

მშრალ გამოხდას აწარმოებენ დახურულ კამერაში ან ბიუქსებში, რომელთა ფსკერზე ათავსებენ საანალიზო სინჯს და ბრძმედს მშთანთქმელი სითხით. ადგილი აქვს შხამის აქროლებას (გამომმარილებლების თანაობისას ან მათ გარეშე) ოთახის ტემპერატურაზე ან შეთბობით (37-50°C) და შთანთქმას მშთანთქმელ ხსნარში, რომელზეც შემდგომში ატარებენ რეაქციებს.

ცოცხალი პირების სისხლის, შარდის, კუჭის ამონარეცხი წყლების ლაბორატორიული ექსპრესს-ანალიზის ჩატარებისას, მწვავე ინტოქსიკაციების დროს, იყენებენ **ანალიზის პარაფაზურ** მეთოდს, რომელიც მდგომარეობს ორთქლისებრი ფაზის ანალიზისათვის გაზური-ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებაში. ამ დროს შხამები გადაჰყავთ ორთქლისებრ მდგომარეობაში და შემდეგ ატარებენ მათ დაყოფას და დეტექტირებას.

§3. ქიმიური მეთოდებით დისტილატების ანალიზის ზოგადი სქემა

3.1. პირველი დისტილატის ანალიზი – ციანწყალბადმჟავას აღმოჩენა

ანალიზს იწყებენ პირველ დისტილატში ციანწყალბადმჟავას აღმოჩენით:

ც ი ა ნ წ ყ ა ლ ბ ა დ მ ჟ ა ვ ა

ფიზიკური თვისებები – ეს არის უფერო, მწარე ნუშის სუნის მქონე აქროლადი ხსნარი, 25.6°C დუღილის ტემპერატურით.

ძალიან სუსტი მჟავაა, $K_{\partial} = + 4.8 \cdot 10^{-10}$, მისი მარილები წყალში არამდგრადია:

$KCN + H_2O + CO_2 \rightarrow HCN\uparrow + KHCO_3$

$HCN + 2H_2O \rightarrow HCOO\,NH_4$

$KCN + 2H_2O \rightarrow NH_3\uparrow + HCOOK$

ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა: ციანწყალბადმჟავა ძალიან ტოქსიკურია. მისი და მისი მარილების ლეტალური დოზებია: HCN = 0.05-0.1 გ; KCN = 0.15- 0.25 გ.

ციანწყალბადმჟავა თრგუნავს სუნთქვას ანუ ბლოკავს სუნთქვის ფერმენტს – ციტოქრომოქსიდაზას, ამ დროს ჟანგბადი ჰემოგლობინიდან ქსოვილებში არ მიეწოდება: HCN – ცილა – R-Fe^{3+} → ცილა –R-Fe^{3+}-CN + H^+

ციტოქრომოქსიდაზა მდგრადი კომპლექსი

ციანწყალბადმჟავას მეტაბოლიზმი მიმდინარეობს ორი ძირითადი მიმართულებით – 1. ჰიდროლიზი ამონიუმის ფორმიატის წარმოქმნით და ფერმენტ როდანაზას მოქმედებით ციანიდ-იონის როდანიდ-იონში გადასვლით.

ჰიდროლიზი

HCN → $HCOONH_4$

HCN → SCN + H^+

როდანაზა

ანტიდოტები ციანწყალბადმჟავით მოწამვლისას:

1. გოგირდშემცველი ნივთიერებები – ნატრიუმის, კალიუმის თიოსულფატები:

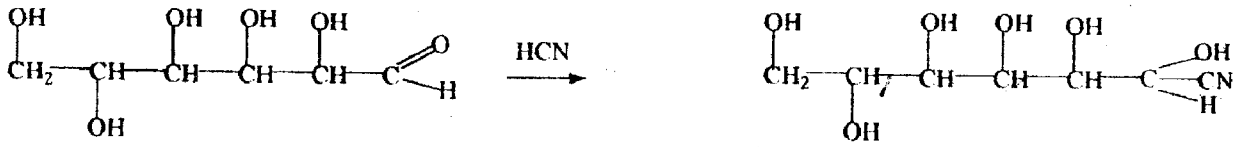
$HCN + Na_2S_2O_3 + O \rightarrow SCN + 2Na^+ + SO_4^{2-}$

2. მეტჰემოგლობინის წარმომქმნელი ნივთიერებები – აზოტოვანი მჟავას მარილები და ეთერები: $NaNO_2$; KNO_2; $C_5H_{11} – O – NO$ (ამილის ეთერი); მეთილენ-ლურჯი.

$$\underset{\text{ჰემოგლობინი}}{Hb(Fe^{2+})} \xrightarrow{NO_2^-} \underset{\text{მეტჰემოგლობინი}}{MtHb(Fe^{3+})} \xrightarrow{CN^-} \underset{\text{ციანმეტჰემოგლობინი}}{MtHb(Fe^{3+}) – CN}$$

CN^- იონი შეიძლება მოიხლიჩოს, ამიტომ ავადმყოფს ერთდროულად უნდა მიეცეს გოგირდშემცველი ნივთიერება და ნახშირწყლები.

3. ნახშირწყლები (გლუკოზა) უერთდება ციანწყალბადმჟავას და მის მარილებს გლუკოზის წარმოქმნით:



გლუკოზა გლუკოზის ციანჰიდრინი

ბიომასალიდან ციანწყალბადმჟავას იზოლირების თავისებურებანი:

იმის გათვალისწინებით, რომ ციანწყალბადმჟავა ადვილად აქროლადი და წყალში მცირედ დისოცირებადია. იგი გადაყავთ მარილში:

$$HCN + NaOH \rightarrow NaCH + H_2O$$

ციანწყალბადმჟავას (HCN)-ის აღმომჩენი რმაქციები:

დისტილატის გამოკვლევას ციანწყალბადმჟავაზე იწყებენ წინასწარი, მაღალმგრძნობიარე და სპეციფიკური – 1. ბერლინის ლაჟვარდის წარმოქმნის რეაქციით:

$$2NaCN + FeSO_4 \rightarrow Fe(CN)_2 + Na_2SO_4$$

$$Fe(CN)_2 + 4\ NaCN \rightarrow Na_4\ [Fe(CN)_6]$$

$$3Na_4\ [Fe(CN)_6] + 4FeCl_3 \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow + 12NaCl$$

რეაქციის ჩატარების თავისებურებაა – ტუტე არეში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს $Fe(OH)_2\downarrow$ და $Fe(OH)_3\downarrow$ წარმოქმნის რეაქციებს, ამიტომ მათი გახსნისათვის სარეაქციო არეს ამატებენ ქლორწყალბადმჟავას (HCl): $Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$, ამასთან გათვალისწინებული უნდა იქნეს, რომ HCl ანელებს ნალექის წარმოქმნას.

შხამის არსებობაზე დასკვნას აკეთებენ 24-48 სთ-ის შემდეგ, რადგან თუ არის ციანწყალბადმჟავას (HCN) კვალი და არის ცილოვანი ნივთიერებები, ნალექი ნელა წარმოიქმნება. ნალექის წარმოქმნის დასაჩქარებლად ამატებენ ბარიუმის ქლორიდს ($BaCl_2$). ამ დროს ($BaSO_4$) ნალექს ეფინება ბერლინის ლაჟვარდის ნალექი.

რეაქციის მგრძნობელობაა: 20 მკგ 1 მლ ხსნარში.

დისტილატში ციანწყალბადმჟავას არსებობის დასამტკიცებლად ტარდება შემდეგი ფერადი რეაქციები:

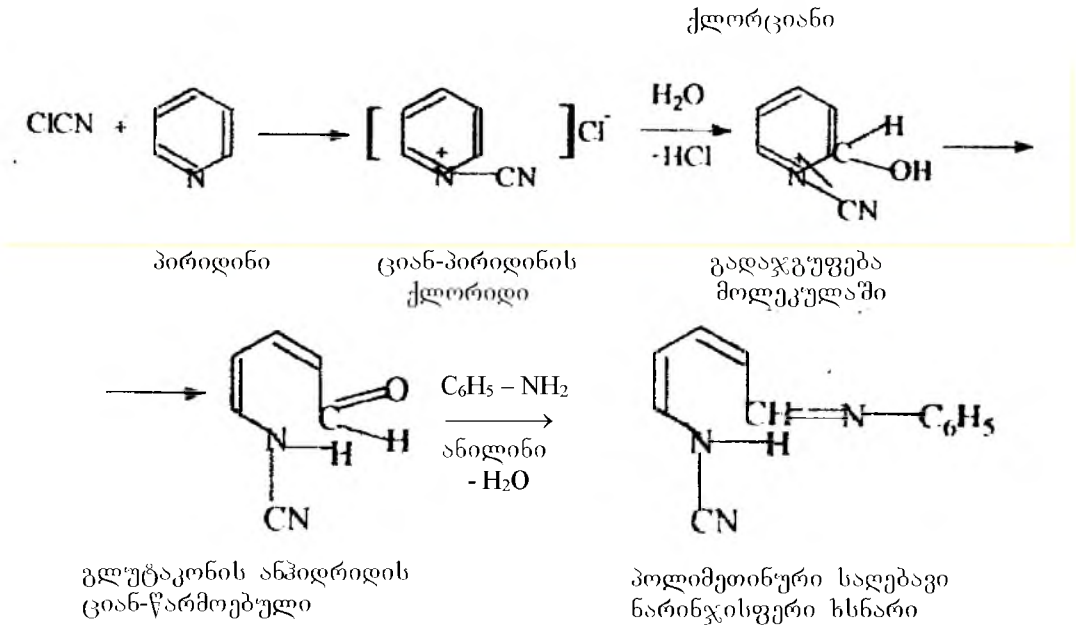
2. რკინის როდანიდის (რკინის თიოციანატის) წარმოქმნის რეაქცია – მაღალმგრძნობიარე (10 მკგ 1 მლ-ში), მაგრამ არასპეციფიკური:

$$KCN + \underset{\text{ამონიუმის პოლისულფიდი}}{(NH_4)_2S_2} \xrightarrow{H^+} KSCN + (NH_4)_2\ S$$

$$3KSCN + FeCl_3 \longrightarrow \underset{\text{სისხლისფერწითელი ხსნარი}}{Fe(SCN)_3} + 3KCl$$

3. პოლიმეთინის წარმოქმნის რეაქცია

– მაღალმგრძნობიარე (0.2 მკგ 1 მლ ხსნარში), მაგრამ არასპეციფიკური: $HCN + Cl_2 \longrightarrow ClCN + HCl$

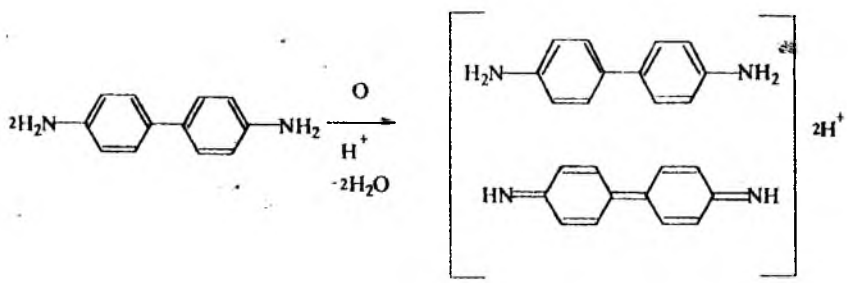


4. ბენზიდინის ლურჯის წარმოქმნის რეაქცია – მგრძნობიარე, მაგრამ არასპეციფიკური: $2HCN + Cu(CH_3COO)_2 \rightarrow Cu(CN_2) + 2CH_3COOH$

$2Cu(CN)_2 \rightarrow (CN)_2 + 2CuCN$

დიციანი

$(CN)_2 + H_2O \rightarrow O + 2HCN$



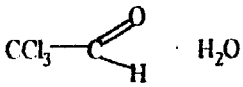
ბენზიდინის ლურჯი

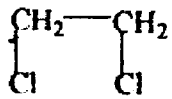
სპილენძის მარილის ხსნარით და ბენზიდინით შესვენებული ქაღალდი ლურჯდება ქლორწყალბადმჟავას და მისი მარილების არსებობისას.

3.2. მეორე დისტილატის ანალიზი - ალიფატური რიგის შსამიანი ჰალოგენწარმოებულები (ქლოროფორმი, ქლორალჰიდრატი, დიქლორეთანი, ოთხქლორნახშირბადი)

მეორე დისტილატის ანალიზს იწყებენ ალიფატური რიგის შხამიანი ჰალოგენწარმოებულების ანალიზით, რომელთა ლეტალური დოზები შემდეგია:

ქლოროფორმის – $CHCl_3$ = 50-70 გ; ოთხქლორნახშირბადის – CCl_4 = 20-50 მლ

ქლორალჰიდრატის  = 10 გ და ნაკლები.

დიქლორეთანის  = 15-25 მლ.

<u>ტოქსიკური მოქმედება</u>:

- ქლოროფორმი და ქლორალჰიდრატი წარმოადგენენ ნარკოტიკებს, ისინი ჯერ აღაგზნებენ, შემდეგ იწვევენ ნერვული სისტემის პარალიზებას.
- ოთხქლორნახშირბადი ორგანიზმზე მოქმედებს ქლოროფორმის მაგვარად, მხოლოდ მოქმედებს ნელა. იწვევს ორგანოების მნიშვნელოვან დაზიანებებს, ღვიძლში და თირკმლებში აღინიშნება ცხიმოვანი გადაგვარება.
- დიქლორეთანი შხამიან ჰალოგენწარმოებულებს შორის ყველაზე ძლიერი ნარკოტიკული მოქმედებისაა.
- ამ ნივთიერებებით მოწამვლებს თან ახლავს ღებინება, ფაღარათი, მუცლის შებერვა, ანურია, ღვიძლის გადიდება და ტკივილები.

<u>მეტაბოლიზმი</u> არასაკმარისადაა შესწავლილი. მეტაბოლური პროცესების საბოლოო პროდუქტებია ნახშირორჟანგი და ქლორწყალბადმჟავა:

1. $CHCl_3 \rightarrow CO_2 + HCl$

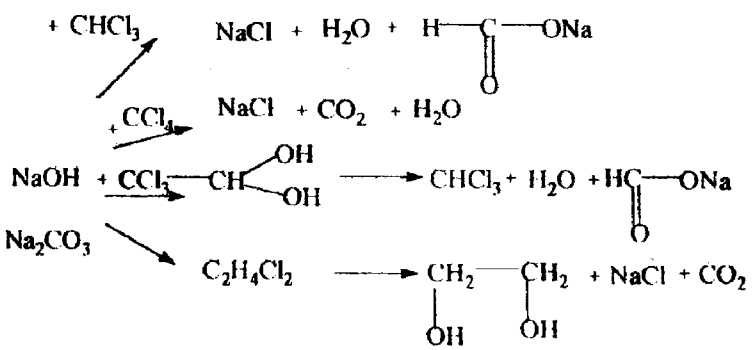
2. $CCl_4 \rightarrow CHCl_3 + CO_2$

ალიფატური რიგის შხამიანი ჰალოგენწარმოებულების იზოლირების თავისებურებაა დისტილატის პირველივე ულუფაში გადადენის უნარი. შხამების მნიშვნელოვანი რაოდენობის არსებობისას (>1 გ) დისტილატში აღინიშნება წყალთან შეურევადი სითხის წვეთები.

აღმოსაჩენი რეაქციები:

ანალიზს იწყებენ ზოგადი (არასპეციფიკური) და დაბალმგრძნობიარე

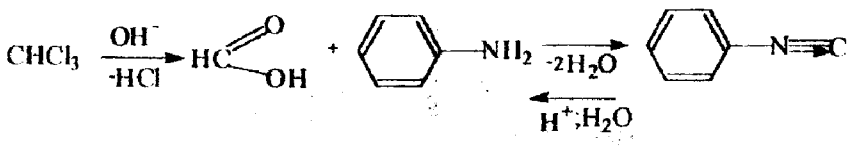
1. ორგანულად შეკავშირებული ქლორის მოხლეჩის რეაქციით, რომელსაც იძლევა ყველა ჰალოგენწარმოებული:



(აცხელებენ 4 სთ მირჩილულ ამპულაში) $Cl^- + Ag^+ \rightarrow AgCl\downarrow$

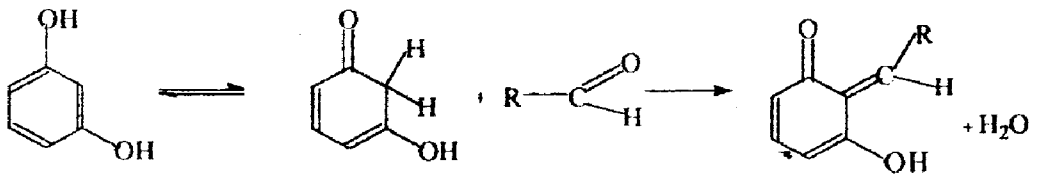
ხსნარში აღინიშნება თეთრი ნალექი ან თეთრი სიმღვრივე. თუ თეთრი სიმღვრივე ან ნალექი არ აღინიშნება, ატარებენ ფუჯივარას რეაქციას, რომელიც დამყარებულია პოლიმეთინის წარმოქმნაზე - არის მგრძნობიარე და არასპეციფიკური რეაქცია.

2. იზონიტრილის წარმოქმნის რეაქცია – მაღალმგრძნობიარე, არასპეციფიკური. ამ რეაქციას საკვლევი ჰალოგენწარმოებულებიდან არ იძლევა მხოლოდ დიქლორეთანი.



წარმოიქმნება არასასიამოვნო სუნი. დადებითი შედეგის მიღებისას ატარებენ სრულ ანალიზს შხამიან ჰალოგენწარმოებულებზე.

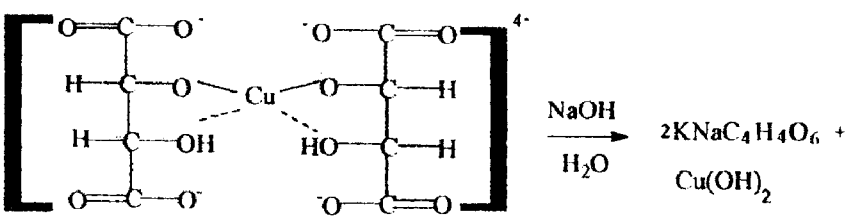
3. რმაქცია რეზორცინთან ტუტე არეში – მგრძნობიარე, არასპეციფიკური – შეიძლება მოგვცენ ალდეჰიდებმა და ჭიანჭველმჟავამაც. მექანიზმი არასაკმარისად არის დადგენილი.

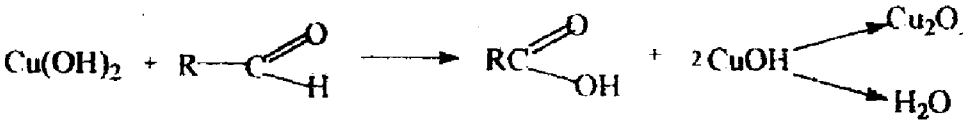


ენოლური ფორმა კეტო ფორმა

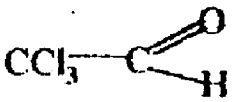
ხსნარი იფერება ვარდისფრად.

4. სპილენძის ჰიდროქსიდის აღდგენის რეაქცია – დაბალმგრძნობიარე და არასპეციფიკურია (ალდეჰიდები), ოთხქლორნახშირბადი და დიქლორეთანი ამ რეაქციას არ იძლევიან.





5. რეაქცია ნესლერის რეაქტივთან – დამასასიათებელია ქლორალჰიდრატისათვის:



$$+ H_2O + K_2[HgI_4] + 3KOH \longrightarrow CCl_3{-}{-}COOK + 4KI + Hg + 2H_2O$$

მიიღება ნარინჯისფერი ნალექი, რომელიც შემდეგში მწვანდება.

<u>დიქლორეთანზე სრულდება მიზანმიმართული ანალიზი:</u>

1. ქლორის ატომების მოხლეჩის რეაქცია:

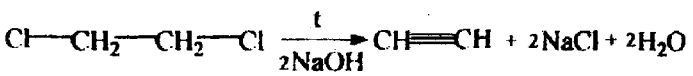
$$Cl - CH_2 - CH_2 - Cl + Na_2CO_3 + H_2O) \xrightarrow{t} HO - CH_2 - CH_2 - OH + 2NaCl + CO_2$$

ვერცხლის ნიტრატის დამატებისას აზოტმჟავას არეში მიიღება ვერცხლის ქლორიდის თეთრი ნალექი.

2. ეთილენგლიკოლის წარმოქმნის რეაქცია და მისი აღმოჩენა ფორმალდეჰიდში გადასვლის შემდეგ:

$$OH - CH_2 - CH_2 - OH + KIO_4 \rightarrow 2HCHO + KIO_3 + H_2O$$

3. ხპილენძის აცეტანილიდის წარმოქმნის რეაქცია:



$$CH{\equiv}CH + 2CuNO_3 + 2NH_4OH \rightarrow CuC{\equiv}CCu\downarrow + NH_4NO_3 + H_2O$$

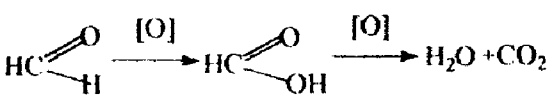
მიიღება ვარდისფერი ან ალუბლისფერი-წითელი ფერის ხსნარი.

3.3. მეორე დისტილატის ანალიზი – ფორმალდეჰიდის გამოკვლევა

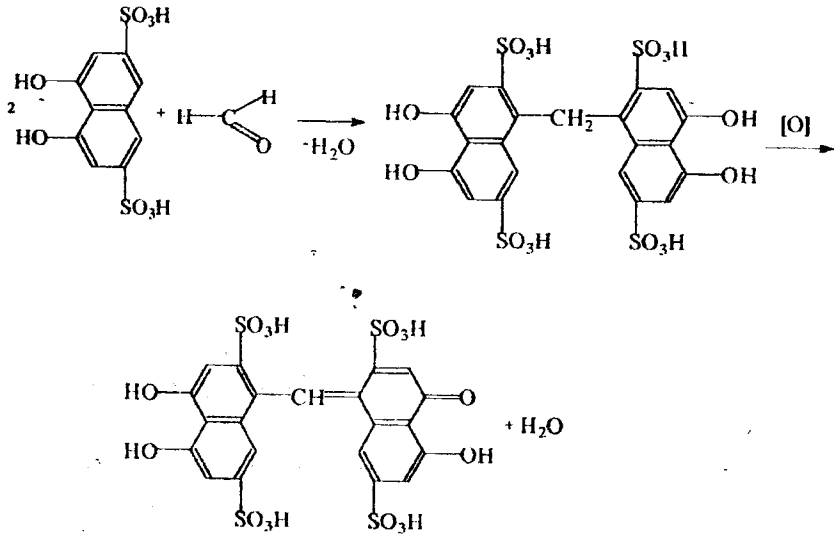
მეორე დისტილატს იკვლევენ ფორმალდეჰიდზე, რომლის ლეტალური დოზა 15-25 მლ ტოლია.

ფორმალდეჰიდი აზიანებს სუნთქვას, ჩასუნთქვისას იწვევს მძაფრ ხველას, ცრემლდენას. პირის გზით ფორმალდეჰიდის ორგანიზმში მოხვედრისას ადგილი აქვს გულის რევას, კრუნჩხვებს, გონების დაკარგვას, თირკმლების დაზიანებას, სუნთქვის პარალიზებას.

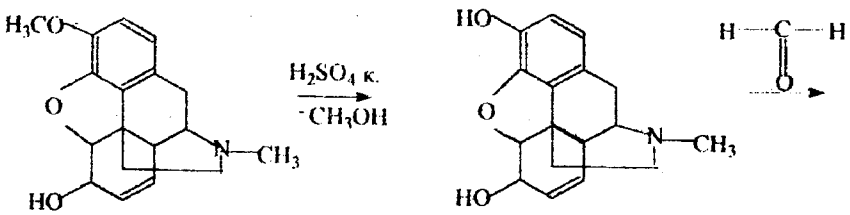
ფორმალდეჰიდის მეტაბოლიზმი მიმდინარეობს შემდეგი მექანიზმით:



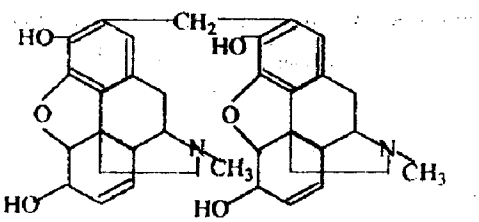
ფორმალდეჰიდის ანალიზს იწყებენ მაღალმგრძნობიარე რეაქციების ჩატარებით: 1. რეაქცია ქრომოტროპის მჟავასთან, რის შედეგადაც აღინიშნება ხსნარის იისფერი ან მოწითალო-იისფერი შეფერვა. რეაქცია არასპეციფიკურია, რადგან მას იძლევიან ის ნივთიერებებიც, რომლებიც ჰიდროლიზის, დეჰიდრატაციის ან დაჟანგვისას იძლევიან ფორმალდეჰიდს.



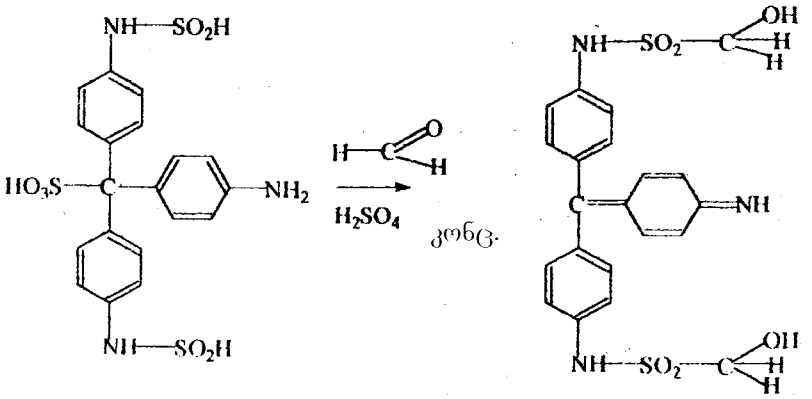
2. ფორმალდეჰიდის ურთიერთქმედებისას კოდეინთან, გოგირდმჟავას თანაობისას აღინიშნება მოლურჯო-იისფერი და მოწითალო-იისფერი შეფერილობა



კოდეინი მორფინი



3. რეაქცია ფუძსინგოგირდმჟავასთან – რეაქცია არასპეციფიკურია, რადგან მას იძლევიან ალდეჰიდები (ფურფუროლი, აცეტალდეჰიდი და სხვები). აგრეთვე ჰაერის დამჟანგველები (ქლორი, ჟანგბადი, აზოტის ჟანგეულები). ლურჯი ფერი ხსნარში წარმოიქმნება 10-15 წუთის შემდეგ. ამასთან, თუ ფერი წარმოიქმნება ნახევარი საათის შემდეგ, ეს არ ითვლება დადებით რეაქციად ალდეჰიდზე.



უნდა აღინიშნოს, რომ განსაზღვრულ პირობებში ეს რეაქცია შეიძლება იყოს სპეციფიკური ფორმალდეჰიდისათვის, რადგან მიმდინარეობს ძლიერ მჟავა არეში pH 0.7-ის პირობებში მხოლოდ ფორმალდეჰიდთან; ხოლო pH 2.7-სას ამ რეაქციას იძლევა სხვა ალდეჰიდებიც.

რეაქციები რეზორცინთან, ფელინგის რეაქტივთან, ვერცხლის იონების აღდგენის რეაქცია ნაკლებად მგრძნობიარე და არასპეციფიკურია. თუმცა მათ აუცილებლად ატარებენ მაღალი მგრძნობელობის გამო.

თუ ფორმალდეჰიდზე რეაქციები უარყოფითია, ატარებენ რეაქციებს მეთილის და ეთილის სპირტებზე, ხოლო შემდეგ კეტონებზე – აცეტონზე.

3.4. ალიფატური სპირტების ანალიზი

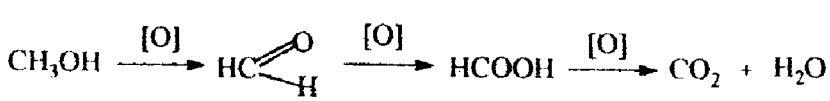
ალიფატური სპირტებიდან ყველაზე მეტი ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მეთილის, ეთილის და იზოამილის სპირტებს.

სპირტები გამოიყენება მედიცინაში, ქიმიურ ქარხნებში, კვების მრეწველობაში. დენატურატი (ტექნიკური სპირტი) შეიცავს 2.5% აცეტონურ სპირტს (75% მეთანოლი და 0.5% პირიდინული ფუძეები).

ა) მ ე თ ი ლ ი ს ს პ ი რ ტ ი ს ა ნ ა ლ ი ზ ი

მეთილის სპირტის ლეტალური დოზა 40-100 მლ, 7-8 მლ მეთანოლის მიღებისას ადამიანი ბრმავდება. ტოქსიკური მოქმედება გამოიხატება ნერვული სისტემის, სისხლძარღვების, მხედველობის ნერვის, თვალის ბადურის დაზიანებით. მეთანოლი მოქმედებს ჰემოგლობინზე და ახდენს ჟანგბადის გადატანის ბლოკირებას, რაც იწვევს ჰიპოქსიას. მეთანოლი კუმულირდება.

მეთანოლის ტოქსიკურობას განაპირობებენ მისი მეტაბოლიზმის პროდუქტები – ფორმალდეჰიდი და ჭიანჭველმჟავა:



- ფორმალდეჰიდი აზიანებს მხედველობის ნერვს;

- ჭიანჭველმჟავა იწვევს ძლიერ აციდოზს.

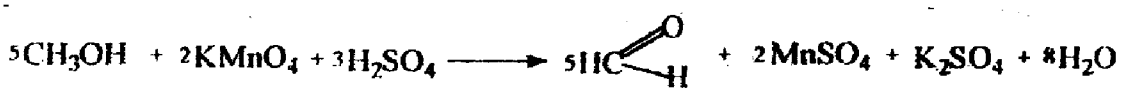
მეთილის სპირტის ანტიდოტს წარმოადგენს ეთილის სპირტი, რომელიც ადვილად იშლება ფერმენტ ალკოჰოლდეჰიდროგენაზით. მეთანოლი გამოიყოფა თირკმლებით, ფილტვებით ნაკლებ ტოქსიკური ნატიური სახით (მეთანოლის **ტოქსიკურობას** განაპირობებს მისი მეტაბოლიზმის პროდუქტები **ფორმალდეჰიდი** და **ჭიანჭველმჟავა**).

მეთანოლის იზოლირების თავისებურებებია: მეთანოლი აქროლადია და დანაკარგების შესამცირებლად მას აგროვებენ მიმღებში, რომელსაც აცივებენ ყინულით ან ცივი წყლით.

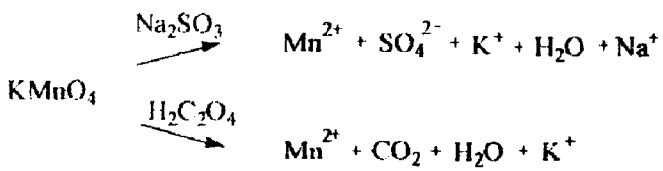
ღვინოების გამოკვლევებისას აქროლად მჟავებს წინასწარ ბოჭავენ ნატრიუმის კარბონატით და მერე გადადენიან მეთანოლს.

იაფფასიანი ოდეკოლონების ანალიზისას ოდეკოლონს წინასწარ ასუფთავებენ ეთერზეთებისაგან, ახდენენ ზეთის ექსტრაჰირებას ეთერით, შემდეგ ბოჭავენ აქროლად მჟავეებს და მეთანოლს გადადენიან.

მეთილის სპირტის ანალიზს იწყებენ: 1. მეთანოლის ფორმალდეჰიდამდე დაჟანგვის რეაქციით:

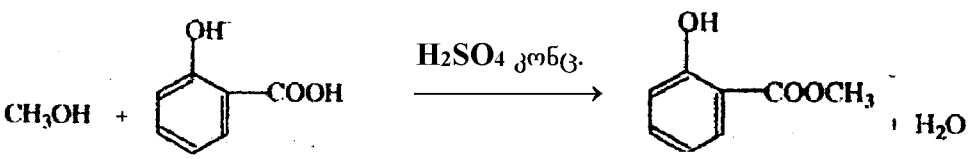


დამჟანგველის შესაბოჭად უმატებენ მჟაუნმჟავას ან ნატრიუმის სულფიტს.



ფორმალდეჰიდს აღმოაჩენენ კოდეინის ხსნარით გოგირდმჟავას არეში ან ფუქსინგოგირდმჟავით.

2. რთული ეთერის წარმოქმნის რეაქცია - დამადასტურებელი, არასპეციფიკური რეაქცია, რადგან იძლევა ეთილის სპირტიც, თუმცა მეთილსალიცილატის მიღება 40-ჯერ უფრო მგრძნობიარეა, ვიდრე ეთილსალიცილატისა.



4. თანამედროვე ლაბორატორიებში მეთილის სპირტის აღმოსაჩენად იყენებენ გაზურ ქრომატოგრაფიას ალ-იონიზაციური დეტექტირებით (GC-FID).

ბ) ე თ ი ლ ი ს ს პ ი რ ტ ი ს ა ნ ა ლ ი ზ ი

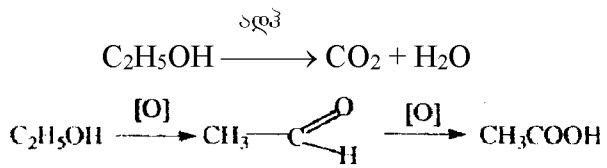
ეთილის სპირტის ლეტალური დოზებია – 100-150 გ (250-275 მლ არაყი) არამსმელი ადამიანისათვის, 15-25 გ ბავშვებისათვის.

ეთილის სპირტი აზიანებს ნერვულ და გულსისხლძარღვთა სისტემებს, იწვევს ღვიძლის ციროზს, ფსიქოზს.

სპირტი ლოკალიზდება – ტვინში, ღვიძლში, თირკმლებში. სპირტი – ნარკოტიკია, რომელიც აღაგზნებს, ხოლო შემდეგ თრგუნავს ნერვულ სისტემას. ეთილის სპირტის შეყვანილი დოზის 90% იჟანგება H_2O და CO_2-მდე ალკოჰოლდეჰიდროგენაზის მოქმედებით, ხოლო 10% გამოიყოფა ფილტვებით და თირკმლებით.

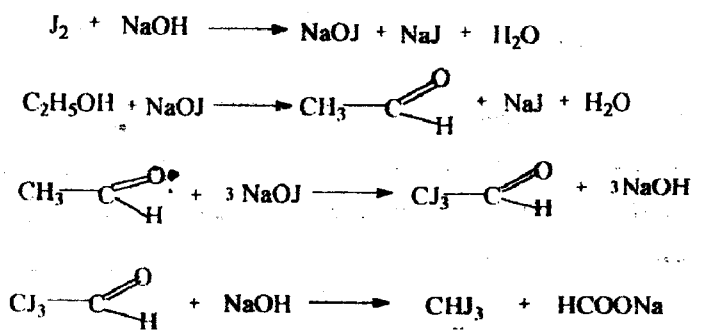
ადამიანის ორგანიზმში ნახშირწყლების უმაღლესი სპირტების დაჟანგვის და ცილოვანი ნივთიერებების დაშლის შედეგად ნორმაში გამომუშავდება ენდოგენური სპირტი (0.002%-0.004%).

ეთილის სპირტის მეტაბოლიზმი:



ორგანიზმში სამკურნალო საშუალებების ანტაბუსის ან ციამიდის შეყვანისას – გვიანდება აცეტალდეჰიდის ძმარმჟავამდე დაჟანგვის პროცესი, რაც იწვევს აცეტალდეჰიდის დაგროვებას, რასაც თან ახლავს გულისრევა, ღებინება, თავის ტკივილი და ალკოჰოლისადმი სიძულვილი.

ეთილის სპირტის ანალიზს იწყებენ წინასწარი, არასპეციფიკური, 1. იოდოფორმის წარმოქმნის რეაქციით, რომელსაც იძლევიან აცეტონი და რძის მჟავა:



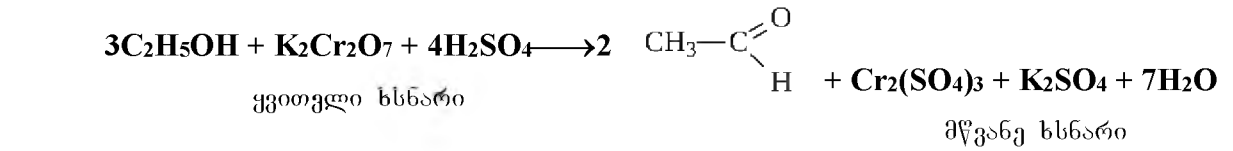
დადებითი შედეგის შემთხვევაში ატარებენ დამადასტურებელ გამოკვლევას ეთილის სპირტსა და აცეტონზე.

2. ძმარმჟავა-ეთილის ეთერის წარმოქმნის რეაქცია – დამადასტურებელი და სპეციფიკურია - აღინიშნება ძმარმჟავა-ეთილის ეთერის დამახასიათებელი სუნი:

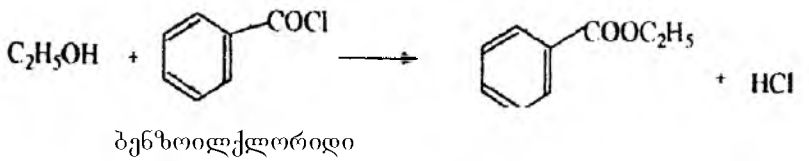
$$2CH_3COONa + 2C_2H_5OH + H_2SO_4 \longrightarrow 2CH_3COOC_2H_5 + Na_2SO_4 + 2H_2O$$

ეთერის სუნი ძლიერდება წყლით განზავებისას.

3. აცეტალდეჰიდის წარმოქმნის რეაქცია - დამადასტურებელი და სპეციფიკურია - აღინიშნება ძმარმჟავა ალდეჰიდის დამახასიათებელი სუნი:



4. ეთილბენზოატის წარმოქმნის რეაქცია - დამადასტურებელი და სპეციფიკურია – წარმოიქმნება ბენზოის მჟავას ეთილის ეთერის დამახასიათებელი სუნი:

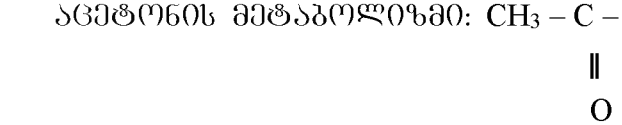


5. თანამედროვე ლაბორატორიებში ეთილის სპირტის აღმოსაჩენად იყენებენ გაზურ ქრომატოგრაფიას ალ-იონიზაციური დეტექტირებით (GC-FID).

3.5. ა ც ე ტ ო ნ ი ს ა ნ ა ლ ი ზ ი

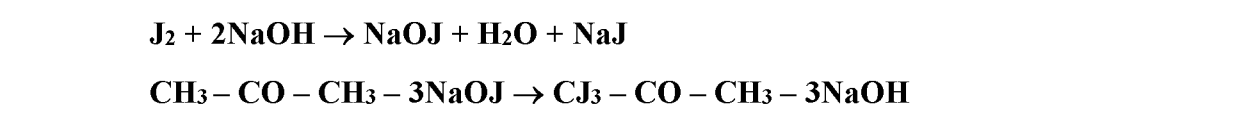
აცეტონის ლეტალური დოზებია – 25-50 მლ.

აცეტონი ადამიანის შარდში არის მცირე რაოდენობით (ნორმა – 20-25 მგ), რადგან წარმოადგენს ორგანიზმის ერთ-ერთ ნორმალურ მეტაბოლიტს. დიაბეტის დროს აცეტონის რაოდენობა მატულობს.



აცეტონის იზოლირების თავისებურება დისტილატიდან აცეტონის გამოყოფა, რადგან იგი ერევა წყალს, სპირტს, ეთერს ყველა თანაფარდობით. აცეტონს გამოამარილებენ დისტილატის სხვადასხვა მარილებით (ნატრიუმის ქლორიდით, კალციუმის ქლორიდით, კალიუმის კარბონატით) გაჯერებისას, რაც განაპირობებს ორი ადვილად დასაყოფი ფენების – აცეტონის და წყლის წარმოქმნას.

აცეტონზე ანალიზიც იწყება განსაკუთრებული მგრძნობელობის, არასპეციფიკური, 1. იოდოფორმის წარმოქმნის რეაქციით:



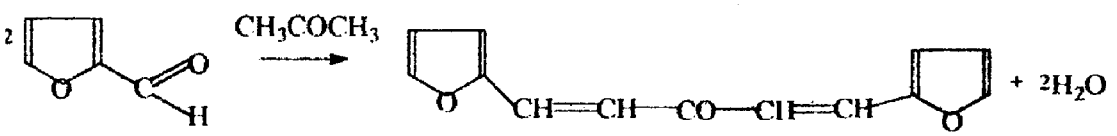
დამახასიათებელი სუნი და ყვითელი ფერის ნალექი მიუთითებს დისტილატში აცეტონის არსებობის შესაძლებლობაზე.

2. რეაქცია ნატრიუმის ნიტროპრუსიდთან არის კეტონებისათვის დამახასიათებელი რეაქცია. თუმცა კეტონები, რომელთა მოლეკულაში –CO რადიკალი არ არის დაკავშირებული მეთილის ან მეთილენის რადიკალთან, ამ რეაქციას არ იძლევა:

$$CH_3COCH_3 + Na_2[Fe^{(III)}(CN)_5NO] + 2NaOH \rightarrow Na_4[Fe^{(II)}(CN)_5ON{=}CHCOCH_3] + 2H_2O.$$

რეაქციის შედეგად მიიღება წითელი ფერის ხსნარი, თუ ხსნარს შევამჟავებთ ძმარმჟავით შეფერილობა გადადის მოწითალო-იისფერში.

3. აცეტონის დამადასტურებელი რეაქციებია რეაქციები ალდეჰიდებთან, მაგალითად, ფურფუროლთან - რეაქცია არასპეციფიკურია.



მიიღება წითელი ფერის ხსნარი.

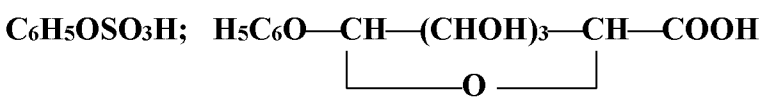
მეორე დისტილატის ნაშთს უერთებენ მესამე დისტილატს და განმეორებით ატარებენ ანალიზს ჰალოგენწარმოებულებზე და ფორმალდეჰიდზე:

V. მესამე დისტილატის დარჩენილ ნაწილზე ატარებენ ანალიზს ფენოლზე და იზოამილის სპირტზე.

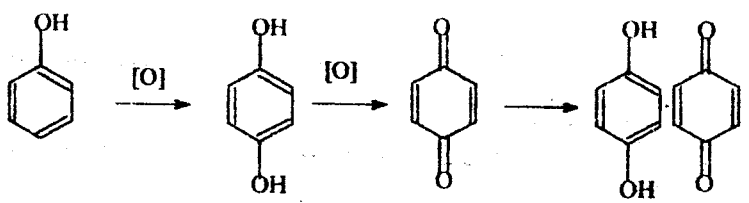
3.6. ფ ე ნ ო ლ ი ს ა ნ ა ლ ი ზ ი

ფენოლის ლეტალური დოზაა – 8-15 გ. ფენოლი კარგად შეიწოვება ორგანიზმში პირის და სასუნთქი ორგანოების გზით მოხვედრისას. ტოქსიკური დოზებისას აღინიშნება კუჭის წვა და ტკივილები, ღებინება, ფაღარათი, შავი ფერის შარდი, ღვიძლის და თირკმლების ცხიმოვანი გადაგვარება.

ფენოლის მეტაბოლიზმი: ფენოლი ორგანიზმიდან გამოიყოფა გოგირდმჟავას და გლუკურონის მჟავას ეთერების სახით:



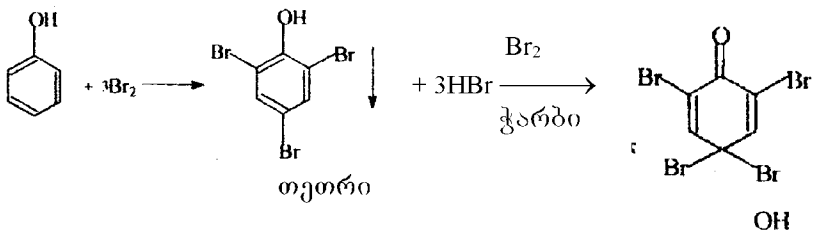
შარდის მუქი-მწვანე ფერი მიუთითებს ფენოლის შემდეგი სქემით დაჟანგვაზე:



ფენოლის იზოლირების თავისებურებებია: დისტილატის შეტუტიანება ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის სსნარით pH 8-9-მდე სუსტი მჟავების (ძმრის, სილიცილის, რძის) შესაბოჭად, რომლებიც ურთიერთქმედებენ $FeCl_3$-თან. ფენოლს წვლილავენ ეთერით, ეთეროვან გამონაწვლილს ააორთქლებენ და მშრალ ნაშთზე ატარებენ რეაქციებს.

ფენოლზე მიმართული ანალიზის დროს, ბიოლოგიურ ობიექტს შეამჟავებენ ძლიერი CH_3COOH-ით, რომელსაც შემდგომში ბოჭავენ ტუტით და ფენოლს წვლილავენ ეთერით.

ფენოლის ანალიზს იწყებენ: 1. ბრომიან წყალთან რეაქციით – ყველაზე მგრძნობიარე, წინასწარი, მაგრამ არასპეციფიკური (ანილინი, სილიცილის მჟავა, არომატული ამინები და სხვები) რეაქციაა.

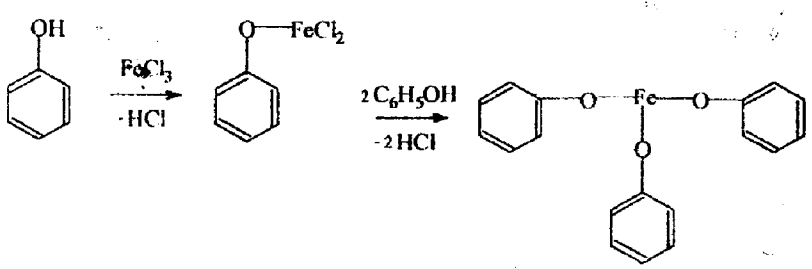


თეთრი

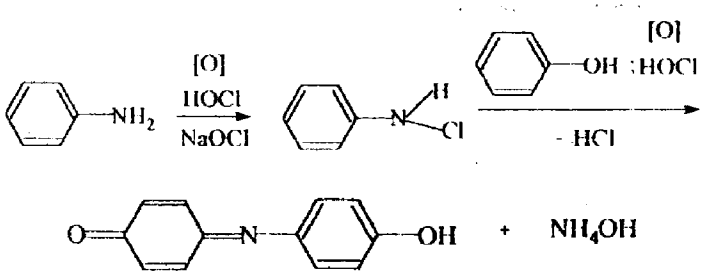
ნალექი იხსნება

მოცემული რეაქციით აღმოაჩენენ ცილის ხრწნის შედეგად წარმოქმნილ ფენოლსაც. სასამართლო-ქიმიური მნიშვნელობა აქვს რეაქციის უარყოფით შედეგს.

2. რეაქცია რკინის (III) ქლორიდთან – სპეციფიკურია ფენოლური ჰიდროქსილისათვის, აღინიშნება ლურჯი ფერის ხსნარი.

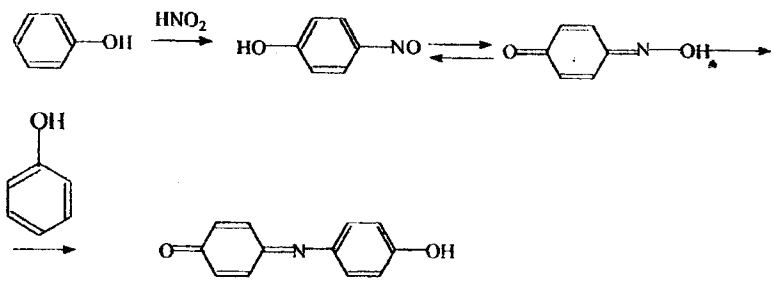


3. ინდოფენოლური რეაქცია – არასპეციფიკურია, დამადასტურებელია.

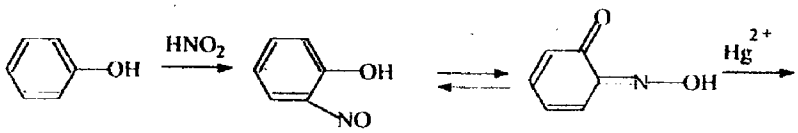


ხსნარს აქვს მდგრადი ლურჯი ფერი

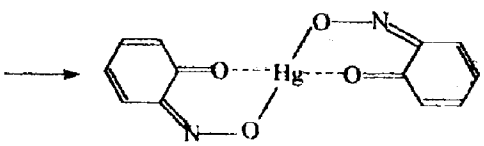
4. ლიბერმანის რეაქცია – ინდოფენოლის წარმოქმნის რეაქცია არის დამადასტურებელი. აღინიშნება ლურჯი შეფერვა, რომელიც გადადის წითელში და შემდეგ მწვანეში.



5. მილონის რეაქცია (სინდიყის ერთი და ორვალენტიანი ნიტრატის ნარევი აზოტოვან მჟავაში) – არის დამადასტურებელი. აღინიშნება წითელი ან ნარინჯისფერი შეფერილობით.



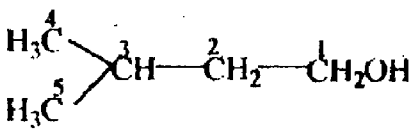
ქინონმონოქსიმი



ჟოლოსფერი ხსნარი

6. თანამედროვე ლაბორატორიებში ფენოლის აღმოსაჩენად იყენებენ გაზურ ქრომატოგრაფიას ალ-იონიზაციური დეტექტირებით (GC-FID).

3.7. ი ზ ო ა მ ი ლ ი ს ხ პ ი რ ტ ი ს ა ნ ა ლ ი ზ ი



$C_6H_{11}OH$ – რახის ზეთების მთავარი შემადგენელი ნაწილია და ლეტალური დოზა შეადგენს 5-10 გ. რახის ზეთების შემადგენლობაში შედის აგრეთვე უმაღლესი სპირტები (ბუთილის, ამილის) ალდეჰიდები, კეტონები, ეთერები.

იზოამილის სპირტი გამოიყენება მედიცინაში, აგრეთვე უკვამლო დენთის წარმოებაში.

იზოამილის სპირტის ტოქსიკური მოქმედება – ნარკოტიკია; ბევრად უფრო შხამიანი, ვიდრე ეთილის სპირტი, რადგან ნელა შეიწოვება, მეტაბოლიზდება და

გამოიყოფა, იწვევს ძლიერ და ხანგრძლივ თრობას, ნევროლოგიურ და ფსიქიკურ დარღვევებს.

მეტაბოლიზმი: - შეყვანილი დოზის ნაწილი მეტაბოლიზდება დაჟანგვის გზით იზოვალერიანის ალდეჰიდამდე და იზოვალერიანის მჟავამდე, ნაწილი კი გამოიყოფა უცვლელი სახით თირკმლებით და ფილტვებით.

ИЗОЛИРЕБИС ТАВИСЕБУРЕБАНИ – სპირტი ექსტრაჰირდება ეთერით (ქლოროფორმით) დისტილატიდან, შემდეგ გადადენიან ეთერს და ატარებენ ანალიზს.

ღვინის ანალიზისას, მის 40-50 მლ ანზავებენ წყლით ეთანოლის 10-15% შემცველობამდე (ამდენი რაოდენობის სპირტი ეთერით ან ქლოროფორმით არ იზოლირდება), ხოლო შემდეგ 15 მლ $CHCl_3$-ით ახდენენ იზოამილის სპირტის იზოლირებას.

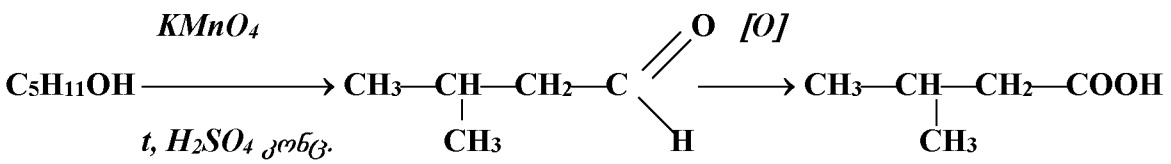
ИЗОАМИЛИС СПИРТИС АНАЛИЗС იწყებენ ИЗОАМИЛАЦЕТАТИС წარმოქმნის რეაქციით, რომელიც წინასწარი და სპეციფიკურია:

$$CH_3COONa + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + Na_2SO_4$$

$$C_5H_{11}OH + CH_3COOH \xrightarrow{\text{კონც. } H_2SO_4} C_5H_{11}COONa + H_2O$$

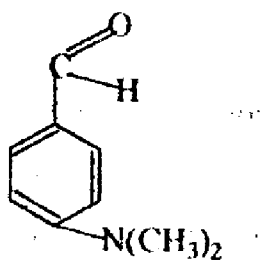
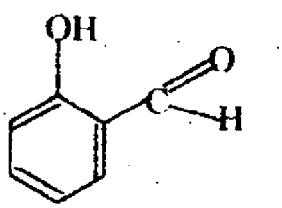
იგრძნობა მსხლის ესენციის სუნი, რომელიც ძლიერდება წყლით განზავებისას.

2. ИЗОАМИЛИС СПИРТИС ДАЖАНГВИС რეაქცია – დამადასტურებელი და სპეციფიკური:

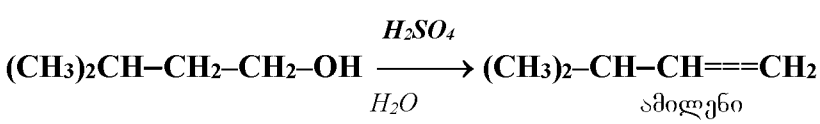


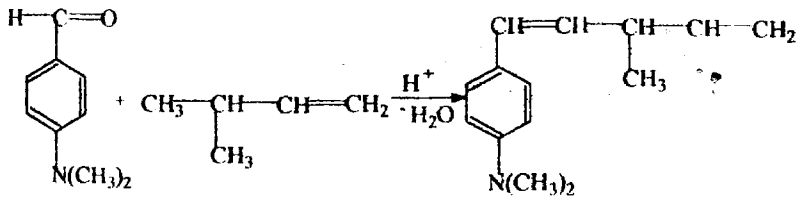
იზოვალერიანის ალდეჰიდი იზოვალერიანის მჟავა (დამპალი ყველის სუნი)

3. რეაქცია ალდეჰიდთან - დამადასტურებელი და სპეციფიკურია:

რეაქცია პარადიმეთილბენზალდეჰიდთან	რეაქცია სალიცილის ალდეჰიდთან
	
ლურჯი ფერის ხსნარი	ვარდისფერი ხსნარი

რეაქციების მექანიზმი ზუსტად აღწერილი არ არის. ერთ-ერთი შესაძლო მექანიზმია:





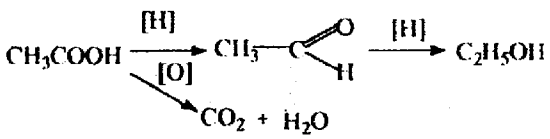
ამ რეაქციებს გვაძლევენ უმაღლესი სპირტები, მეთილის და ეთილის სპირტები არ გვაძლევენ.

3.8. ძ მ ა რ მ ჟ ა ვ ა ს ა ნ ა ლ ი ზ ი

ძმარმჟავაზე ატარებენ მიზანმიმართულ ანალიზს. ლეტალური დოზებია: 200 მლ ძმარი, 10-20 გ ძმრის ესენცია.

ძმარმჟავის ტოქსიკური მოქმედება – საყლაპავის სიდამწვრე, ურემია, ჰემოლიზური ანემია.

მეტაბოლიზმი:



იზოლირების თავისებურებანი: ბიოლოგიურ მასალას ამჟავებენ H_2SO_4 ან H_3PO_4 ხსნარებით. ძმარმჟავა აქროლადია და მას აგროვებენ 0.1 M NaOH-ის ხსნარში.

ძმარმჟავაზე ანალიზს იწყებენ. - რკინის III) ქლორიდზე რეაქციით – არასპეციფიკური, მგრძნობიარე, წინასწარი.

$$8CH_3COO^- + 3\,Fe^{3+} + 2H_2O \rightarrow \underset{\text{ნარინჯისფერი}}{[Fe(OH)_2\,(CH_3COO)_6]^+} + 2CH_3COOH$$

2. რთული ეთერის წარმოქმნის რეაქცია – დამადასტურებელი, სპეციფიკურია. იგრძნობა ძმარმჟავა ეთილის ეთერის დამახასიათებელი სუნი.

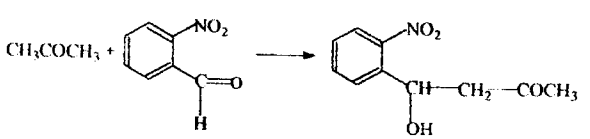
$$CH_3COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{\text{კონც. } H_2SO_4} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

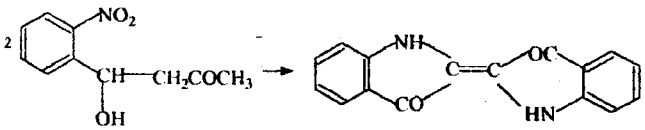
3. ინდიგოს წარმოქმნის რეაქცია, დამადასტურებელი, სპეციფიკურია.

$$2CH_3COOH + CaO \longrightarrow (CH_3COO)_2\,Ca + H_2O$$

$$\xrightarrow{t} CH_3 - \underset{\underset{O}{\|}}{C} - CH_3 + CaO + CO_2$$

წარმოქმნილი აცეტონი ორთო-ნიტრობენზალდეჰიდთან ტუტე არეში წარმოქმნის ლურჯი ფერის ინდიგოს:





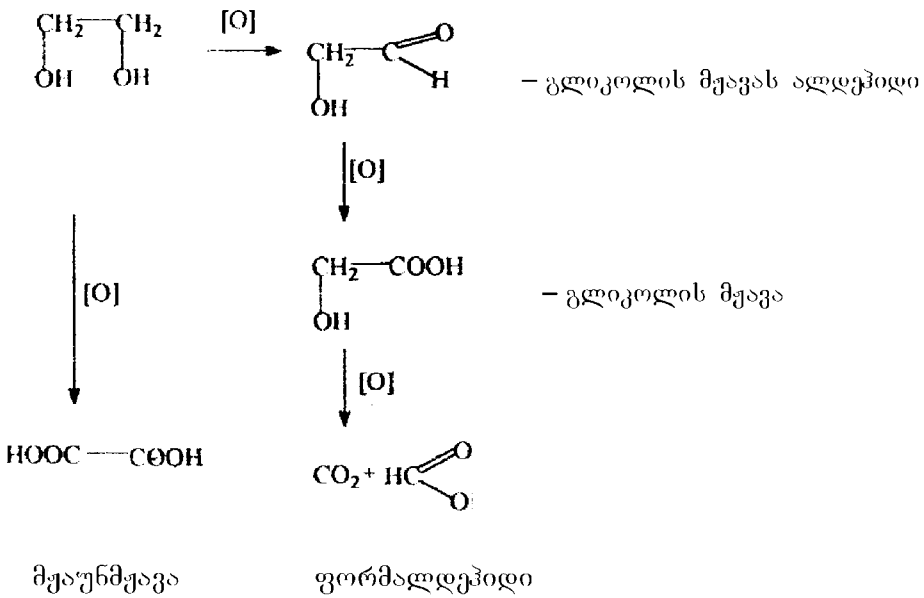
ინდიგო ექსტრაჰირდება ქლოროფორმით

3.9. ETILENGLIKOLIS ANALIZI

ეთილენგლიკოლი ($HO-CH_2-CH_2-OH$) ორატომიანი სპირტი, უფერო ზეთოვანი სითხეა, წყალს ერევა ყველა თანაფარდობით. გამოიყენება ტექნიკაში ანტიფრიზის სახით; ქიმიურ მრეწველობაში – გამხსნელად; ორგანული სინთეზის ჩასატარებლად.

ორგანიზმში მოხვედრის გზა – პირით და კანით. იმის გამო, რომ იგი ნაკლებ აქროლადია სასუნთქი გზებით მოხვედრა შეზღუდულია.

მეტაბოლიზმი რთულია, შედგება დაჟანგვის რამდენიმე ეტაპისაგან:



მეტაბოლიტები გამოიყოფიან შარდთან ერთად.

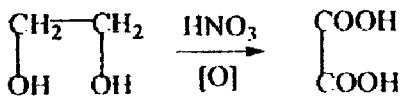
ტოქსიკურობა. ეთილენგლიკოლი სისხლძარღვოვანი და პროტოპლაზმური შხამია, იწვევს სისხლძარღვების დეგენერაციას და თირკმლების დაზიანებას მათში ოქსალატების დალაგების გამო.

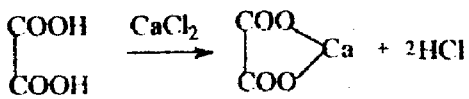
ETILENGLIKOLIS ANALIZS იწყებენ: 1. ეთილენგლიკოლის ფორმალდეჰიდამდე დაჟანგვის წინასწარი რეაქციით, რომელიც მგრძნობიარე და არასპეციფიკურია.

მიღებულ ფორმალდეჰიდს აღმოაჩენენ ფუქსინბოზირდმჟავასთან რეაქციის ჩატარებით იასამნისფერი ხსნარის მიღებამდე

2. რეაქცია სპილენძის სულფატთან – არის დამადასტურებელი. ხსნარი იფერება ლურჯად:

3. ეთილენგლიკოლის მჟაუნმჟავამდე დაჟანგვის რეაქცია – დამადასტურებელი და სპეციფიკურია. აღინიშნება დამახასიათებელი ფორმის კალციუმის ოქსალატის კრისტალების წარმოქმნა:





3.10. ტ ე ტ რ ა ე თ ი ლ ტ ყ ვ ი ს ა ნ ა ლ ი ზ ი

ტეტრაეთილტყვია – $(C_2H_5)_4Pb$ – უფერო, გამჭვირვალე სითხეა, წყალში თითქმის არ იხსნება, ადვილად იხსნება ბენზინში, ეთერში, ქლოროფორმში, სპირტში, ცხიმებში, ზეთებში. ადვილად იშლება გათბობით, მზის სხივებით ტყვიის არაორგანულ მარილებამდე. გამოიყენება ანტიდეტონატორად.

ტეტრაეთილტყვია ძალიან ტოქსიკურია, ორგანიზმში ხვდება პირის, სასუნთქი ორგანოების, კანის გზით. აზიანებს ნერვულ სისტემას, იწვევს თავის ტკივილს, უძილობას, მხედველობის მოშლას, კრუნჩხვებს.

მიმართული ანალიზის თავისებურებაა – წყლის ორთქლით გადადენის შემდეგ აგროვებენ მიმღებში, რომელშიც მოთავსებულია იოდის სპირტიანი ხსნარი:

$(C_2H_5)_4Pb + J_2 \longrightarrow PbJ_2\downarrow + 2C_4H_{10}$

სითხეს აორთქლებენ მშრალ ნაშთამდე, რომელსაც გახსნიან აზოტმჟავაში.

$PbJ_2 + 2HNO_3 \longrightarrow PbJ(NO_3)_2 + 2HJ$

ხსნარს ისევ ააქროლებენ მშრალ ნაშთამდე, რომელსაც ხსნიან წყალში და ატარებენ რეაქციებს Pb^{2+}-ზე – ტყვიის დიტიზონატების ($PbSO_4$; PbS; $PbCO_4$; PbJ_2) წარმოქმნის რეაქციებით.

საკვები პროდუქტების, ტანსაცმლის, მცენარეული ნედლეულის ანალიზის დროს ტეტრაეთილტყვიის ექსტრაჰირებას ატარებენ ორგანული გამხსნელებით.

§4. "აქროლადი შხამების" რაოდენობრივი ანალიზი

დისტილატში "აქროლადი შხამების" აღმოჩენისას სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევების დროს აუცილებელია მათი უმრავლესობის რაოდენობითი განსაზღვრა, რადგან ზოგიერთი შხამი ორგანიზმში ხვდება როგორც სამკურნალო საშუალება (ქლოროფორმი, ქლორალჰიდრატი), სხვები შეიძლება იყვნენ ენდოგენური წარმოშობის (ეთანოლი, აცეტონი,ფენოლი, ძმარმჟავა, ციანწყალბადმჟავას კვალი). ცოცხალი პირების ბიოლოგიურ სითხეებთან მუშაობისას მწვავე მოწამვლების დროს საჭიროა შხამების შეწოვაზე და ორგანიზმიდან გამოყოფაზე კონტროლი, რაც ასევე დაკავშირებულია "აქროლადი შხამების" რაოდენობით განსაზღვრასთან შარდში და სისხლში.

რაოდენობითი განსაზღვრებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნენ წონითი, მოცულობითი, ფოტოკოლორიმეტრული და გაზურ ქრომატოგრაფიული მეთოდები.

წონითი მეთოდით შეიძლება განვსაზღვროთ: ციანწყალბადმჟავა (ციანიდები) - ვერცხლის ციანიდის, ფენოლი - სამბრომფენოლის, ალკილჰალოგენიდები - ვერცხლის ქლორიდის მიხედვით.

მოცულობითი მეთოდებით შეიძლება ციანწყალბადმჟავას და ალკილჰალოგენიდების (არგენტომეტრულად), ფენოლის (ბრომომეტრულად), ფორმალდეჰიდის და აცეტონის (იოდომეტრულად), ძმარმჟავას (ნეიტრალიზაციურად) რაოდენობითი განსაზღვრა.

ფოტოკოლორიმეტრულად რაოდენობრივად საზღვრავენ ციანწყალბადმჟავას პოლიმეთინური საღებავის შეფერილობის მიხედვით, ფორმალდეჰიდს და ეთილენგლიკოლს (ფორმალდეჰიდში გადასვლის შემდეგ) - ფუქსინგოგირდმჟავასთან, ეთანოლს - კალიუმის დიქრომატთან გოგირდმჟავას არეში, ალკილჰალოგენიდებს (ქლოროფორმს, ქლორჰიდრატს, ოთხქლორალნახშირბადს) ფუჯივარას რეაქციების პროდუქტების შეფერვის ხარისხით. ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდი მგრძნობელობით სჯობს წონით და მოცულობით მეთოდებს, მაგრამ ჩამორჩება გაზურ ქრომატოგრაფიას.

დღეისათვის ალკილჰალოგენიდების, ეთანოლის და სხვა სპირტების რაოდენობითი განსაზღვრისათვის გამოიყენება და რეკომენდებულია მხოლოდ გაზურ-სითხოვანი ქრომპტოგრაფიის მეთოდი.

"აქროლადი შხამების" იზოლირების კერძო მეთოდები

"აქროლადი შხამების" ბიოლოგიურ მასალაში ანალიზისათვის, ჰომოგენიზირებელი ორგანოების მცირე წონაკებში, იყენებენ იზოლირების კერძო მეთოდებს:

- მშრალ გამოხდას (გადადენას);
- პარაფაზურ მეთოდს.

მშრალ გამოხდას ატარებენ ბიუქსებში, რომლის ფსკერზე ათავსებენ საანალიზო ობიექტს და დგამენ ბრძმედს მშთანთქმელი ხსნარით. შხამი აქროლდება (რასაც ხელს უწყობს გამომმარილებლის არსებობა, გათბობა) და ხდება მისი შთანთქმა ბრძმედში არსებულ ხსნარში. შემდეგ ატარებენ ამ ხსნარის ანალიზს ისევე, როგორც მიკროდიფუზიის მეთოდში.

პარაფაზური მეთოდი გამოიყენება ცოცხალი პირების ბიოსითხეების ლაბორატორიულ ექსპრესს-ანალიზში და დაფუძნებულია პარაფაზურ მდგომარეობაში ადვილად გადასვლადი აქროლადი წარმოებულების მიღებაზე და შემდეგ მათ ანალიზზე გაზურ-სითხოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდით.

§5 გაზური ქროეატოგრაფია – აქროლადი შხამების დაყოფის და განსაზღვრის ეაღალაეფექტური მეთოდი

5.1. გაზური ქრომატოგრაფიის არსი

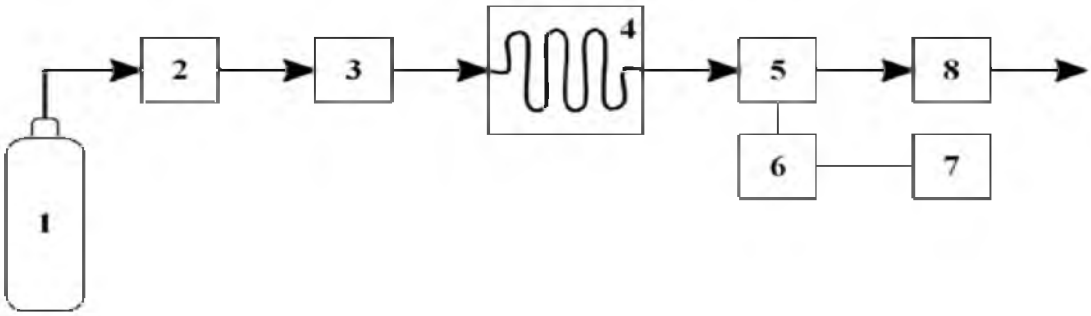
გაზური ქრომატოგრაფია ეს არის აქროლადი ნაერთების ორ მოძრავ და უძრავ ფაზებს შორის დაყოფის მეთოდი. მოძრავი ფაზა არის მატარებელი გაზი, უძრავი ფაზაა – დიდი ზედაპირის მქონე სორბენტი ან მყარი სორბენტის ნაწილაკებზე თხელი აპკის სახით დატანილი სითხე. თუ უძრავი ფაზა სორბენტია, ხოლო მოძრავი ფაზა – გაზი, მეთოდს უწოდებენ **გაზურ-აბსორბციულ** ქრომატოგრაფიას. თუ უძრავი ფაზა არის სითხე, მაშინ მეთოდს უწოდებენ **გაზურ-სითხოვან** ქრომატოგრაფიას.

გაზურ-სითხოვანი ქრომატოგრაფიის მეთოდის ღირსებებია:

- შესაძლებლობა მოახდინოს ნარევის შემადგენელი კომპონენტების ერთმანეთისგან მკვეთრად გამოხატული დაყოფა – დაყოფის ეფექტურობა მაღალია;
- შესაძლებლობა ერთდროულად მოახდინოს შხამის როგორც აღმოჩენა (იდენტიფიკაცია) ასევე განსაზღვროს მისი შემცველობა ნარევში;
- შესაძლებლობა ნივთიერებების მცირე რაოდენობებთან მუშაობისა ანუ მეთოდის მაღალი მგრძნობელობა;
- შესაძლებლობა ანალიზი ჩატარდეს სწრაფად, მაღალი სიჩქარით – საკმარისია წუთები;
- ანალიზის სრული ავტომატიზაცია.

5.2. გაზური ქრომატოგრაფის ძირითადი კვანძები

გაზურ-სითხოვანი ქრომატოგრაფის ძირითადი კვანძებია (იხ. სქემა 7.1.)



სქემა 7.1. გაზური ქრომატოგრაფის ძირითადი კვანძები - 1. გაზ-მატარებლის წყარო; 2. გაზ-მატარებლის ხარჯვის მარეგულირებელი; 3. სინჯის შესაყვანი; 4. ქრომატოგრაფიული სვეტი თერმოსტატში; 5. დეტექტორი; 6. ელექტრონული გამაძლიერებლი, 7. მარეგისტრირებელი მოწყობილობა; 8. ხარჯის აღმრიცხველი.

გაზი-მატარებელი სვეტს უნდა მიეწოდებოდეს მუდმივი სიჩქარით, რაც უზრუნველყოფს საანალოზო ნივთიერებების შეკავების დროის მუდმივობას. გაზ-მატარებლად იყენებენ H_2 (წყალბადი), N_2 (აზოტი), He_2 (ჰელიუმი).

გაზ-მატარებლის დახასიათება:

- ინერტული
- ადვილად ხელმისაწვდომი
- სუფთა
- შეესაბამება გამოყენებული დეტექტორის ტიპს

სვეტი – ეს არის ქრომატოგრაფის მთავარი შემადგენელი ნაწილი, რაც მეტია მისი სიგრძე მით უფრო კარგად ხდება ნარევის დაყოფა, რაც ნაკლებია დიამეტრიც, მით უფრო მაღალია მისი ეფექტურობა.

გაზურ-სითხოვან ქრომატოგრაფიში გამოიყენება შემდეგი სახის სვეტები, რომლებიც განსხვავდებიან:

- ფორმით – პირდაპირი, ყველაზე ეფექტური, სპირალისებური და "U" მაგვარი;
- სიგრძის მიხედვით – არსებობს სვეტები 0.5-დან 60 მ-მდე;
- მასალით – სვეტები შეიძლება იყოს ფოლადის, მინის, კვარცის ან პოლიმერული.

მყარი სორბენტი, რომლითაც არის შევსებული სვეტი (სფეროქრომი, სილიკაგელი, ალუმინის ოქსიდი, გააქტივებული ნახშირი) უნდა იყოს:

- ინერტული;
- უნდა ჰქონდეს დიდი შეხების ზედაპირი;
- უნდა ჰქონდეს ფორმით ერთგვაროვანი და თანაბარი ზომის ნაწილაკები.

თხევადი სორბენტი – ქიმიური თვისებებით უნდა იყოს ნარევის შემადგენელი ნივთიერებების მსგავსი. არ არსებობს მოცემული ნარევების დასაყოფად საუკეთესო თხევადი ფაზის შესარჩევი მეთოდი. მისი შერჩევა ხდება ანალიზის მიმდინარეობისას. მაგალითად ნახირწყალბადები უკეთესად იყოფიან ნახშირწყალბადებზე, პარაფინები პოლარულ ნაერთებზე – პოლარულ თხევად ფაზებზე.

სადღეისოდ იყენებენ სვეტებს თხევადი ფაზის მცირე რაოდენობით (სვეტის მოცულობის 2-10%), რაც უზრუნველყოფს ანალიზის მაღალ სიჩქარეს (ანუ ანალიზის სწრაფად ჩატარებას).

<u>მაგალითი</u>: მცირედ აქროლადი ნივთიერებები უკეთესად იყოფა თხევადი ფაზის მცირე რადოენობაში ≤ 4%.

მაღალაქროლადი ნაერთებისთვის აუცილებელია გამოყენებული იყოს თხევადი ფაზის 20-40%, ვინაიდან მათი ხსნადობა დაბალია.

დეტექტორის (აღმომჩენის) მოვალეობაა აღმოაჩინოს ნივთიერება გაზ-მატარებელში სვეტიდან გამოსვლისას და "ქიმიური ანალიზი გადაიყვანოს ელექტრონულ სიგნალში", რომელიც გამოისახება პოტენციალთა სხვაობის ნახტომის გამოჩენაში, რასაც თვითჩამწერი სინქრონულად იწერს პიკების სახით. ანალიზის შედეგად ღებულობენ ქრომატოგრამას – ნივთიერებათა ნარევის დაყოფის პროცესის გრაფიკულ გამოსახულებას.

არჩევენ დეტექტორების რამდენიმე ტიპს:

- სითბოგამტარობის მიხედვით
- იონიზაციური, ალიან-იონიზაციური, თერმოიონიზაციური, ფოსფორული და სხვა.

დეტექტორი სითბოგამტარობის მიხედვით - მისი მუშაობა დამყარებულია გამთბარი სხეულის სითბოს დაკარგვის სიჩქარეზე, რომელიც დამოკიდებულია გაზის შემად-გენლობაზე. დეტექტორის ძაფის სითბოს გაცემა იცვლება გაზის შემადგენლობის მიხედვით, ვინაიდან სხვადასხვა მოლეკულური მასის მქონე ნივთიერებათა მოლეკულები გადადგილდებიან სხვადასხვა სიჩქარით და ცხელ ძაფზე შეჯახებისას მათი სიჩქარე სხვადასხვანაირად შეიცვლება წართმეული ან მიღებული სითბოს ხარჯზე.

რაც ნაკლებია ნივთიერების მოლეკულური მასა, მით მაღალია მისი სიჩქარე და მით მეტი იქნება ძაფის მიერ გაცემული სითბო ამ ძაფში. დეტექტორის ძაფის ტემპერატურის ცვლილებას თან ახლავს ძაფის ძაბვის ცვლა და პოტენციალთა სხვაობის ნახტომის გაჩენა.

დეტექტორის მგრძნობელობა ტოლია $2\text{-}5\cdot10^{-6}$ გ.

ალიან-იონიზაციური დეტექტორი – დეტექტორის მუშაობის პრინციპი დამყარებულია დამუხტული ნაწილაკების რაოდენობრივ შემცველობაზე დამოკიდებული ქსელში არსებული პოტენციალთა სხვაობაზე. ნივთიერებათა მოლეკულები ალის ზემოქმედებით იონიზირდებიან, ამის შედეგად იცვლება დენი, წარმოიქმნება პოტენციალთა სხვაობის ნახტომი, რაც გამოიხატება პიკის სახით.

<u>ნაწილაკების იონიზაცია დამყარებულია</u>: 1. მოლეკულების თერმულ დაშლაზე (წყალბადის სანთებელა 1200°C); ნახშირბადის ატომების დაჟანგვა – დეტექტორის მგრძნობალობა ტოლია $10^{-9}\text{-}10*12^{12}$.

<u>5.3. "აქროლადი შხამების" თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზი გაზურ-ქრომატოგრაფიული მეთოდით</u>

ნივთიერებათა ანალიზი ხორციელდება ქრომატოგრამაზე გამოსახული ნივთიერებების შესაბამისი პიკების მიხედვით.

<u>მაგალითი:</u> სპირტების ანალიზი გაზურ-სითხოვანი ქრომატოგრაფიით.

სპირტების აღმოჩენა: $C_1\text{-}C_5$ სპირტებს აღმოაჩენენ აზოტოვან მჟავასთან მათი რთული ეთერების შეკავების დროის მიხედვით. როგორც წესი ისინი უფრო მეტად აქროლადები და ხშირ შემთხვევაში ფეთქებადსაშიში არიან:

$C_2H_5OH + NaNO_2 + CCl_3COOH \rightarrow C_2H_5\text{-}NO_2 + CCl_3COONa + H_2O$

შეკავების დრო – ეს არის დრო ნივთიერებების (სინჯის) სვეტში შეყვანის მომენტიდან პიკის მაქსიმუმის გამოჩენამდე. იგი დამახასიათებელია ნივთიერებისათვის და შესაბამისად მიუთითებს იგივეობაზე. სვეტიდან ნივთიერების გამოსვლა ქრომატოგრამაზე აისახება პიკის სახით.

<u>ქრომატოგრაფიული ანალიზის პირობები</u>

1. აირ-მატარებელი – აზოტი
2. სორბენტი – სფეროქრომი
3. მოძრავი ფაზა – 20% ვინილინის ხსნარი ქლოროფორმში

ვინილინი – პოლიბუთილის სპირტი

იდენტიფიკაცია ტარდება მიღებული პიკის შედარებით $C_1\text{-}C_5$ სპირტების სტანდარტულ ნარევთან (მეთანოლიდან ამილის სპირტამდე), სპირტები

ქორმატოგრამაზე გამოდიან მოლეკულური წონის ზრდის მიხედვით. ნივთიერების შემცველობა ფასდება პიკების სიდიდეების მიხედვით შემდეგი პარამეტრებით:

- პიკის სიმაღლის მიხედვით – ეს არის გაანგარიშების სწრაფი ხერხი;
- პიკის ფართობის მიხედვით;

რაოდენობრივ შემცველობას ანგარიშობენ სტანდარტის საშუალებით (პროპილის ან იზოპროპილის სპირტი).

შიდა სტანდარტი უნდა იყოს:

- ქიმიურად ინერტული;
- უნდა მჟღავნდებოდეს ცალკეული პიკის სახით;
- კონცენტრაცია ახლოს უნდა იყოს საანალიზო ნივთიერებების კონცენტრაციასთან;
- ქიმიური სტრუქტურით შეძლებისდაგვარად ახლოს უნდა იდგეს საანალიზო ნივთიერებების სტრუქტურასთან

გამოანგარიშებისათვის იყენებენ საკალიბრო გრაფიკს, რომელიც აგებულია ცნობილი კონცენტრაციის ხსნარების გამოყენებით.

შიდა სტანდარტის გამოყენების მიზანია ანალიზის სიზუსტის გაზრდა და განსაზღვრის ცდომილების შემცირება.

ყველა აქროლადი შხამის ანალიზი შეიძლება ჩატარდეს გაზური ქრომატოგრაფიით.

მაგალითი: ალაფატური რიგის ჰალოგენწარმოებულების ქრომატოგრაფიული პირობებია: სორბენტი –სფეროქრომი, თხევადი ფაზა-ვაზელინის ზეთი, პარაფინი; დეტექტორი – ალიან-იონიზაციური.

თ ა ვ ი 8.

ნივთიერებათა ჯგუფი, რომელთა იზოლირებას ბიოლოგიური მასალიდან ახდენენ მინერალიზაციით - "ლითონური შხამები". მინერალიზაციის ზოგადი და კერძო მეთოდები

§1. "ლითონური შხამების" ზოგადი დახასიათება

"ლითონურ შხამებს" მიაკუთვნებენ ბარიუმის, კობალტის, ნიკელის, თალიუმის, მანგანუმის, ქრომის, თუთიის, ვერცხლის, ტყვიის, კადმიუმის, სპილენძის, ბისმუტის, ვერცხლისწყლის (სინდიყის), კალას, აგრეთვე დარიშხანის და სტიბიუმის ნაერთებს. ლითონთა ნაერთები ბუნებაში ფართოდ არის გავრცელებული, შედიან ორგანიზმის შემადგენლობაში (მანგანუმი, სპილენძი, კობალტი და ა.შ. არიან ბიოგენურები).

ლითონებმა და მათმა ნაერთებმა ფართო გამოყენება ჰპოვეს სახალხო მეურნეობაში: ლითონური შენადნობების, მინის, კერამიკის, ლაქების, საღებავების, რეზინის, ქიმიური რეაქტივების წარმოებაში, სოფლის მეურნეობაში პესტიციდების სახით (ბარიუმის ქლორიდი, გრანოზანი, სპილენძის სულფატი და ა.შ.), მედიცინაში სამკურნალო პრეპარატების სახით (ბარიუმის სულფატი, კალიუმის პერმანგანატი, ვერცხლის ნიტრატი, ოსარსოლი, ნოვარსენოლი, პროტარგოლი, კოლარგოლი და ა.შ.).

ა) "ლითონური შხამებით" მოწამვლების მიზეზები:

- სპილენძის, მოთუთიებული, კადმირებული ჭურჭლის საკვები პროდუქტებისათვის არასწორი გამოყენება;
- ლითონების დამუშავებისას მათი წვრილდისპერსიული ნაწილაკების მოხვედრა ორგანიზმში;
- "ლითონური შხამების" შემცველი პესტიციდებით დამუშავებული მცენარეების (ხილი, ბოსტნეული) საკვებში და სასმელებში მოხვედრა;
- მედიკამენტოზური მოწამვლები (არასწორი შენახვა, მიღება, ზედოზირება).

ბ) "ლითონური შხამების" ორგანიზმში ქცევის კანონზომიერების შესწავლა აუცილებელია იზოლირების მეთოდის და გამოსაკვლევი ობიექტების სწორი შერჩევისათვის, შხამების გამოსაკვლევ ობიექტში შენახვის (არსებობის) დროის შეფასებისათვის.

გ) "ლითონური შხამების" ორგანიზმში მოხვედრის გზები:

- კუჭ-ნაწლავის (პირის) გზით;
- სასუნთქი გზებით (დამახასიათებელია აქროლადი ნაერთებისათვის-სტიბიუმის სულფიდი, ვერცხლისწყალი და მისი ნაერთები);

- კანის გზით (ვერცხლისწყლის, თალიუმის, კადმიუმის პრეპარატები);
- პლაცენტისა და ლორწოვანი გარსების გზით (დარიშხანი).

ლითონთა იონების შეწოვა ორგანიზმში ძირითადად მიმდინარეობს წვრილი ნაწლავის ზედა ნაწილიდან. ლითონთა ზოგიერთი ნაერთები კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან არ იწოვება, ვინაიდან წარმოადგენენ უხსნად ნაერთებს (მაგალითად, ბარიუმის სულფატი, რომელიც გამოიყენება როგორც რენტგენოკონსტრასტული საშუალება). ლითონები სისხლში შეიძლება იყოს იონების (მაშინ ადგილი აქვს მათ აქტიურ ტრანსპორტს) ან კომპლექსების სახით (შესაძლებელია არააქტიური შეწოვა).

მეტაბოლური გარდაქმნების პროცესში "ლითონური შხამები" ორგანიზმში განიცდიან დაჟანგვას, აღდგენას, კონიუგაციას, ჰიდროლიზს. ნაწილდებიან კუჭში, ნაწლავებში, ღვიძლში და თირკმლებში. ლითონების უმრავლესობისათვის დამახასიათებელია რბილ ქსოვილებში, განსაკუთრებით იმათში, რომლებიც მდიდარია სულფჰიდრილური ჯგუფებით (ღვიძლი, თირკმლები), დაბროვება; გარდა ამისა, ვერცხლი გროვდება კანში, ხოლო ტყვია, ბარიუმი, კადმიუმი, თალიუმი, დარიშხანი – ბრტყელ ძვლებში. მნიშვნელობა აქვს მოწამვლის ხასიათსაც. ასე მაგ. ვერცხლისწყალს მწვავე მოწამვლების დროს აღმოაჩენენ თირკმლებში, ღვიძლში, ქრონიკული მოწამვლებისას კი – ფრჩხილებში, თმებში, ძვლებში.

ლითონები ორგანიზმიდან გამოიყოფა ძირითადად თირკმლებით (შარდით), კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან (ნაწლავების გზით), ზოგიერთი ლითონი (დარიშხანი, ვერცხლისწყალი) – საოფლე და სარძევე ჯირკვლებიდან.

ტოქსიკური მოქმედება გაპირობებულია ლითონთა კათიონების ორგანიზმის ამინომჟავეებთან, პეპტიდებთან და ცილებთან შეკავშირებით. ამ დროს წარმოიქმნება მტკიცე კომპლექსები ფუნქციონალური ჯგუფების (SH , - NF_2, -COOH, -OH) რეაქციის უნარიანობის მიხედვით.

ცალკეული "ლითონური შხამების" ტოქსიკური მოქმედება:

მანგანუმი – პროტოპლაზმატური შხამია, აზიანებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, თირკმლებს, ფილტვებს, სისხლის მიმოქცევის ორგანოებს;

ქრომი – ნეფროტოქსიკურია, ახასიათებს მწველი მოქმედება, ახდენს რიგი ფერმენტების ბლოკირებას;

ვერცხლი – აქვს მწველი მოქმედება, აზიანებს რიგ კაპილარებს;

სპილენძი – ნეირო-, ჰემო-, ნეფროტოქსიკურია, აქვს ადგილობრივი მომწველი მოქმედება;

თუთია – ენტეროტოქსიკური მოქმედება;

ბისმუტი – მეტჰემოგლობინის წარმოქმნა; ნეირო-, ჰეპატოტოქსიკური მოქმე-

დება;

ვერცხლისწყალი – ნეირო-, ნეფროტოქსიკური მოქმედება;

დარიშხანი – ამაღლებს კაპილარების შეღწევადობას და იწვევს მათ დამბლას; იწვევს აგრეთვე ჰემოლიზს, აბლოკირებს თიოლურ ფერმენტებს;

თალიუმი – პროტოპლაზმური შხამია; ხასიათდება ნეიროტოქსიკური მოქმედებით;

ბარიუმი – ამაღლებს კაპილარების და უჯრედული მემბრანების შეღწევადობას (იწვევს გულ-სისხლძარღვთა უკმარისობით სიკვდილს);

ტყვია – ნეფროტოქსიკური მოქმედება; აბლოკირებს რიგ ფერმენტებს.

დ) მინერალიზაციის თანამედროვე მეთოდები

"ლითონურ შხამებზე" ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზისათვის ობიექტის შერჩევა დამოკიდებულია ორგანიზმში და ქსოვილებში მათ განაწილებასა და დაგროვებაზე. "ლითონური შხამებზე" არამიმართული ანალიზის ჩატარებისას ყველა შემთხვევაში, საანალიზოდ იღებენ კუჭს შიგთავსით, წვრილ და მსხვილ ნაწლავებს შიგთავსით, ღვიძლს, თირკმელს, შარდს, ელენთას. მიმართული ანალიზის შემთხვევაში, ზოგიერთ "ლითონურ შხამებზე", ზემოჩამოთვლილი ობიექტების გარდა იკვლევენ:

- სწორ ნაწლავს, თმებს (ვერცხლისწყლის ნაერთებზე);
- ბრტყელ ძვლებს (ტყვიის ნაერთებზე);
- ბრტყელ ძვლებს და თმებს (თალიუმის ნაერთებზე);
- თმებს, ფრჩხილებს, ბრტყელ ძვლებს (დარიშხანის ნაერთებზე);
- ტვინს, ფილტვებს (ტეტრაეთილტყვიაზე).

ობიექტის მომზადება მინერალიზაციისათვის:

ანალიზისათვის აღებულ ობიექტებს ცალ-ცალკე აწვრილმანებენ. თუ მყარი კონსისტენციისა – წონიან, თუ სითხეა (მაგ. შარდი) – ზომავენ მოცულობას. თუ ობიექტი დაკონსერვებულია ეთილის სპირტით (ამ მიზნით ფორმალდეჰიდის და ფენოლის გამოყენება დაუშვებულია), მას სუსტად ატუტიანებენ ნატრიუმის კარბონატით (დარიშხანის და ვერცხლისწყლის აქროლადი ქლორიდების დასაშლელად), ათავსებენ ფაიფურის ფიალაში და წყლის აბაზანაზე ააქროლებენ სპირტს არაუმეტეს 50°C-ზე.

საანალიზოდ ასაღები ОБИЕКТИС ЧОНАКИ დამოკიდებულია გამოსაკვლევი ობიექტის საერთო წონაზე, საქმის ვითარებაზე და სხვა ფაქტორებზე. მაგ. თუ ცნო-

ბილია, რომ გარდაცვლილმა მოწამვლის შემდეგ კარგა ხანი იცოცხლა, ან თუა მონაცემები, რომ შხამი მიღებული აქვს მცირე დოზით, აუცილებელია ობიექტის უფრო მეტი რაოდენობით აღება. თუ წონაკი მითითებული არ არის – უმეტეს შემთხვევებში იღებენ 100 გ ორგანოს.

თუ ობიექტი მცირე რაოდენობითაა - აუცილებელია მინერალიზაციისათვის გამოვიყენოთ წყლის ორთქლით გადადენის შემდეგ დარჩენილი ნაშთიც, ჭარბ წყალს აცილებენ წყლის აბაზანაზე ფრთხილად აქროლების გზით.

გამოსაკვლევი ობიექტის მინერალიზაციის ჩატარების პარალელურად, ზოგჯერ წარმოიშობა ბრმა ცდის ჩატარების აუცილებლობა, რეაქტივების სიწმინდის შესამოწმებლად.

"ლითონური შხამების" იზოლირებისათვის გამოსაკვლევი ობიექტის მინერალიზაციის აუცილებლობა გამოწვეულია იმით, რომ ლითონთა კათიონები უკავშირდებიან ამინომჟავეებს, ცილებს, ლიპიდებს და მათთან წარმოქმნიან საკმაოდ მტკიცე კომპლექსებს. ასეთ კომპლექსებში ლითონები იმყოფება შეკავშირებულ მდგომარეობაში და მათი აღმოჩენა ამ კავშირების დარღვევის, ანუ ბიოლოგიური მასალის წინასწარი მინერალიზაციის გარეშე შეუძლებელია.

მინერალიზაცია გამოსაკვლევი ობიექტების ორგანული ნაერთების დაჟანგვის (დაწვის) პროცესია, ლითონების ცილებთან და სხვა ნივთიერებებთან კომპლექსების დაშლის მიზნით, რის შემდეგაც "ლითონური შხამები" გადადიან ხსნარში იონების სახით ე.ი. ლითონები ორგანიზმში არიან ორგანულად შეკავშირებული ნაერთების სახით, მინერალიზაციის შემდეგ კი გადადიან არაორგანულ მდგომარეობაში.

"მშრალი" და "სველი" მინერალიზაციის მეთოდები. "სველი" მინერალიზაციისას ახდენენ ორგანული ნაერთების თხევადფაზურ დაჟანგვას აგრესიული სითხეებით (გოგირდმჟავას და აზოტმჟავას ნარევით, გოგირდმჟავას, აზოტმჟავას, ქლორმჟავას და სხვა სითხეებით), "მშრალ" მინერალიზაციას ატარებენ ორგანული ნაერთების დაწვით, $NaHCO_3$ და KNO_3-თან (ან $NaNO_3$-თან) შელღობით.

მინერალიზაციის ზოგადი და კერძო მეთოდები. ზოგად მეთოდებს მიეკუთვნება მინერალიზაცია მჟავების დახმარებით. "მშრალი" მინერალიზაცია უმთავრესად გამოიყენება კერძო მინერალიზაციის სახით. კერძო მინერალიზაციას მიაკუთვნებენ აგრეთვე დესტრუქციულ მინერალიზაციას, რომელსაც იყენებენ ვერცხლისწყლის არაორგანული ნაერთების იზოლირებისათვის.

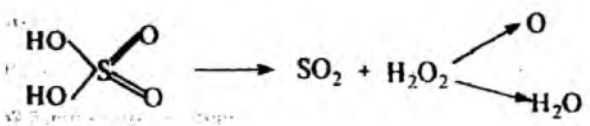
სადღეისოდ ყველაზე ფართო გამოყენება აქვს მინერალიზაციას გოგირდის და აზოტმჟავას ნარევით, საზღვარგარეთ ასევე ფართოდ იყენებენ მინერალიზაციას გოგირდის, აზოტის და ქლორმჟავათა ნარევით. ორივე მეთოდი ხასიათდება შედა-

რებით მაღალი სიჩქარით, ორგანული ნაერთების დაშლის სისრულით, საშუალებას იძლევიან მიღებული იქნეს მინერალიზატის საკმაოდ მცირე მოცულობები. მეთოდის ნაკლად ითვლება ვერცხლისწყლის მნიშვნელოვანი დანაკარგი მისი ნაერთების აქროლების გამო. გარდა ამისა, გოგირდის, აზოტის და ქლორმჟავეების ნარევის გამოყენების მეთოდი მართალია ყველაზე სწრაფია, მაგრამ ფეთქებად-საშიშია.

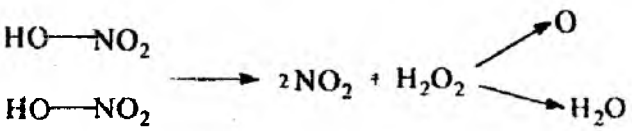
"მშრალი" მინერალიზაციის მეთოდს იყენებენ როგორც კერძოს, ზოგიერთი "ლითონური შხამების" (ვერცხლი, ტყვია, მანგანუმის, თუთიის) გამოკვლევისას ობიექტების მცირე წონაკებში (თმების, კანის, დაუშლელი ნალექების, აბებების და ა.შ.). მეთოდის ნაკლს წარმოადგენს ვერცხლისწყლის ნაერთების დანაკარგები.

მინერალიზაცია გოგირდის და აზოტმჟავების ნარევით. 500-800 მლ მოცულობის კელდალის კოლბში ათავსებენ 100 გ დაწვრილმანებულ ბიოლოგიურ მასალას, ამატებენ 75 მლ ნარევს, რომელიც შედგება თანაბარი მოცულობის წყლის, კონც. აზოტის და გოგირდის მჟავებისაგან. კელდალის კოლბის თავზე ამაგრებენ გამყოფ ძაბრს, რომელშიც მოთავსებულია თანაბარი რაოდენობა წყლით განზავებული კონც. აზოტმჟავა, კოლბს აცხელებენ გაზის სანათურზე.

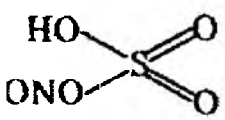
მინერალიზაციის დასაწყისში კონც. გოგირდმჟავა არღვევს უჯრედების და ქსოვილების სტრუქტურას – ასრულებს წყალწამრთმევი საშუალების როლს. ტემპერატურის (110°C-მეტი) და გოგირდმჟავას კონცენტრაციის (60-70%-მდე) მომატებისას იგი ამჟღავნებს დამჟანგველის თვისებებს და იშლება გოგირდის (IV) ოქსიდის გამოყოფით:



რეაქციის დასაწყისში აზოტმჟავა გამოდის სუსტი დამჟანგველის როლში. აზოტის და აზოტოვანი მჟავების ოქსიდების წარმოქმნასთან, აგრეთვე ტემპერატურის გაზრდასთან ერთად აზოტმჟავა გვევლინება როგორც ძლიერი დამჟანგველი:



მინერალიზაციის პროცესში წარმოიქმნება ნიტროზილგოგირდის მჟავას გარკვეული რაოდენობა, რომელიც ხელს უშლის ზოგიერთი ლითონების აღმოჩენას:



არომატული ნაერთების გოგირდის და აზოტის მჟავების ნარევთან ერთად გაცხელებისას მიმდინარეობს ნიტრირების და სულფირების არასასურველი გვერ-

დითი პროცესები, რაც აძნელებს მინერალიზაციას. მინერალიზაციამდე გოგირდის და აზოტის მჟავების წინასწარი განზავება წყლით მნიშვნელოვნად ამცირებს ნიტრირების და სულფირების ხარისხს.

მინერალიზაციის სტადიები

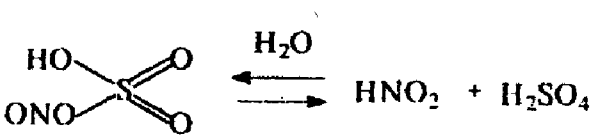
<u>მინერალიზაცია მიმდინარეობს ორი სტადიით</u>: პირველ სტადიაში, რომელსაც "დესტრუქციას" უწოდებენ, მიმდინარეობს ბიოლოგიური მასალის სტრუქტურის დარღვევა მჟავების-დამჟანგველების მოქმედებით (ორგანული ნარევების სრული დარღვევის გარეშე), აგრეთვე ლითონების ცილებთან კომპლექსების დარღვევა, რის შედეგადაც ლითონები ხსნარ-დესტრუქტატში გადადიან იონების სახით. დესტრუქტატში აგრეთვე იმყოფებიან ორგანული ნაერთების დაშლის პროდუქტები: ცილების მოლეკულები, პეპტიდები, ამინომჟავები, ლიპიდები და ორგანიზმის ქსოვილების შემადგენლობაში შემავალი ზოგიერთი სხვა ნივთიერებები. დესტრუქციის სტადია გრძელდება 30-40 წთ ძლიერი გაცხელებით. დესტრუქტატი წარმოადგენს მძიმე და გამჭვირვალე, მოყვითალო ან მურა ფერის სითხეს.

მინერალიზაციის მეორე სტადიაში ადგილი აქვს ორგანული ნივთიერებების სრულ დაშლას. ეს სტადია უფრო ხანგრძლივია (მისი ხანგრძლივობა ლიმიტირებულია ცხიმების დაშლით), მიმდინარეობს უფრო ძლიერი გაცხელებით (კელდალის კოლბა დაშვებულია აზბესტის ბადეზე) და აზოტმჟავას წვეთების დამატებით.

მინერალიზაცია დამთავრებულად ითვლება, როდესაც აზოტმჟავას დამატების შეწყვეტის შემდეგ გაცხელებისას ადგილი ექნება კოლბიდან გოგირდმჟავას თეთრი ორთქლის გამოყოფას და ადგილი არ ექნება მინერალიზატის გაშავებას.

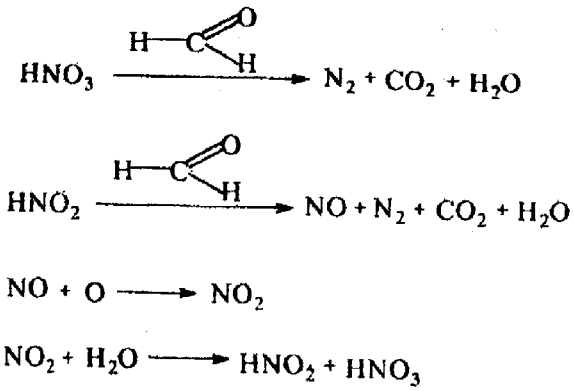
დენიტრაცია – ეს არის მინერალიზატის აზოტის, აზოტოვანი, ნიტროზილ-გოგირდის მჟავებისაგან და აზოტის ოქსიდებისაგან განთავისუფლების პროცესი. ეს ნივთიერებები დამჟანგველებია, რომლებიც ხელს უშლიან "ლითონური შხამების" შემდგომ განსაზღვრებს.

შემუშავებულია დენიტრაციის სხვადასხვა მეთოდი: ჰიდროლიზური მეთოდი (გამოიყენება პირველ ეტაპზე), დამყარებულია მინერალიზატების წყლით განზავებაზე მიღებული სითხეების შემდგომი გაცხელებით. ამ დროს ქროლდებიან აზოტის და აზოტოვანი მჟავები, აზოტის ოქსიდები, ხოლო ნიტროზილგოგირდმჟავა ჰიდროლიზირდება:



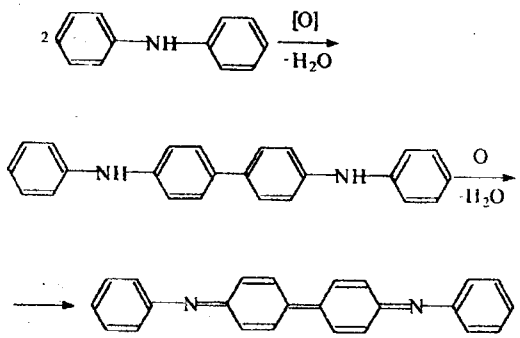
მეთოდი ხანგრძლივია. მიმდინარეობს 15-17 სთ.

მოგვიანებით, მინერალიზაციისათვის მოწოდებული იქნა აღმდგენელები (შარდოვანა, ნატრიუმის სულფიტი, ფორმალდეჰიდი). საუკეთესო რეაგენტს წარმოადგენს ფორმალდეჰიდი; იმის გამო, რომ დამჟანგველების დაშლა მიმდინარეობს სწრაფად (102 წთ-ში), აღმდგენელის ჭარბი რაოდენობა სარეაქციო არედან ადვილად ცილდება რამდენიმე წუთი დუღილით. მიმდინარე პროცესების ქიმიზმი შემდეგში მდგომარეობს:



ნიტროზილგოგირდმჟავას დასაშლელად მინერალიზატს განაზავებენ და აცხელებენ 110°C-მდე, შემდეგ დაამატებენ ფორმალინს.

დენიტრაციის სისრულეს ამოწმებენ დიფენილამინთან რეაქციით. დამჟანგველების არსებობისას წარმოიქმნება ლურჯი ფერი.



აუცილებელია ბრმა ცდის ჩატარება, რადგან გოგირდმჟავა (რომელშიც ხსნიან ცდისთვის საჭირო დიფენილამინს) შეიძლება შეიცავდეს აზოტმჟავას.

გარეგნულად მინერალიზატი უმეტეს შემთხვევაში წარმოადგენს უფერო, გამჭვირვალე და საკმაოდ მძიმე სითხეს. მინერალიზატი ზოგჯერ მოყვითალო ფერისაა (ორგანიზმის ქსოვილებში არსებული რკინის (III) კათიონების არსებობისას), ზოგჯერ მომწვანო (ქრომის (III) არსებობისას) ან ცისფერი (სპილენძის (II) არსებობისა). ხანდახან მინერალიზატი შეიცავს თეთრ (ტყვიის, ბარიუმის ან კალციუმის არსებობისას) ან ჭუჭყიან-მწვანე (ქრომის (III) სულფატის დალექვის გამო) ნალექს.

ე) ბიოლოგიური მასალის დესტრუქციული მინერალიზაციის თავისებურებანი ვერცხლისწყლის გამოკვლევისას

<u>დესტრუქციული მინერალიზაცია</u> – მინერალიზაციის კერძო მეთოდია, რომელიც გამოიყენება ვერცხლისწყლის არაორგანული ნაერთების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზისათვის. იზოლირების კერძო მეთოდის გამოყენების აუცილებლობა განპირობებულია იმით, რომ სრული მინერალიზაციის პროცესში ვერცხლისწყალი იკარგება. ამ დანაკარგვის თავიდან აცილების მიზნით ახდენენ ორგანული ნაერთების არასრულ დაშლას, არამედ დაშლას, რომელიც მიმართულია ვერცხლისწყლის და ცილების კავშირის დარღვევისაკენ. მინერალიზაციას ამთავრებენ დესტრუქციის სტადიაზე.

ვერცხლისწყლის არაორგანულ გამოკვლევების ობიექტებია: 20 გ ღვიძლი, 20 გ თირკმლები. იზოლირებას ატარებენ ცალ-ცალკე. დამჟანგველებად იყენებენ გოგირდის და აზოტის მჟავების (ან გოგრდის, აზოტის და ქლორმჟავების) ნარევს. დესტრუქციას ატარებენ ეთილის სპირტის თანაობისას, რომელიც ამ პროცესის კატალიზატორად ითვლება. გაცხელებას აწარმოებენ წყლის აბაზანაზე 10-15 წთ. ბიოლოგიური მასალის დესტრუქციის შემდეგ დესტრუქტატში იმყოფება ვერცხლისწყლის იონები, ცილები, პეპტიდები, ამინომჟავები, ლიპიდები და სხვები.\

დესტრუქტატიდან დამჟანგველების მოსაცილებლად იყენებენ შარდოვანას:

$2HNO_2 + O = C(NH_2)_2 \rightarrow 2N_2 + CO_2 + 3H_2O$;

$2HNO_3 + O = C(NH_2)_2 \rightarrow 2N_2 + 2NO + CO_2 + 3H_2O$;

მიღებულ დესტრუქტატს იკვლევენ ვერცხლისწყლის არსებობაზე.

§2. "ლითონური შხამების" ტოქსიკოლოგიური ვნიშვნელობა

2.1. ტყვიის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური ვნიშვნელობა

ამ ნაერთებიდან მეტად საყურადღებოა ტეტრაეთილენტყვია (ტეტ), რომელიც ფართოდ გამოიყენება ანტიდეტონატორის სახით შიდაწვის ძრავაში. იგი ამ სითხეში შედის 50-55%-ით.

ტეტ წარმოადგენს შხამს, რომელიც მოქმედებს ნერვული სისტემის ყველა შემადგენელ რგოლზე, აქვს კუმულაციის უნარი. ეს მოქმედება მჟღავნდება თავის ტკივილებით, თავბრუსხვევით, მოუსვენარი და შიშიანი ძილით, რომლებსაც თან ახლავს საშინელი მოლანდებები, უძილობა და სხვა. მძიმე შემთხვევებში ტეტ მოწამვლისას აღინიშნება ფსიქიკური ფუნქციების დარღვევები ჰალუცინაციებით, ბოდვით, გრძნობის ნაწილობრივი და სრული დაკარგვით და ა.შ. ალკოჰოლი

აძლიერებს ტეტ-ის მოქმედებას. მის მიმართ განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან ბავშვები. მოქმედების ფარული პერიოდი ბავშვებისათვის ბევრად მოკლეა.

მოწამვლა შეიძლება განვითარდეს ტეტ-ის შესუნთქვისას, შიგნით შეცდომით მიღებისას, კანიდან ორგანიზმში მოხვედრისას.

ტეტ-ის სასიკვდილო დოზა ადამიანისთვის დადგენილი არ არის. არ არის დადგენილი აგრეთვე ჰაერში მისი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია, რომელიც რა თქმა უნდა ძალიან მცირეა. დღესდღეისობით ტეტ-ით მოწამვლები ჩვენში იშვითია, რაც გამოწვეულია ფართო განმარტებითი მუშაობით და სხვა ღონისძიებებით.

გვამის გაკვეთისას დამახასიათებელი ნიშნები არ აღინიშნება. შეიძლება იგრძნობოდეს დამახასიათებელი სუნი. მოწამვლების დიაგნოსტიკა ემყარება ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის შედეგებს, კლინიკური სურათის მონაცემებს, ჰისტოლოგიურ და სხვა კვლევის სახეებს. ორგანული ნაერთის ფორმით ტეტ-ს პოულობენ ცნს-ში. არაორგანული ნაერთის სახით - ძირითადად ღვიძლში და თირკმელებში. გვამში იგი ნაწილობრივ იშლება, წარმოქმნის არააქროლად ნაერთებს. თუმცა იგი მთლიანად მოლეკულის სახით (შეუცვლელად) საკმაოდ დიდხანს ინახება.

2.2. ბარიუმის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

ბარიუმის ნაერთები ფართოდ გამოიყენება მედიცინაში ბარიუმის პრეპარატის ($BaSO_4$ რენტგენოკონტრასტული საშუალება), კერამიკულ და შუშის წარმოებაში ($BaCO_3$), საფეიქრო და რეზინის წარმოებაში, სოფლის მეურნეობაში ($BaCl_2$ მცენარეთა მავნებლების წინააღმდეგ), ბარიუმის სელენიტი ($BaSeO_3$) და კარბონატი ($BaCO_3$) გამოიყენება – დერატიზაციისათვის. $BaCl_2$ და $Ba(OH)_2$ – იყენებენ ლაბორატორიებში რეაქტივებად.

ბარიუმით მოწამვლების ისტორიაში არჩევენ ორ პერიოდს: პირველი – ბარიუმის სულფატის რენტგენოკონტრასტული საშუალების სახით გამოყენებამდე და მეორე – გამოყენების შემდეგ. პირველ პერიოდში ბარიუმით მოწამვლები იშვიათი იყო. მოწამვლის მიზეზი გახლდათ ბარიუმის კარბონატის ფქვილი, რომელიც გამოიყენებოდა თაგვების მოსაწამლად, ან ბარიუმის ქლორიდი ($BaCl_2$) - თეთრეულის სადეზინფექციო საშუალება. მეორე პერიოდში მოწამვლები გახშირდა. ამის მიზეზი არის არა თვით $BaSO_4$-რომელიც უხსნადი ნაერთია, არამედ ბარიუმის ხსნადი მარილები, რომლებიც მინარევის სახით შეიძლება იყვნენ $BaSO_4$-ში, ან შეცდომით

იქნენ გამოყენებული $BaSO_4$-ის მაგივრად. მაგ. ლიტერატურაში (Вестник фармации, 1924, №1-2, გვ 22) აღწერილია შემთხვევა როცა საწყობიდან $BaSO_4$-ის მაგივრად გაიცა BaS საწყობის გამგემ გამოწერა:*„Barium sulf"*, საწყობის ქიმიურ განყოფილებაში *„Barium sulfuricum"* -ის ნაცვლად გაუშვეს ორიგინალურ შეფუთვაში *„Barium sulffid"*. ეს უკანასკნელი კი გამოყენებული იქნა რენტგენოსკოპიაში, რამაც გამოიწვია ავადმყოფის სასიკვდილო მოწამვლა. ანალოგიური შემთხვევები აღწერილი იქნა მოგვიანებითაც (მაგ. 1972 წელს ჟურნალ *„Antiseptic"*-ში) ცნობილია ბარიუმის კარბონატით მოწამვლის შემთხვევებიც, რომელიც $BaSO_4$-ში შეიძლება იყოს მინარევის სახით. ორგანიზმში მოხვედრისას კუჭის წვენის მარლმჟავის მოქმედებით ბარიუმის კარბონატი გადადის ხსნად $BaCl_2$-ში. ეს გამოწვეულია იმით, რომ რენტგენოსკოპიაში $BaSO_4$-ს იყენებენ დიდი რაოდენობით (100 გრამამდე და მეტს). ბარიუმის კარბონატის ტოქსიკურ დოზად ნ. ვ. ლაზარევის მონაცემებით ითვლება 0.2-0.5 გ, სასიკვდილოდ – 0.8-0.9 გ, სიკვდილს იწვევს გულის დამბლა.

პათოლოგ-ანატომიური სურათი არასპეციფიკურია –კუჭის და ნაწლავის ლორწოვან გარსებში, სეროზულ სითხეებში და ფილტვებში აღინიშნება ჰიპერემია და სისხლჩაქცევები, ღვიძლის ცხიმოვანი გადაგვარება. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევა დიდ როლს თამაშობს მოწამვლების დიაგნოსტიკაში. ბარიუმის გამოყოფა ორგანიზმიდან ძირითადად მიმდინარეობს კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან. Ba^{2+} უმნიშვნელო რაოდენობით არის ცოცხალი არსებების ყველა ორგანოსა და ქსოვილში, როგორც მისი ბუნებრივი შემადგენელი ნაწილი ე. ი. იგი ამ ორგანოებში ბუნებრივად არის.

2.3. მანგანუმის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

მანგანუმს დიდი გამოყენება აქვს მრეწველობის სხვადასხვა დარგში – მეტალურგიაში, შუშის და საფეიქრო მრეწველობაში, მედიცინასა და სანიტარიაში.

მანგანუმის ნაერთები **ძლიერი პროტოპლაზმური** შხამებია, განსაკუთრებით მოქმედებენ ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, იწვევენ მათ მძიმე ორგანულ დაზიანებებს, აზიანებენ თირკმლებს, სისხლმბად ორგანოებს, ფილტვებს.

მანგანუმი ძირითადად **პროფესიული შხამია**. მისი ნაერთების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში მანგანუმზე გადაანგარიშებით 0.0003 მგ/ლ-ის ტოლია.მოქმედებს რა ორგანიზმზე სასუნთქი გზებით იწვევს ცენტრალურ ნერვული სისტემის, თირკმლების, სისხლმბადი ორგანოებს და ფილტვების დაზიანებას.

მანგანუმით მწვავე მოწამვლა ხშირად იწვევს სიკვდილს მაგ. კალიუმის პერმანგანატი კრიმინალური აბორტების დროს.

ადამიანისათვის კალიუმის პერმანგანატის სასიკვდილო დოზა ზუსტად დადგენილი არ არის. ა. ო. გოინერის მონაცემებით, შიგნით მიღებისას იგი შეადგენს 15-20 გ. ამ ნაერთებით მოწამლულ ადამიანების გვამების გაკვეთისას დამახასიათებელია ლორწოვანი გარსების დამწვრობის სურათი, რომელიც ჰგავს მწვავე ნივთიერებებით (ტუტეები და მჟავეები) გამოწვეულ დაზიანებებს, როგორიცაა პარენქიმული ორგანოების დეგენერაციული ცვლილებები - ძირითადად გულის, ღვიძლის, თირკმლების.

კალიუმის პერმანგანატის ხსნარების გამოყენებისას სავლებად და მოსასხმელად შეიმჩნევა ლორწოვანი გარსების შეშუპებები, შემდგომი ანთებებით, რომელიც ზოგჯერ იწვევს ორგანიზმის საერთო მოწამვლას. შეყვანის გზების მიუხედავად მანგანუმი ორგანიზმიდან გამოიყოფა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტატის გზით და შარდთან ერთად. ძირითადი ორგანო, რომელიც აკავებს და აგროვებს მანგანუმს არის ღვიძლი. მანგანუმი მიეკუთვნება იმ ელემენტების რიცხვს, რომლებიც ცხოველთა ორგანიზმში ასრულებენ გარკვეულ ბიოლოგიურ როლს. ამით აიხსნება გვამის შინაგან ორგანოებში მანგანუმის არსებობა ქიმიური გამოკვლევების დროს, რაც განპირობებს მანგანუმის რაოდენობის განსაზღვრის აუცილებლობას ბიოლოგიურ მასალაში.

კალიუმის პერმანგანატი წარმოადგენს – პრეკურსორს და მკაცრი აღრიცხვის საგანს საქართველოში. ნარკომანები მას იყენებენ, როგორც ძლიერ დამჟანგველს.

Mn^{2+} საერთო რაოდენობა ადამიანის ორგანიზმში აღწევს 0.05%, დაახლოებით 1.8 მგ, აქედან 0.17-0.2 მგ არის ღვიძლის 100 გ, ახლად აღებულ მასალაში (ა.ო. ვოინერი). ა.ნ. კრილოვა წილადობრივი მეთოდით 100 გ ღვიძლში საზღვრავდა 0.13-0.40 მგ ბუნებრივ Mn^{2+}, თირკმლებში 0.06-0.28 მგ და საშვილოსნოში 0.04-0.16 მგ.

2.4. ქრომის ნართების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

ქრომის მარილები ფართოდ გამოიყენებიან სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა სფეროში, კერძოდ სოფლის მეურნეობაში, მედიცინაში მაღალი ტოქსიკურობის გამო სადღეისოდ არ გამოიყენებიან.

ყველაზე უფრო ტოქსიკურებია ქრომატები და ბიქრომატები, ეს უკანასკნელნი ქრომატებზე უფრო ტოქსიკურები არიან. ექვსვალენტიანი ქრომის მარილები აღიზიანებენ და წვავენ კანს და ლორწოვან გარსებს. ტიპიურ ნიშანს წარმოადგენს

ცხვირის ძგიდის განლევა. უკანასკნელ ხანებში დადგენილი იქნა, რომ ქრომს აქვს კანცეროგენული მოქმედება.

შიგნით მიღებისას აღინიშნება პირის, საყლაპავის, კუჭის ლორწოვანი გარსის დამწვრობა, შეშუპება, ღებინება, ზოგჯერ სისხლიანი, ყვითელი ან მწვანე მასები. ლიტერატურაში ქრომის მჟავას მარილების სასიკვდილო დოზებზე სხვადასხვა მონაცემებია, რაც მერყეობს 0.2-8გ ფარგლებში.

გვამის გაკვეთისას აღინიშნება მწვავე ნაერთებით მოწამვლის ნიშნები და ლორწოვანი გარსის ყვითელი ფერი. მწვავე მოწამვლისას ქრომი გროვდება ღვიძლში, თირკმელში, ენდოკრინულ ჯირვვლებში.

ქრომი, ნორმის ფარგლებში მუდმივად არის ცხოველების და ადამიანების ორგანოებში, მაგრამ მათ არსებობის დადგენა ქიმიური მეთოდებით არ ხერხდება, საჭიროებს თანამედროვე მაღალმგრძნობიარე მეთოდების გამოყენებას.

2.5. ვერცხლის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

ვერცხლს, როგორც ლითონს ან მის შემცველ ნაერთებს ხშირად იყენებენ ფოტოგრაფიულ და ელექტრონული მრეწველობის დარგში. ლითონის დიდი რაოდენობა იხარჯება მონეტების, ძვირფასი შენადნობების დამზადების დროს, სტომატოლოგიაში და გალვანური ელემენტების წარმოებაში. ვერცხლის ზოგიერთი მარილები გამოიყენება მედიცინაში. ასეთ ნაერთებს მიეკუთვნებიან ვერცხლის ნიტრატი, კოლარგოლი, პროტარგოლი, ვერცხლის სულფადიაზინი. მცირე რაოდენობით ვერცხლი შედის ორგანიზმის უჯრედებსა და ქსოვილებში.

მცირე კონცენტრაციებით ვერცხლის ნიტრატი გამოიყენება მედიცინაში როგორც შემკვრელი და ანთებასაწინააღმდეგო საშუალება ქრონიკული გასტრიტების და კუჭის წყლულოვანი დაავადების დროს. დიდი დოზებით ვერცხლის ნიტრატის ხსნარებს აქვს მომწველი და ბაქტერიოციდული მოქმედება. პროტარგოლი შეიცავს 7.8-8.3% ვერცხლს, კოლარგოლი 70-75%. მათ იყენებენ თვალის წვეთების და შარდის ბუშტის გამოსარეცხი ხსნარების მოსამზადებლად. ვერცხლის სულფადიაზინს აქვს ბაქტერიოციდული მოქმედება გრამ-დადებითი და გრამ-უარყოფითი მიკროორგანიზმების მიმართ.

დადგენილია, რომ ვერცხლის საშუალო სადღეღამისო მოხმარება გარემომცველ არედან და კვების პროდუქტებიდან მოზრდილი ადამიანისათვის შეადგენს 70 მკგ-ს.

<u>სისსლში შემცველობა</u> ვერცხლის ნაერთები ადამიანის ორგანიზმში აღწევენ პირის გზით იგი ნაწილობრივ შეიწოვება კუჭიდან სისხლში. სისხლში ვერცხლის

შემცველობა საშუალოდ შეადგენს 0.1 მკგ/ლ-ზე. იმ ადამიანებში, რომლებსაც არ განუცდიათ ვერცხლის ნაერთების მოქმედება ვერცხლის ნაერთებთან კონტაქტის დროს მისი კონცენტრაცია სისხლში 0.8 მკგ/ლ-მდე აღწევს. მოწევის საწინააღმდეგო საღეჭი რეზინის გამოყენებისას, რომელიც შეიცავს ვერცხლის აცეტატს, 12 კვირის განმავლობაში ვერცხლის შემცველობა სისხლში იზრდება და აღწევს 55 მკგ/ლ, ხოლო საღეჭი რეზინის გამოყენების დამთავრებიდან 14 კვირის შემდეგ ვერცხლის რაოდენობა სისხლში მცირდება 3.2 მკგ/ლ-ში.

ვერცხლის ნაერთებიდან ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ ვერცხლის ნიტრატს. იგი ახდენს მომწველ და მთრიმლავ (შემკვრელ) მოქმედებას კანზე და ლორწოვან გარსებზე.

ადამიანებს, რომლებიც მუშაობენ ვერცხლის მადნის მოპოვებასა და გადამუშავებაზე შეიძლება განუვითარდეთ ამ მადნების მტვერით გამოწვეული ქრონიკული მოწამვლა. ვერცხლის ნაერთების ხანგრძლივი გამოყენება და მადნის მტვრის ან ამ ლითონის ორთქლის შესუნთქვა იწვევს ალერგიას (ვერცხლის დაგროვება ქსოვილებში). ამ დროს კანი იძენს მორუხო-მომწვანე ან ყავისფერ ელფერს. ეს შეუქცევადი მოვლენაა და დაკავშირებულია ვერცხლის იონების კომპლექსების წარმოქმნასთან პროტეინების ამინომჟავების სულფჰიდრილურ ჯგუფებთან (დაავადება არგირია).

ვერცხლის ნაერთებით მოწამვლა უმეტესწილად შემთხვევითია, მაგრამ არსებობს ვერცხლის საშუალებით თვითმკვლელობის შემთხვევებიც. პროფესორი ა.ვ. სტეპანოვი აღწერს მოწამვლებს ვერცხლის შემცველი თმის საღებავებით. ვარცხლის ნაერთები ამ დროს ნაწილობრივ აღდგებიან ლითონურ ვერცხლად, აგრეთვე ნაწილობრივ შლიან თმაში არსებულ გოგირდის შემცველ ნაერთებს, გადადიან შავი ფერის ვერცხლის სულფიდში და უზრუნველყოფენ თმის შავ ფერს. მღებავ სითხეებად იყენებენ ნატრიუმის ნიტრიტის ან ვერცხლის ქლორიდის ამიაკურ ხსნარს. მეორე ხსნარს, რომელიც აჩქარებს შეღებვას წარმოადგენს ნატრიუმის ან ამონიუმის სულფიტის ხსნარი.

<u>**მეტაბოლიზმი და გამოყოფა**</u> – ორგანიზმში მოხვედრილი ვერცხლის ნახევარზე მეტი ორგანიზმში ხვდება ფილტვების გზით, 10% შეიწოვება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტი-დან და 1% პირდაპირი კონტაქტის გზით კანიდან. ვერცხლის 85-90% გამოიყოფა განავალთან ერთად და 10% შარდთან ერთად.

შარდში ვერცხლის 7-დან 11 მკგ/ლ-მდე კონტეტრაციის დროს აღმოჩენა შეიძლება 30 შემთხვევიდან ორ შემთხვევაში. უფრო ნაკლები კონცენტრაციისას ის არ დეტექ-ტირდება. ვერცხლის სულფადიაზინის შემცველი ზოგიერთი მალამოების

გამოყენებისას რამდენიმე დღის განმავლობაში ლითონის კონცენრაცია შარდში აღემატება 100 მკგ/ლ-ში.

ვერცხლი ფართოდ არის გავრცელებული ცხოველთა როგორც დაბალ ასე უმაღლეს ორგანიზმებში. ა. ო. ვოინარმა ადამიანების ორგანოებში აღმოაჩინა ვერცხლის შემდეგი რაოდენობები, (100 გ ახლადაღებული მასალა): ტვინში - 0.03 მგ, ღვიძლში - 0.005 მგ, ფილტვებში 0.004 მგ, ძვლებში - 0.01 მგ.

2.6. სპილენძის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

სპილენძი და მისი მარილები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში. საღებავების მისაღებად და ჩითების მოსახატად გამოიყენება CuO, $CuCl_2$, $Cu(NO_3)_2$, $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$, მალაქიტი $Cu_2(CO_3)(OH)_2$, $Cu(OCOCH_3)_2$, $CuSO_4$. გარდა ზემოაღნიშნულისა, გამოიყენება გალვანოპლასტიკაში, ხეების გასაჟღენთად, მელნის წარმოებაში; რიგი ნაერთებისა გამოიყენებიან სოფლის მეურნეობაში ინსექტოფუნგიციდების სახით, მაგ. CuO, $CuCl_2$, $Cu_2(OCl)_2$, $CuSO_4$, $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ ეს უკანასკნელი ცნობილია პრეპარატ ABს სახელწოდებით, მედიცინაში გამოიყენება $CuSO_4 \cdot 5H_2O$-სპილენძის სულფატი და $Cu_2C_6H_4O_7 \cdot 2.5H_2O$-სპილენძის ციტრატი. სპილენძის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა არ არის მაღალი. სპილენძის სულფატის სასიკვდილო დოზად ითვლება 10 გრამი.

სპილენძით მოწამვლა ხშირ შემთხვევებში კომბინირებულია (სპილენძი და ტყვია, სპილენძი და თუთია და ა.შ.). ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევებისას მნიშვნელობა აქვს გამოსაკვლევ ობიექტში Cu^{2+} და AsO_4^{3-} ერთდროულად არსებობას, რაც მიუთითებს შვეინფურტის (პარიზის) მწვანით, შეელეს მწვანით – $Cu_2As_2O_5$ და სპილენძის და დარიშხანის სხვა პრეპარატებით მოწამვლაზე, რომელებიც სოფლის მეურნეობაში გამოიყენება ინსექტოფუნგიციდების სახით. სპილენძზე ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევებისას, საკვლევ ობიექტებად შეიძლება შეირჩეს ნაღებინევი მასა და სხვადასხვა საკვები პროდუქტები, რომლებიც მოყვანის დროს დამუშავდა სპილენძის ნაერთებით და ა.შ.

სპილენძი მოიპოვება მრავალ მცენარეში, მაგ. პარკოსნების პარკებში, სპილენძი არის ღვიძლში, აგრეთვე ადამიანთა გვამის შინაგან ორგანოებში, განსაკუთრებით ხანშიშესულებში.

ყველაფერი ეს მიუთითებს იმაზე, რომ სპილენძის აღმოჩენისას, ჩატარდეს მისი რაოდენობითი განსაზღვრა, რომელიც სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტს და სასამართლოს საშუალებას მისცემს გადაწყვიტოს აღმოჩენილი სპილენძი მოცემულ

ობიექტის ბუნებრივი შემადგენელი ნაწილია – მაგ. მწვანე ბარდის, გვამის ორგანოების და ა. შ. თუ განზრახ არის შეტანილი (კონსერვების შესაღებად და სხვა მიზნებით).

ა.ნ. კრილოვა წილადობრივი მეთოდით საზღვრავდა სპილენძის რაოდენობას 100გ ღვიძლში 0.56 - 1.12 მგ, თირკმელებში 0.25 - 0.40 მგ და ტვინში 0.31 - 0.34 მგ ფარგლებში. სპილენძის ეს რაოდენობა სასამართლო-სამდიცინო შედეგების შეფასებისას განხილული უნდა იქნეს როგორც სპილენძის ბუნებრივი შემცველობა.

2.7. სტიბიუმის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

სტიბიუმის ნაერთების უმრავლესობა ტოქსიკურია. სამვალენტიანი სტიბიუმის ნაერთები უფრო ტოქსიკურებია ვიდრე ხუთვალენტიანი.

სტიბიუმის ნაერთები – $SbO(C_4H_4O_6)K \cdot 0.5H_2O$; Sb_2O_5; Sb_2S_3; Sb_2S_5 – გამოიყენება ემალირებული, თიხის, შუშის ჭურჭლის, საფეიქრო და რეზინის საგნების, ცეცხლგამძლე ქსოვილების, ბრეზენტის წარმოებაში, სტიბიუმის (V) სულფიდს იყენებენ პიროტექნიკაში, ასანთების წარმოებაში, კაუჩუკის ვულკანიზაციაში და ა.შ. სტიბიუმის (III) ქლორიდს იყენებენ ლითონების კოროზიისაგან დასაცავად და სხვა სფეროში. სტიბიუმის ზოგიერთი ნაერთი, მაგალითად ანთიმონილკალიუმის ტარტრატი, ხუთგოგირდიანი სტიბიუმი, სურმინი, სტიბენილი, ნეოსტიბოზანი, სოლუსურმინი და სხვები გამოიყენება მედიცინაში ვისცერალური და კანის ლეიშმანიოზის სამკურნალოდ. ზოგიერთ ქვეყანაში მედიცინაში იყენებენ ე.წ. საღებინებელ ქვას KOOH-CHOH- CHOH-COO-SbO, როგორც ამოსახველებელ და ღებინების გამომწვევ საშუალებას. ქიმიოთერაპიული პეპარატების სახით გამოყენებულია სტიბიუმის ორგანული ნაერთები (ნატრიუმის ანტიმონილ ტარტრატი, საღებინებელი ქვა), სოლუსურმინი (ლეიშმანიოზის დროს).

აღწერილია სტიბიუმის პრეპარატებით შემთხვევითი, სამედიცინო, კვებითი, საწარმოო და ასევე წინასწარგანზრახული მოწამვლები.

სტიბიუმის მარილების ორგანიზმში პარენტერალური შეყვანა იწვევს კარდიოტოქსიკურობას; შესაძლებელია კოლაფსი და სიკვდილი ანაფილაქსიური შოკის შედეგად. საწარმოო მოწამვლას განაპირობებს სტიბიუმის ნაერთების შესუნთქვა ორთქლის და ფხვნილების სახით.

სტიბიუმის ნაერთებით მწვავე პერორალური მოწამვლების კლინიკური სურათი დარიშხანის პრეპარატებით მოწამვლების მსგავსია – მუცლის ძლიერი ტკივილი,

ღებინების და დიარეის ჩათვლით. ადამიანისათვის ანთიმონილკალიუმის ტარტრატით პერორალური მოწამვლისას სასიკვდილო დოზაა 150 მგ.

გვამის პათალოგ-ანატომიური გამოკვლევისას აღინიშნება ფილტვების ჰიპერემია, სისხლის მიმოქცევის მოშლა, ფილტვებში და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ორგანოებში სისხლჩაქცევები.

ცხოველებზე ცდებით დამტკიცებულია, რომ სტიბიუმი შეიძლება დაგროვდეს თირკმელებში და ძირითადად ღვიძლში; ა.ო. ვოინერის მონაცემებით ადამიანის და ძუძუმწოვრების ორგანოებში სტიბიუმი, როგორც ბუნებრივად შემადგენელი ელემენტი აღმოჩენილი არ არის.

2.8. დარიშხანის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

დარიშხანის ნაერთები საუკუნეების მანძილზე იქცევდნენ და ეხლაც იქცევენ ფარმაცევტების, ტოქსიკოლოგების და ექსპერტ-ქიმიკოსების ყურადღებას. პროფესორი ა. ვ. სტეპანოვი, რომელიც ახასიათებდა დარიშხანს, როგორც შხამს, აღნიშნავდა, რომ სასამართლო ქიმიამ მასზე გააკეთა თავისი პირველი ნაბიჯები.

სასამართლო (ტოქსიკოლოგიური) ქიმიის სახელმძღვანელოებში დარიშხანს ყოველთვის დიდი ყურადღება ეთმობოდა. მინერალიზაციის მეთოდების შემუშავებისას მათი შეფასების კრიტერიუმად ყოველთვის იყო დარიშხანის და ვერცხლისწყლის, რაც შეიძლება სრულყოფილი აღმოჩენა და განსაზღვრა. დარიშხანს დღესაც არ დაუკარგავს თავისი მნიშვნელობა. ამის მიზეზია მისი ნაერთების გამოყენება სახალხო მეურნეობაში, მედიცინაში და მათი ტოქსიკურობა.

დარიშხანის ნაერთები ხასიათდებიან ადამიანის და ცხოველების ორგანიზმებში გამოხატული ტოქსიკურობით.

განსაკუთრებით დიდია დარიშხანის შემდეგი ნაერთების მნიშვნელობა:

– <u>დარიშხანოვანი ანჰიდრიდი (As_2O_3),</u> რომელიც გამოიყენება ინსექტიციდის და კონსერვატის სახით სოფლის მეურნეობაში, მინის ტექნოლოგიაში – მინის გაუფერულებისათვის, ტყავის მრეწველობაში, მედიცინაში და ა.შ.

– <u>ნატრიუმის არსენატი</u> – ორთო და მეტა დარიშხანოვანი მჟავეების ნატრიუმის მარილების (Na_3AsO_3 და $NaAsO_2$) ნარევი – სოფლის მეურნეობაში გამოყენება როგორც ინსექტიციდი.

– <u>კალციუმის არსენიტი</u> – მეტა-დარიშხანოვანი მჟავას კალციუმის მარილი $Ca(AsO_2)_2$, რომელიც გამოიყენება კალიების, მალარიის კოღოების, მინდვრის თაგვების, ხვლიკების და სხვა მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად.

– <u>დავიდოვის პრეპარატი</u>, რომელიც არის კალციუმის არსენატის ნარევი ტალკთან – გამოიყენება იმავე მიზნით.

– ორთო-დარიშხანოვანი მჟავას კალციუმის მარილების [$Ca_3(AsO_4)_2$ და $CaHAsO_4$] ნარევს, რომელიც გამოიყენება ინსექტიციდების სახით.

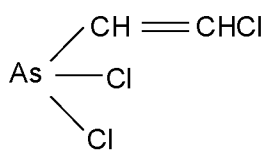
– პარიზის, ანუ შვეინფურტის მწვანე [$Cu(OCOCH_3)_2 \cdot 3Cu(AsO_2)_2$], რომელიც ზოგჯერ გამოიყენება სოფლის მეურნეობის მავნებლების და მალარის კოღოების ჭუპრების საწინააღმდეგოდ. ცხოველთა გვამების, კუჭის შეგთავსის, საკვები პროდუქტების და სხვა ობიექტების ზურმუხტისფერი – მწვანე შეფერვა არის დარიშხანის და სპილენძით მოწამვლების მანიშნებელი.

– ტოქსიკოლოგიურ ინტერესს იწვევს აირადი დარიშხანოვანი წყალბადი, რომელიც შეიძლება გახდეს როგორც საწარმოო, ასევე საყოფაცხოვრებო მოწამვლის მიზეზი.

სხვადასხვა ლიტერატურულ წყაროებში აღწერილია დარიშხანის ანჰიდრიდით, არსენიტებით, არსენატებით, დარიშხანის (III) ქლორიდით, დარიშხანის ჰიდრიდის – AsH_3-ით და დარიშხანის სხვა ნაერთებით მოწამვლების შემთხვევები.

არსენოვანი მჟავას ანჰიდრიდს იყენებენ ზოგიერთი პესტიციდის, რომლებიც გამოიყენებიან სოფლის მეურნეობაში, მისაღებად. ზოგიერთი ლითონის არსენიდები და არსენატები გამოიყენებიან როგორც პესტიციდები, რომლებსაც მიეკუთვნება პარიზის მწვანე $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 3Cu(AsO)_2$ და ზოგიერთი სხვა ნაერთები.

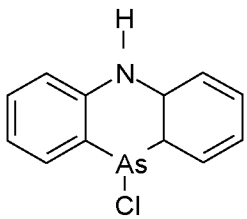
განსაზღვრული ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს მედიცინაში გამოყენებულ დარიშხანის ორგანულ ნაერთებს (ოსარსოლს, ნოვარსენოლს, მიარსენოლს). ძალიან ტოქსიკურები არიან ის საბრძოლო-მომწამვლელი ნივთიერებანი (ლუიზიტი, ადამსიტი და სხვები) რომელთა შემაგენლობაში შედის დარიშხანი (არსენიკუმი):



სადღეისოდ დარიშხანის ნაერთებით მოწამვლების მიზეზი შეიძლება გახდეს გაუფთხილებელი დამოკიდებულება დარიშხანის პრეპარატების შენახვის და გამოყენების მიმართ, უსაფრთხოების ტექნიკის არასათანადო დაცვა.

ორგანიზმში მოხვედრილი დარიშხანი არღვევს ფერმენტების ჟანგვითი ფოსფორილირების უნარს. ადგილობრივად მოქმედებს მომწველად, იწვევს ქსოვილების ანთებას და სიკვდილს. დარიშხანის დამანეკროზებელ უნარზეა დამოკიდებული დარიშხანოვანი ანჰიდრიდის გამოყენება სტომატოლოგიურ პრაქტიკაში.

დარიშხანი ხასიათდება კანზე-რეზორბციული მოქმედებით, იწვევს წყლულების წარმოქმნას, ქსოვილების დანეკროზებას, სისხლის ჰემოლიზს:



იგი შედის საბრძოლო მომწამვლელი იარაღის „ჩერიომუხას" შემადგენლობაში, აქვს ცრემლდენი მოქმედება.

დარიშხანის ტოქსიკური მოქმედება განპირობებულია ამ ელემენტის ვალენტიბით. სამვალნტიანი დარიშხანის ნაერთები ბევრად უფრო ტოქსიკურები არიან ვიდრე ხუთვალენტიანები. ხუთვალენტიანი დარიშხანის უმეტესობა ორგანიზმში გარდაიქმნებიან სამვალენტიანებად.

დარიშხანის გარკვეული რაოდენობა არის ორგანიზმის ქსოვილებში-ღვიძლში, ელენთაში, ფილტვებში, გულის კუნთში.

დარიშხანის წყალში ხსნადი ნაერთები სისხლში შეიწოვებიან ნაწლავებიდან. ვინაიდან სისხლში მოხვედრილი მისი ნაერთების ნაწილი აღწევს ერითროციტებში და იწვევენ მის ჰემოლიზს. ეს თავის მხრივ განაპირობებს თირკმლის, ღვიძლის მილაკების დახშობას და სიყვითლეს, ზოგიერთი ნაერთები ავლენენ ნეკროზულ მოქმედებას.

დარიშხანის ნაერთებს ორგანიზმში დაგროვების-კუმულირების უნარი აქვთ. დარიშხანის ნაერთებით მწვავე მოწამვლების დროს ისინი უმეტესად გროვდებიან პარენქიმატოზულ ორგანოებში, ქრონიკული მოწამვლებისას ძვლებში და გარქოვანებულ ქსოვილებში (კანი, ფრჩხილები, თმები და სხვა). დარიშხანი (არსენიკუმი) ორგანიზმიდან გამოიყოფა თირკმელების გზით შარდთან ერთად. ნაწლავების და ზოგიერთი ჯირკვლების გზით გამოყოფა მიმდინარეობს თანდათანობით, რასაც განაპირობებს მისი კუმულაციის უნარი. ექსკრემენტებში

არსენიკუმი შესაძლებელია აღმოჩენილი იქნას რამდენიმე კვირის შემდეგ, გვამში კი სიკვდილიდან რამდენიმე წლის შემდეგ.

დარიშხანით მწვავე მოწამვლის დროს ადგილი აქვს საყლაპავის, კუჭის ძლიერ ტკივილებს, ღებინებას, წნევის დაქვეითებას, ვითარდება კომა, კრუნჩხვები.

დარიშხანის დაბალი დოზებისას ვითარდება მოუსვენრობა, გულისრევა, ღებინება, თავის ტკივილი, თვბრუსხვევა, შემცივნება, კუნთების სპაზმი და სხვადასხვა დამბლები.

დარიშხანის შემცველი მტვრით მოწამვლისას, რომელიც ორგანიზმში ხვდება სასუნთქი გზებით ადგილი აქვს მოუსვენრობას, გახშირებულ სუნთქვას, ციანოზს, ფილტვების შეშუპებას.

არსინი (დარიშხანოვანი წყალბადი) იწვევს სახის კანის წვას, გულისრევას, სიმძიმეს გულის არეში. დარიშხანით კლინიკური მოწამვლის სურათი ხასიათდება სამი ხარისხით: მსუბუქი, საშუალო სიმძიმის და მძიმე. კანის დაზიანება იწვევს ერითროციტების ჰემოლიზს, ანემიას. ყველა შემთხვევაში აღინიშნება: ნევროპათია, ჰემატოპათია, ხოლო სიმძიმეს განაპირობებს მოწამვლის ხარისხი.

მწვავე მოწამვლების პათ-ანატომიური სურათი არ არის დამახასიათებელი. ორგანული მოწამვლა იწვევს ღვიძლის, თირკმლების, გულის კუნთის ცხიმოვან გადაგვარებას. გვამის ექსგუმაციის დროს, სასამართლო-ქიმიური ექსპერტიზის ჩატარებისათვის, აუცილებელია მიწის აღება კუბოს ექვსივე მხრიდან.

არჩევენ დარიშხანით მოწამვლის 2 ძირითად ფორმას: **კუჭ-ნაწლავის** და **ნერვულს**. ხშირია შერეული ფორმაც: პირველი ფორმის დროს დამახასიათებელია პირის ღრუში ლითონის გემოს გაჩენა, ხორხის წვა, წყურვილის გრძნობა, ძლიერი ტკივილები მუცლის არეშე, უწყვეტი ღებინება, ძლიერი ფაღარათი.

ნერვული ფორმის დროს რამდენიმე დღიდან რამდენიმე კვირამდე ვითარდება ტიპიური დარიშხანოვანი ნეფრიტი კიდურების და ენის პარესთეზიით, ზოგჯერ საკმაოდ მდგრადი დამბლით.

დარიშხანი გამოიყოფა შარდთან და განავალთან ერთად, ნერწყვის, ნაღვლის და რძის გზით. პროცესი ჩქარდება დიმერკაპტოლის ზემოქმედებით.

დარიშხანის არაორგანული პრეპარატების სასიკვდილო დოზა შეადგენს 0.05–1გ. თუმცა ზოგჯერ ამაზე უფრო მაღალმა დოზებმაც შეიძლება არ გამოიწვიოს სიკვდილი. დარიშხანისადმი აღინიშნება, როგორც მომატებული მგრძნობელობა, ასევე მისდამი შეჩვევაც. დარიშხანს ახასიათებს კუმულაციის უნარი.

თუ მწვავე მოწავლების დროს დარიშხანი კონცენტრირდება ძირითადად კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში და პარენქიმულ ორგანოებში, ქრონიკული მოწამვლებისას

ძირითადად გროვდება ძვლებში და გარქოვანებულ ქსოვილებში (თმებში, ფრჩხილებში, კანში).

სწრაფად მიმდინარე მოწამვლების დროს პათალოგანატომიური სურათი არ არის დამახასიათებელი. ნელა მიმდინარე მოწამვლების დროს აღინიშნება ღვიძლის, თირკმლების, გულის კუნთის ცხიმოვანი გადაგვარება, სეროზულ გარსებში ადგილ-ადგილ სისხლჩაქცევები, თხელი (ბრინჯის ნახარშის მაგვარი) ნაწლავის შიგთავსი.

ბიოლოგიურ მასალაში დარიშხანი კარგად ინახება და შესაძლებელია მისი აღმოჩენა სიკვდილიდან მრავალი წლის შემდეგ.

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დარიშხანის რაოდენობრივ განსაზღვრას ორგანოებში, რადგან ის განეკუთვნება ბუნებაში უადრესად გავრცელებულ ელემენტებს, არის ნიადაგში, წყალში და ა.შ. აქედან გამომდინარე საჭიროა ექსგუმირებელ გვამთან ერთად აღებულ იქნეს მიწის ნიმუშები კუბოს ექვსივე მხრიდან, აგრეთვე ტანსაცმლის, კუბოში მყოფი ნივთების და კუბოს ფიცრის ნაწილები.

მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა დარიშხანი ცხოველურ და მცენარეულ მასალაში, მაგალითად ხილში და ბოსტნეულში. ადამიანის ორგანიზმში დღე-ღამეში დარიშხანი შეიძლება მოხვდეს 1 მგ-ის რაოდენობით. ა. ო. ვოინერის მონაცემებით დარიშხანის რაოდენობა ადამიანის ორგანოებში მერყეობს 0.008-0.2 მგ 100 გ ორგანოზე გადაანგარიშებით. კანში და თმებში კი მან შეიძლება მიაღწიოს 600 მგ/100გ-ში.

უმეტეს შემთხვევაში ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევა იძლევა საშუალებას გადაწყვეტილი იქნას საკითხი - რა ფორმით ან რომელი გზით მოხვდა დარიშხანი გამოსაკვლევ ობიექტში. ამის მაგალითებია შემდეგი:

– გამოსაკვლევ ობიექტში დარიშხანის და სპილენძის ერთად არსებობა შვეინფურტის მწვანეთი მოწავლის დროს;

– ექსგუმირებული გვამის ოგანოებში და სასაფლაოს მიწაში დარიშხანის ერთდროული არსებობა, ან მისი არსებობა გვამის ორგანოებში და არარსებობა მიწაში.

– დარიშხანის ხსნადი ნაერთების ე.ი. ნაერთების, რომლებსაც უნარი აქვთ გვამში შეაღწიონ სასაფლაოს მიწიდან, აღმოსაჩენად საჭიროა 200-500გ მიწის თანმიმდევრობით გამოწვლილვა წყლით, ამიაკის წყლიანი ხსნარით და მარილმჟავით. ახდენენ გამონაწვლილების მინერალიზაციას და იკვლევენ დარიშხანზე.

– მინერალიზაციის შემდეგ დარიშხანის მინერალური და ორგანული ნაერთების ერთდროული აღმოჩენის მიზნით, შარდზე ატარებენ აზოსაღებავის წარმოქმნის რეაქციას (I რეაქცია) - დარიშხანის ორგანული ნაერთების არსებობის

დასადასტურებლად. II რეაქცია - 10 მლ შარდს ამჟავებენ მარილმჟავით, აცივებენ 0°C ტემპერატურამდე, ფრთხილად ამატებენ 4-5 წვეთ 0.05% ნატრიუმის ნიტრიტის ხსნარს და 5 მლ 1% რეზორცინის ხსნარს – წითელი რგოლის წარმოქმნა ფენების შეხების ადგილზე, მიუთითებს საკვლევ მასალაში ამინოჯგუფის არსებობაზე.

— <u>საკვლევ ობიექტში დარიშხანოვანი ანჰიდრიდის ნაწილაკების მარცვლების აღმოჩენა:</u> ისინი ძნელად იხსნება წყალში, ქროლდება – იძლევა კრისტალურ ანაქროლებს (ტეტრაედრებს და ოქტაედრებს), ხოლო ნახშირითან გაცხელებისას აღდგება ლითონურ დარიშხანამდე. მარილმჟავის ხსნარები დარიშხანის იონზე იძლევა სხვა თვისობრივ რეაქციებსაც.

2.9. ბისმუტის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

ლითონური ბისმუტი მრეწველობაში გამოიყენება ლღობის დაბალი ტემპერატურების მქონე შენადნობების მისაღებად. ბისმუტის მარილები გამოიყენებიან ფოტოგრაფიაში, კოსმეტიკური მალამოების და სამედიცინო პრეპარატების მოსამზადებლად. [BiOCl, $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$; $Bi(NO_3)_3 \cdot Bi(OH)_3$], ბროლის წარმოებაში გამოიყენება Bi_2O_3. ბისმუტის სამედიცინო პრეპარატებია ბისმუტის ფუძე-ნიტრატი და ბისმუტის ორგანული ნაერთები.

შხამიანი თვისებები აქვს ბისმუტის ადვილად ხსნად მარილებს, რომლებიც პრაქტიკაში გამოიყენება ათაშანგის საწინააღმდეგო და ღებინების გამომწვევ საშუალებებად. თუმცა ძნელად ხსნადი მარილები მარილმჟავას, რძის მჟავას და სხვა ორგანულ მჟავების გავლენით წარმოქმნიან ბისმუტის ადვილად ხსნად კომპლექსურ ნაერთებს, რომლებიც შეიწოვება ნაწლავებიდან. სისხლში ბისმუტის კომპლექსური მარილების შეყვანისას ვითარდება ბისმუტით მოწამვლა. შეწოვილი ბისმუტი ორგანიზმში დიდხანს რჩება უმეტესად ღვიძლში, თირკმლებში, ელენთაში, ფილტვებში, ტვინის ქსოვილებში და შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს შეყვანიდან დიდი ხნის შემდეგაც. ბისმუტის გამოყოფა ხორციელდება თირკმლების, კუჭ-ნაწლავის ლორწოვანი გარსის და საოფლე ჯირკვლების საშუალებით.

საოფლე ჯირკვლებით გამოყოფისას, ბისმუტის პრეპარატებმა შეიძლება გამოიწვიოს კანის ქავილი და დერმატიტები.

ბისმუტი აღმოჩენილია ადამიანის ორგანიზმში კვალის სახით, როგორც მისი ბუნებრივი შემადგენელი ნაწილი.

წილადობრივი მეთოდით ბისმუტის რაოდენობა ადამიანის გვამის ღვიძლში არ ისაზღვრება.

2.10. კადმიუმის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

კადმიუმი ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში: ადვილად დნობადი შენადნობების მისაღებად, ტუტე აკუმულატორების ელექტროდების მოსამზადებლად, კადმირებისათვის, კადმიუმის ნათურების წარმოებისათვის, ფოტოგრაფიაში, საიუვილერო საქმეში. კადმიუმით ცვლიან კალას ჭურჭლის დამზადებისას ან ბისმუტს ტიპოგრაფიულ შრიფტში და სხვა.

ლითონური კადმიუმი და კადმიუმის ოქსიდი დნობისას შხამიანები არიან, კადმირებული ჭურჭელი შეიძლება გახდეს მოწამვლის წყარო მჟავე ხასიათის საკვები პროდუქტებში გახსნის შედეგად. აღწერილია როგორც სამრეწველო ასევე საყოფაცხოვრებო ხასიათის მოწამვლები.

კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში მოხვედრილი კადმიუმის მარილები იწვევენ თირკმლების ანთებას, ღვიძლის და გულის ცხიმოვან გადაგვარებას, ნაწლავებიდან სისხლდენას. კადმიუმის იონები ძირითადად გროვდება ღვიძლში და თირკმლებში.

პირის გზით მიღებული კადმიუმის მარილების სასიკვდილო დოზა ადამიანი-სათვის არ არის დადგენილი.

ჰაერში კადმიუმის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია შეადგენს 0.0001-0.001 მგ/მ^3. კადმიუმის ოქსიდის აეროზოლის რაოდენობა, რომელიც ტოლია 2500-2900 მგ/მ^3, სასიკვდილოა.

კადმიუმი ორგანიზმიდან გამოიყოფა ძალიან ნელა. იგი გვხვდება მცენარეულ და ცხოველურ ორგანოებში და წარმოადგენს მიკროელემენტს. კადმიუმი ადამიანის ორგანოების ბუნებრივი შემადგენელი ელემენტია. ამიტომ, ადამიანის შინაგანი ორგანოების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ჩატარებისას მას ყოველთვის პოულობენ. ტ.მ. მოისეევა კადმიუმს ადამიანის გვამის თირკმელსა (0.31-2.92მგ) და ღვიძლში (0.21-0.42 მგ) პოულობდა სისტემატიური გოგირდწყალბადოვანი მეთოდითაც. წილობრივი მეთოდით კი 100გ ორგანოში – თირკმელში ისაზღვრება 1.32-2.48 მგ, ხოლო ღვიძლში 0.4-6.68 მგ. კადმიუმის (Cd^{2+}) ეს რაოდენობები სასამართლო-ქიმიური ანალიზის შეფასებისას აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული, როგორც ორგანიზმის ბუნებრივი შემადგენელი კომპონენტი.

2.11. თუთიის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ძირითადად თუთიის ხსნად მარილებს. მაგალითად, **თუთიის ქლორიდს**, რომელიც გამოიყენება როგორც მერქნის კონსერვანტი და შედის ე.წ. ხის მასალის გამოსაყვანი სითხის შემადგენლობაში **თუთიის ფოსფიდთან** ერთად. აღწერილია მოწამვლის შემთხვევები, როდესაც ეს სითხე ინახებოდა ოჯახში და ადგილი ჰქონდა შეცდომით ღვინის მაგიერ მის გამოყენებას.

თუთიის სულფატი გამოიყენება მრეწველობაში ფერის დამჭერად ქსოვილების შეღებვისას და მედიცინაში, როგორც მომწველი და სადეზინფექციო საშუალება. თუთიის ფოსფიდი გამოიყენება მღრნელებთან საბრძოლველად და არაერთხელ გამხდარა შინაური ფრინველების მოწამვლის მიზეზი. აღწერილია ამ პრეპარატით ადამიანების განზრახ მოწამვლის შემთხვევებიც. ცნობილია შემთხვევები „კვებითი" მოწამვლებისა თუთიის მარილებით საკვების მომზადებისა და შენახვისას (განსაკუთრებით მჟავე პროდუქტების) მოთუთიებულ ჭურჭულში.

თუთიის ნაერთებით სასიკვდილო მოწამვლები ლიტერატურაში აღწერილი არ არის. გამონაკლისია თუთიის ფოსფიდი. იმის გამო, რომ თუთის მარილების შიგნით მიღებისას სწრაფად იწყება ღებინება, შესაბამისად მათი სასიკვდილო დოზა შედარებით დიდია. რუდოლფ კობერტის (1854-1918) მიხედვით თუთიის ქლორიდისათვის იგი დაახლოებით 5გ-ის ტოლია.

თუთიის მარილებით მწვავე მოწამვლებისას აღინიშნება ძლიერი ღებინება, ფაღარათი, კრუნჩხვები. პირის ღრუს ლორწოვანი გარსები დანაოჭებულია და თეთრი. მუშებს, რომლებიც დაკავებული არიან თითბერის, ბრინჯაოს გამოდნობით, თუთიის მადნების დამუშავებით, ქრონიკული მოწამვლებისას აღენიშნებათ თუთიის შესუნთქვით გამოწვეული „თუთიის", „თითბერის" ან „ნაგლინის" ციება, რომელიც გამოიხატება დაავადების სხვადასხვა ნიშნით და მათ შორის შემცივნებით და ტემპერატურის აწევით 37-40°C-მდე.

ორგანიზმში შეყვანილი თუთია გროვდება ღვიძლში და კუჭქვეშა ჯირკვალში. თუთის მარილები ორგანიზმიდან გამოიდევნება ძირითადად კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის გზით, ნაკლები ხარისხით – შარდთან ერთად.

თუთია ოგანიზმში ხვდება საკვებთან ერთად. ფართოდ არის გავრცელებული, როგორც არაცოცხალ ბუნებაში, ასევე მცენარეულ ორგანიზმებში. ადამიანის ორგა-ნიზმში, ა. ო. ვოინერის მონაცემებით, ყველაზე დიდი რაოდენობა (100გ ახალ მასა-

ლაზე გადაანგარიშებით) ღვიძლში (5.4 - 14.5 მგ) თირკმელში (5.5 მგ) თმებში (16.3 მგ) და ძვლებში 10.09 მგ.

წილადობრივი მეთოდით განსაზღვრისას დადგენილია 2.73-6.71 მგ თუთიის ბუნებრივი შემცველობა 100 გ თირკმელში და 1.76-6.16 მგ 100 გ ღვიძლში, რაც გათვალისწინებული უნდა იქნეს ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის სასამართლო-ქიმიური შეფასებისას.

2.12. თალიუმის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

თალიუმის მარილები საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება მინის მრეწველობაში, ელექტრო ნათურების წარმოებაში, მღრნელების მოსაწამლად, ფუნგიციდების სახით. ზოოტექნიკაში იხმარება როგორც ცხოველების ბეწვის ხელოვნურად დასაცვენი საშუალება. მედიცინაში თალიუმის ნაერთებს იყენებენ კანის დაავადების დროს თმების მოსაცილებლად.

თალიუმის მარილების ხელმოსაწვდომობა განაპირობებს მოსახლეობის მოწამვლას ამ მარილებით.

<u>შხამიანია თალიუმის ყველა ნაერთი</u> – ის არის ძლიერი ნერვული და პროტოპლაზმური შხამი. თავისი მოქმედებით გვაგონებს დარიშხანს და ტყვიას. თალიუმის მარილებით ქრონიკული მოწამვლისთვის დამახასიათებელია თმების ცვენა (გამელოტება). მოწამვლისათვის დამახასიათებელია აგრეთვე: კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ფუნქციების მოშლა, ღებინება, სახსრების ტკივილი, თირკმლების ანთება და სხვა. მწვავე მოწამვლისას ადგილი აქვს გონების დაკარგვას, ტონიკურ კრუნჩხვებს, დამბლას.

თალიუმის გამოყოფა ხდება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან და თირკმელებიდან. თირკმელიდან შედარებით ნელა, ხოლო კუჭ-ნაწლავიდან უფრი ჩქარა.

გვამის სასამართლო-სამედიცინო და ჰისტოლოგიური გამოკვლევისას კუჭ-ნაწლავის ლორწოვან გარსში აღინიშნება სისხლჩაქცევები და ნეკროზები, დისტროფიულ-ნეკროზული ცვლილებები თირკმელში, ღვიძლის და მიოკარდიუმის პარენქიმატოზური გარდაქმნები და მოწამვლის სხვა ნიშნები.

ლიტერატურული მონაცემებით თალიუმის სულფატის სასიკვდილო დოზაა 0.1-0.2 გ, თუმცა მოწამვლა შეიძლება გამოწვეული იქნას უფრო ნაკლები დოზებითაც.

თალიუმის ბუნებრივი შემცველობა ორგანიზმში არ აღინიშნება.

2.13. ვერხლისწყლის ნაერთების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

ლითონურ ვერცხლისწყალს და მის მარილებს ფართო და მრავალმხრივი გამოყენება აქვს: ლუმინესცენტურ, კვარცის და რადიონათურების წარმოებაში, საკონტროლო-გამზომი ხელსაწყოების, ელექტროქიმიური ხელსაწყოების, ვერცხლისწყლის გამომრთველების, ვერცხლისწყლის ტუმბოების დამზადებისას. ფართოდ გამოიყენება ქლორის ელოქტროლიტური მეთოდით მიღების დროს, ქიმიური ჭუჭლის დაკალიბრებისას, მადნიდან ოქროს და ვერცხლის გამოყოფისას და კიდევ მრავალი სხვა მიზნით. ვერცხლისწყლის მარილებიდან განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება **სულემა**, რამდენადმე უფრი ნაკლებად - **ვარცხლისწყლის ნიტრატი**, სულფიდი, კალომელი, ვერცხლისწყლის ამიდოქლორიდი, ვერცხლისწყლის იონი, ვერცხლისწყლის ციანიდი, ოქსიციანური ვერცხლისწყალი, ვერცხლისწყლის ყვითელი ოქსიდი, მისი ზოგიერთი ორგანული პრეპარატი, ისეთი როგორცაა მაგ. რომერანი, მერკურალი და სხვა.

ვერცხლისწყლის და მისი ნაწარმების ფართო გამოყენება მრეწველობაში და სოფლის მეურნეობაში ქმნის მათთან ხალხის საკმაოდ დიდი წრის შეხების შესაძლებლობას, ამიტომ იშვიათი არ არის მოწამვლები (პროფესიული, სამედიცინო, საყოფაცხოვრებო) ვერცხლისწყლის ნაერთების შეცდომით მიღების, ვერცხლისწყლის ან მისი პრეპარეტების ორთქლის შესუნთქვის, დოზების გადაჭარბების და ა.შ. დროს. ვერცხლისწყლით მოწამვლის ხასიათი და მიმდინარეობა სხვადასხვანაირია და დამოკიდებულია ორგანიზმში მისი შეყვანის გზებზე. სასუნთქი ორგანოებით ორგანიზმში მოხვედრილი ვერცხლისწყლის ორთქლი უპირველესად აზიანებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას და პირველ რიგში თავის ტვინის ქერქს. ვეცხლისწყლის სპეციფიკური მოქმედება განპირობებულია ცილოვანი სულფჰიდრილური ჯგუფებით მისი შებოჭვით, რაც იწვევს უჯრედული სუნთქვის დარღვევას და ცილების პრეციპიტაციას. პირის გზით მიღებული ვერცხლისწყლის მარილებით მოწამვლისას ძირითადად ზიანდება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტი და თირკმელები, აგრეთვე ღვიძლი და სანერწყვე ჯირკვლები ე.ი. ორგანოები საიდანაც ხდება ვერცხლისწყლის გამოყოფა. ვერცხლისწყლის მარილებით მოწამვლისას პირში **შეიგრძნობა ლითონის გემო**, საყლაპავის და კუჭის მძლავრი ტკივილი, ღებინება, სისხლიანი ფაღარათი. სულემის და სხვა ხსნადი მარილების სასიკვდილო დოზად კუჭში შეყვანისას ითვლება 0.2-0.3 გ. ვენაში შეყვანისას ეს დოზა დაახლოებით 2-ჯერ ნაკლებია.

ვერცხლისწყლის ინტოქსიკაციის მიმდინარეობის ხანგრძლივობა სხვადასხვაა. ადამიანი კვდება 5-10 დღეში ან უფრო გვიან. ორგანიზმიდან ვერცხლისწყალი გამოიყოფა შარდთან, განავალთან ერთად, აგრეთვე სინერწყვე, საოფლე, სარძევე და სხვა ჯირკვლებით. მისი გამოყოფა ნელა მიმდინარეობს. შეყვანიდან 2 კვირის შემდეგაც, მოხვედრილი რაოდენობის ნაწილი კვლავ რჩება ორგანიზმში.

ვერცხლისწყლის პრეპარატებით მოწამვლებისას ლეტალობა მაღალია. სულემით მოწამვლისას იგი 60-84% შეადგენს. ვერცხლისწყალის პრეპარატებით მოწამვლისას ანტიდოტად იყენებენ უნითიოლს (2.3 დიმერკაპტოპროპან-სულფონატს), რომელიც სინთეზირებული იქნა საბჭოთა კავშირში 1950 წელს და უნგრულ პრეპარატს - დიკაპტოლს.

ვერცხლისწყალი გროვდება ღვიძლში, თირკმლებში, ნაკლებად სხვა ორგანოებსა და ქსოვილებში. ნორმის ფარგლებში, შეიძლება აღმოჩნდეს ადამიანის ორგანიზმშიც.

71 გვამის ღვიძლის და თირკმლების წილადობრივი მეთოდით შესწავლისას ვერცხლისწყლის რაოდენობა ღვიძლში შეიძლება აღმოჩნდეს 0-0.001 მგ, თირკმლებში 0.04 მგ 100 გ ორგანოზე გადაანგარიშებით.

ვერცხლისწყლის ბუნებრივი შემცველობა ყველაზე მაღალია თირკმელებში, რამდენადმე ნაკლები ღვიძლში და სხვა ორგანოებში. შარდში ვერცხლისწყლის ბუნებრივი შემცველობა არის 2.4 მკგ 200 მლ-ში.

ვერცხლისწყლის მარილებით მოწამვლის დიაგნოსტირება ძნელია. მწვავე მოწამვლას ხშირად მიიჩნევენ კუჭ-ნაწილავის აშლილობად. ყველაზე საიმედოა ქიმიური ანალიზი და Hg^{2+} აღმოჩენა შარდში, ნაღებინევ მასაში, ექსკრემენტებში, ნერწყვში.

პათოლოგ-ანატომიური სურათი მხოლოდ მაშინ შეიძლება იყოს მოწამვლის მიმანიშნებელი, როცა შინაგან ორგანოებში გვაქვს ტიპიური ცვლილებები: საყლაპავის და კუჭის ლორწოვანი გარსის დანეკროზებამდე შეწითლება და შესივება თეთრი ან რუხი ფუფხის წარმოქმნით, ცვლილებები მსხვილ ნაწლავში და წვრილი ნაწლავის ქვედა ნაწილში ჰემორაგიულ – სეროზულ ანთებებიდან დაწყებული ნეკროზამდე წყლულების წარმოქმნით.

იმ შემთხვევაში, როცა მოწამვლა გრძელდებოდა 5-დან 14 დღემდე, სულემური ნეფროზის ტიპიურ სურათს წარმოადგენს თირკმლები. სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტს ვერცხლისწყლით მოწამვლით სიკვდილის დასკვნის გამოტანაში არსებით დახმარებას უწევს ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის შედეგები.

ვერცხლისწყლის ორგანული პრეპარატების ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა გაპირობებულია, როგორც მათი ფართო გამოყენებით, ასევე მათი ძალიან მაღალი ტოქსიკურობით.

ვერცხლისწყლის ორგანული ნაერთები, მათ შორის ეთილმერკურქლორიდი და მისი წარმოებულები ფართოდ გამოიყენებიან სოფლის მეურნეობაში მარცვლოვანი და სხვა კულტურების თესლების დათესვის წინა დამუშავებისათვის (შეწამვლისათვის), რის შედეგადაც ანადგურებენ დაავადების გამომწვევ სოკოებს, რაც ხელს უწყობს მოსავლის გაზრდას.

ორგანულ პრეპარატებს იყენებენ საშენი მასალების გასაჟღენთად მათი კონსერვირებისათვის, ალბუმინის და კაზეინის წებოების ობის სოკოებისაგან დასაცავად.

მედიცინაში ვერცხლისწყლის ორგანული ნაერთები გამოიყენება დიურეტიკების სახით, ინსტრუმენტების სტერილიზაციისათვის, ჭრილობების დასამუშავებლად, კიბოს საწინააღმდეგო საშუალებებად.

ქიმიურ ლაბორატორიებში მათი დახმარებით ღებულობენ სხვა ელემენტების ორგანულ წარმოებულებს, წყვეტენ ქიმიის მნიშვნელოვან თეორიულ პრობლემებს.

ორგანული პრეპარატების ფართო გამოყენება, არასაკმარისად ჩატარებული ახსნა-განმარტებითი სამუშაოები იმ პირთა შორის, რომლებსაც შეხება აქვთ ამ ნივთიერებებთან, ან შეწამლული მარცლულის არასწორი შენახვა და ტრანსპორტირება არაერთხელ გამხდარა ადამიანების, ცხოველების და შინაური ფრინველების მძიმე მოწამვლების მიზეზი. ვერცხლისწყლის ორგანული პრეპარატებით მოწამვლის სიმპტომები არ არის დამოკიდებული შეყვანის გზებზე და ხასიათდება ცენტრალური ნერვიული და გულსისხლძარღვთა სისტემების მწვავე დაზიანებით.

ორგანული პრეპარატების უფრო მაღალი ტოქსიკურობა აიხსნება იმ გარემოებით, რომ ორგანული რადიკალი ხელს უწყობს მათ შეღწევას ტვინის ლიპოიდებში, რაც იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის მძიმე დაზიანებას.

მოწამვლების კლინიკური სურათი ყოველთვის არ არის დამახასიათებელი. მოწამვლის სომპტომები ხშირად იწელება (გრძელდება) 1-1.5 თვემდე და გვაგონებს კუჭ-ნაწლავის დაავადებებს, რაც ხშირად იწვევს არასწორი დიაგნოზის დასმას (კვებითი მოწამვლა, დიზინტერია, ტუბერკულიოზური მენინგიტი, ჭიებით ინტოქსიკაცია, მუცლის ტიფი, ვირუსული გრიპი და სხვა) და შესაბამისად არასწორ მკურნალობას. დაზარალებულის სიცოცხლის გადასარჩენად აუცილებელია დროული ღონისძიებების გატარება: დიაგნოზის დასმაში კი დიდი მნიშვენლობა აქვს ავადმყოფის შარდის ანალიზის დროულ გაკეთებას.

ვერცხლისწყალის შემცველ ორგანულ პრეპარატებს აქვთ კუმალაციის უნარი, ისინი დიდხანს რჩებიან ორგანიზმში, განსაკუთრებით ტვინის ქსოვილებში და ნელა გამოდიან იქედან. ეთილმერკურქლორიდის (ემქ) $C_2HsHgCl$ შეწოვის, განაწილების და გამოყოფის საკითხებს ეძღვნება მრავალი ნაშრომი. ქათმებზე და თაგვებზე ჩატარებული ცდებით დადგენილი იქნა, რომ ემქ კარგად შეიწოვება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან, პრაქტიკულად არ იშლება, გროვდება ღვიძლში და სხვა სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ორგანოებში, ნელა და თანაბრად გამოიყოფა თირკმლებით; განავალთან ერთად გამოიყოფა მისი ნაკლები რაოდენობა, ვიდრე ვერცხლისწყლის არაორგანული პრეპარატები. ორგანული ნაერთების გამოყოფის ერთ-ერთი გზაა თმები (ბეწვი).

პათოლოგ-ანატომიური სურათი არ არის ტიპიური, ხშირად უფრო ჰგავს დარიშხანის მოწამვლის სურათს, ამიტომ სასამართლო-სამედიცინო ექსპერტები სიკვდილის მიზეზის დადგენისათვის ვერცხლისწყლის პრეპარატებით მოწამვლაზე ეჭვისას მიმართავენ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ გამოკვლევას.

§ 3. "ლითონურ შხამები" - მინერალიზატის ანალიზის წილადური მეთოდი "ლითონურ შხამების" რაოდენობრივი განსაზღვრა მინერალიზატში

3.1. ანალიზის წილადური მეთოდის ძირითადი დებულებები. ხელისშემშლელი იონების "შენიღბვის" ხერხები.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში მინერალიზატში ლითონთა იონების აღმოსაჩენად გამოიყენება სისტემატური და წილადური მეთოდი.

სისტემატური მეთოდი (მჟავური ან გოგირდწყალბადური) დამყარებულია კათიონების თანმიმდევრულ დაყოფაზე ანალიზურ ჯგუფებად, ქვეჯგუფებად და ქვეჯგუფებიდან ცალკეული იონების გამოყოფაზე. სისტემატური მეთოდი ხანგრძლივია, საშიშია, დაკავშირებულია შხამების დიდ დანაკარგებთან, სადღეისოდ იგი წილადური მეთოდით პრაქტიკულად გამოძევებულია ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის პრაქტიკიდან.

წილადური მეთოდი ემყარება იმ რეაქციების გამოყენებას, რომელთა დახმარებით ყოველგვარი თანმიმდევრობით შეიძლება აღმოვაჩინოთ საძებნი იონები საკვლევი ხსნარების ცალკეულ მცირე ულუფებში. წილადური მეთოდი სწრაფია, მგრძნობიარეა, საშუალებას იძლევა "ლითონური შხამები" განვსაზღვროთ ერთმანეთისაგან წინასწარი დაცილების გარეშე. წილადური მეთოდის ფუძემდებლად თვლიან ნ.ა. ტანანაევს. წილადური მეთოდის მეთოდიკების შემუშავებასა და ტოქსიკოლოგიური ანალიზის პრაქტიკაში მათ დანერგვაში დიდი დამსახურება აქვს ა.ნ. კრილოვას.

წილადურ მეთოდს საფუძვლად უდევს შემდეგი ხერხები:

- დალექვის რეაქციების შეცვლა კომპლექსწარმოქმნის თხევადფაზიანი რეაქციებით, შემდგომი ექსტრაქციით და რეექსტრაქციით;
- განსაკუთრებით მგრძნობიარე და სპეციფიკური რეაქციების გამოყენება (მაგალითად მანგანუმზე: პერმანგანატ-იონებამდე დაჟანგვა, ქრომზე-ზექრომჟავების წარმოქმნა და ა.შ.);
- რეაქციის არასაკმარისი სპეციფიკურობის შემთხვევაში, ჯერ ატარებენ წინასწარ გამოკვლევას, ხოლო შემდეგ – დამადასტურებელს;
- ხელისშემშლელი იონების "შენიღბვა". საჭიროა როგორც ბუნებრივი, ასევე ორგანიზმში გარედან მოხვედრილი იონების მოცილება, რომლებიც ხელს უშლიან მოცემულ გამოკვლევას.

ხელის შემშლელი იონების "შენიღბვის" ხერხები:

- კომპლექსწარმოქმნა, ამ დროს ხელისშემშლელი იონები გადაჰყავთ უფერო, მტკიცე კომპლექსებში: "შენიღბვისათვის" იყენებენ ფტორიდებს, ფოსფატებს,

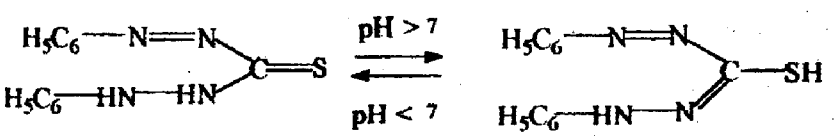
თიოსულფატებს, თიოშარდოვანას, ტრილონ B-ს, ასკორბინის მჟავას, ლიმონმჟავას, ღვინის მჟავას, გლიცერინს, ჰიდროქსილამინს.

მაგალითად როდანიდთან Co^{2+}-ზე რეაქციას ხელს უშლიან Fe^{3+}, მათი "შენიღბვისათვის" სარეაქციო არეს უმატებენ ფტორიდების ან ფოსფატების ხსნარებს, რომლებსაც Fe^{3+} გადაყავთ კომპლექსებში $[FeF_6]^3$ ან $[Fe(PO_4)_2]^3$;

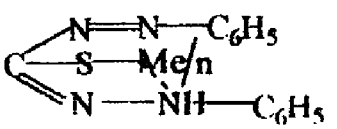
- მინერალიზატის მცირე მოცულობებით ან დიდი განზავებებით ოპერირება ლითონთა ენდოგენური იონების აღსაკვეთად; ამ მიზნებისათვის მინერალიზატს მაშინვე ანზავებენ 180 მლ-მდე და ცალკეული იონების აღმოსაჩენად იყენებენ ამ ხსნარის მცირე ულუფებს: Mn^{2+}-ის აღმოსაჩენად - 1 მლ; Cu^{2+}-ის - 3 მლ; Bi^{3+}-ის 10 მლ და ა.შ.
- სარეაქციო არის – pH-ის ცვლილება: ტყვია დიტიზონთან კომპლექსს იძლევა მხოლოდ ტუტე არეში, მჟავა არეში დიტიზონთან კომპლექსებს წარმოქმნიან ვერცხლისწყალი და ვერცხლი, ძლიერ მჟავა არეში ვერცხლის დიტიზონატი იშლება, ხოლო ვერცხლისწყლის კი – არა;
- ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების გამოყენება (დიფენილკარბაზიდით ქრომის აღმოჩენისას პერმანგანატ-იონი გადაყავთ მანგანუმის (II) იონში);
- დიეთილდითიოკარბამინატების (დდთკ) აქტიურობის რიგის გამოყენება (ტყვია დდთკ-დან გამოიდევნება სპილენძით, სპილენძი ვერცხლისწყლით).

ანალიზის წილადურ მეთოდში ყველაზე ხშირად გამოყენებული რეაქტივები:

დიტიზონი – მოცემული ნაერთი შეიძლება არსებობდეს ორი ტაუტომერული ფორმით:



დიტიზონატების სტრუქტურაზე არსებობს სხვადასხვა შეხედულებანი, ყველაზე სათუო ფორმაა:

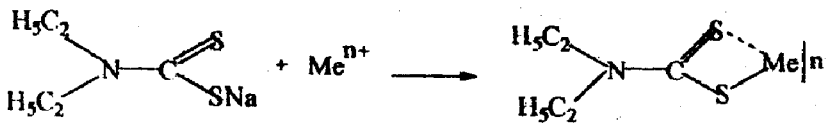


მჟავა არეში წარმოიქმნებიან ერთჩანაცვლებელი დიტიზონატები, ძლიერ ტუტე არეში – ადგილი აქვს წყალბადის მეორე ატომის ჩანაცვლებასაც.

დიტიზონატები შეფერილი არიან (შეფერვა ხშირად არის დამოკიდებული pH-ზე), რასაც იყენებენ "ლითონური შხამების" თვისობრივ და რაოდენობრივ ანალიზში.

დიტიზონის კომპლექსები იხსნება ორგანულ გამხსნელებში და იშლება მჟავეების მოქმედებით, რასაც იყენებენ მინერალიზატიდან ცალკეული კათიონების გამოსაყოფად.

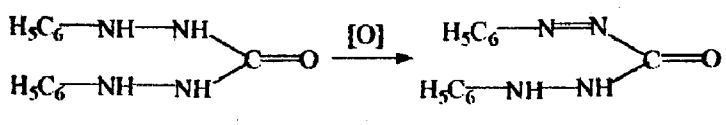
ДИЕТИЛДИТИОКАРБАМАТЕБИ. დიეთილდიოთიოკარბამატის რეაგენტის სახით ყველაზე ხშირად იყენებენ ნატრიუმის დიეთილდითიოკარბამინატს, მასთან ურთიერთქმედებისას მძიმე ლითონების კათიონები წარმოქმნიან შიდაკომპლექსურ ნაერთებს:



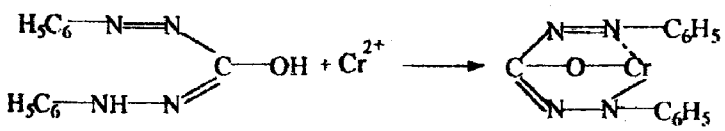
დიეთილდითიოკარბამატები კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში, მრავალი მათგანი უფერია (თუთიის, კადმიუმის დიეთილდითიოკარბამატები), ზოგიერთები შეფერილია (სპილენძის, ბისმუტის); იშლება მინერალური მჟავების დამატებისას. მოცემული რეაქციები გამოიყენება წინასწარი სინჯების სახით, მინერალიზატიდან კათიონების გამოსაყოფად "ლითონური შხამების" რაოდენობრივ ანალიზში.

ДИФЕНИЛКАРБАЗИДИ – მოცემული რეაქტივი გამოიყენება მინერალიზატში Cr^{3+}-ის აღმოსაჩენად. Cr^{3+} წინასწარ დაჟანგავენ ამონიუმის პერსულფატით, კატალიზატორის (ვერცხლის იონების) თანაობისას, დიქრომატ-იონებამდე, რომლებიც თავის მხრივ დიფენილკარბაზიდს (I) ჟანგავენ დიფენილკარბაზონამდე (II). ამ რეაქციის დროს $Cr_2O_7^{2-}$ აღდგება Cr^{2+}-მდე, რომელიც დიფენილკარბაზონის (III) ენოლურ ფორმასთან გვაძლევს შიდაკომპლექსურ მარილს (IV), რომელიც მოწითალო-იისფერია. მიმდინარე რეაქციის ქიმიზმი გამოიხატება ფორმულით:

$$2Cr^{3+} + 3\,S_2O_8^{2-} + 7H_2O \xrightarrow{Ag^+} Cr_2O_7^{2-} + 6\,SO_4^{2-} + 14H^+$$

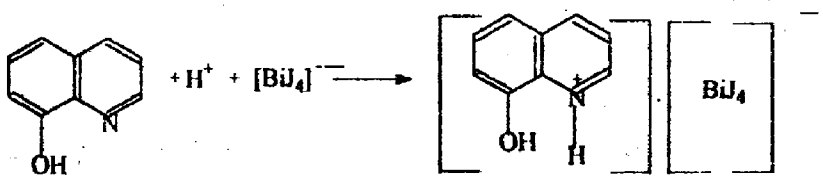


I II

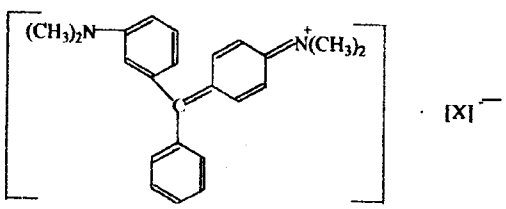


III IV

8-ოქსიქინოლინი. მოცემული რეაქტივი გამოიყენება Bi^{3+} აღმოსაჩენად. ბისმუტის იონები წინასწარ გადაჰყავთ აციდოკომპლექსში $[BiJ_4]$, რომელიც მჟავე არეში ოქსინთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის იონურ ასოციატს, ამ დროს წარმოიქმნება **ნარინჯისფერ-წითელი** ნალექი: $Bi^{3+} + 4\,KJ \longrightarrow [BiJ_4]^- + 4K^+$



მალაქიტის ან ბრილიანტის მწვანე – მოცემული რეაგენტები გამოიყენება სტიბიუმის და თალიუმის აღმოსაჩენად. წინასწარ სტიბიუმი (მინერალიზატში იმყოფება $HSbO_4$-ის სახით) და თალიუმი (მინერალიზატში იმყოფება Tl^{3+}-ის სახით) გადაყავთ აციდოკომპლექსებში $[SbCl_6]$ და $[TlCl_4]$.



სადაც $[X]^-$ - $[SbCl_6]$ ან $[TlCl_4]$.

3.2. "ლითონურ შხამებზე" მინერალიზატის ანალიზის სქემა ა.ნ. კრილოვას მეთოდით

"ლითონური შხამების" იონების აღმოჩენის მიზნით დესტრუქტატში:

1. პირველ ეტაპზე სდება $PbSO_4$ და $BaSO_4$ ნალექის მოცილება მინერალიზატის ძირითადი მოცულობისაგან – I ფილტრატი.

2. შემდეგ ნალექს რეცხავენ გოგირდმჟაეით შემჟავებელი წყლით (მათთან ერთად დალექილი Fe^{3+}; Cu^{2+}; Zn^{2+}; Cd^{2+} და ა.შ. იონების მოსაცილებლად). თუ ნალექს აქვს ჭუჭყიანი – მწვანე ფერი, მას რეცხავენ ამონიუმის პერსულფატით (Cr^{3+} მოსაცილებლად). $BaSO_4$ და $PbSO_4$ ერთმანეთისაგან დასაყოფად ნალექს ამუშავებენ ამონიუმის აცეტატის ცხელი ხსნარით, რომელშიც $PbSO_4$ იხსნება – II ფილტრატი:

$$2PbSO_4 + 2\,CH_3COONH_4 \longrightarrow [Pb(CH_3COO)_2 \cdot PbSO_4] + (NH_4)_2\,SO_4$$

3. $BaSO_4$-ის ნალექის გამოკვლევა: $BaSO_4$-ის გადაკრისტალება კონც. გოგირდმჟავიდან; რეაქცია მგრძნობიარეა, უარყოფითი შედეგისას გამოკვლევა ბარიუმზე შეიძლება შეწყვეტილი იქნას.

ბარიუმის იოდატის ნალექის მიღების რეაქცია:

$BaSO_4 + 2C \longrightarrow BaS + 2CO_2$ - ალი იფერება მწვანედ

$BaS + 2HCl \longrightarrow BaCl_2 + H_2S$

$Ba^{2+} + 2\ JO^{3-} \longrightarrow Ba\ (JO_3)_2$ დამახასიათებელი თეთრი ფერის კრისტალები

რეაქცია მაღალმგრძნობიარეა, ბარიუმის აღმოჩენას სხვა ელემენტები ხელს არ უშლიან.

4. ფილტრატი II-ის გამოკვლევა Pb^{2+}-ზე:

რეაქცია დიტიზონთან ტუტე არეში (pH 7.5-8.0); ქლოროფორმის ფენა იფერება წითლად.

რეაქცია წინასწარია: უარყოფითი შედეგის შემთხვევაში გამოკვლევას წყვეტენ, დადებითის შემთხვევაში – ატარებენ დამადასტურებელ რეაქციას: წყლიან ფაზაში Pb^{2+}-ის რეექსტრაქციის შემდეგ ატარებენ PbS; $PbSO_4$; $PbCrO_4$; PbJ_2-ის ნალექების წარმოქმნის რეაქციებს. წარმოიქმნება შესაბამისად შავი, თეთრი, ნარინჯისფერ-ყვითელი და ყვითელი ნალექები; მოცემული რეაქციები – დამადასტურებელი რეაქციებია.

5. ფილტრატი I-ის გამოკვლევა Mn^{2+}-ზე:

იყენებენ Mn^{2+} კალიუმის პერიოდატით და ამონიუმის პერსულფატით პერმანგანატამდე დაჟანგვის ორ სპეციფიკურ რეაქციას, რომელსაც აქვს იისფერი შეფერილობა. კალიუმის პერიოდატთან რეაქციაში Fe^{3+}-ის ხელისშემშლელი იონების შესანიღბად იყენებენ ნატრიუმის დიჰიდროფოსფატს:

$$2Mn^{2+} + 5JO_4 + 3H_2O \xrightarrow{H_2PO_4^-} 2MnO_4 + 5JO_3 + 6H^+$$

რეაქცია მაღალმგრძნობიარეა (აღმოაჩენს მანგანუმის ბუნებრივ შემცველობას), უარყოფითი შედეგი არ საჭიროებს გადამოწმებას, დადებითი კი – დამადასტურებელია.

$$Mn^{2+} + 5\ S_2O_8^{2-} + 8H_2O \xrightarrow{Ag^+} 2MnO_4^- + 10\ SO_4^{2-} + 16H^+$$

რეაქცია მიმდინარეობს კატალიზატორის – ვერცხლის ნიტრატის თანაობისას, Fe^{3+} შესანიღბად იყენებენ დიჰიდროფოსფატებს.

6. Cr^{3+}-ის აღმოჩენა:

რეაქცია დიფენილკაბაზიდთან (ქიმიზმი მოცემულია ზემოთ), რეაქცია მაღალმგრძნობიარე, მაგრამ არასპეციფიკურია. ხელისშემშლელი იონების (რკინის, სტიბიუმის) შესანიღბად უმატებენ ფოსფატებს, პერმანგანატ-იონებს აღადგენენ ნატრიუმის აზიდის დახმარებით.

Cr^{3+} - ლურჯი ფერის ზექრომჟავეებამდე დაჟანგვის რეაქცია. წარმოქმნილი ზექრომჟავები უფრო მდგრადები არიან ორგანულ გამხსნელებში, ვიდრე წყალში:

$$Cr^{3+} \xrightarrow{(NH_4)_2 S_2O_8;\ Ag^+} Cr_2O_7^{2-} \xrightarrow{H_2O_2;\ H^+} \begin{matrix} H_2CrO_6 \\ H_3CrO_8 \end{matrix}$$

მოცემული რეაქცია ქრომზე სპეციფიკური რეაქციაა.

7. Ag^+-ის აღმოჩენა:

შემდეგ ატარებენ: 1. რეაქციას აზოტმჟავასთან, წარმოიქმნება თეთრი ფერის ნალექი:

$$[Ag(NH_3)_2]\ Cl + 2HNO)_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + 2NH_4NO_3;$$

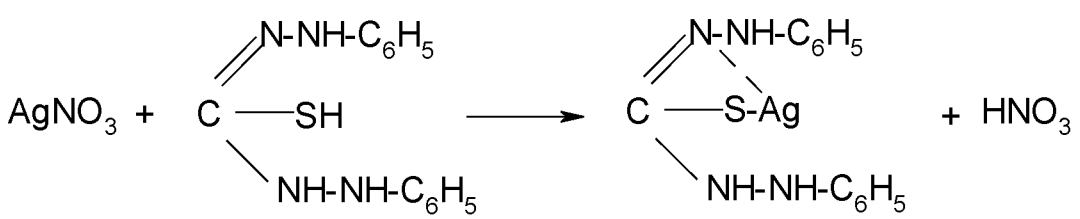
2. რეაქცია კალიუმის იოდიდთან, მიიღება ყვითელი ნალექი:

$$[Ag(NH_3)_2]Cl + KJ + H_2O \longrightarrow AgJ\downarrow + KCl + NH_4OH + NH_3;$$

3. რეაქციას თიოშარდოვანასთან და კალიუმის პიკრატთან, ადგილი აქვს ყვითელი პრიზმისმაგვარი კრისტალების წარმოქმნას.

ვერცხლის იონი ხელს უშლის თითქმის ყველა კათიონის აღმოჩენას. გამონაკლისია Mn^{2+} და Cr^{3+}.

ვერცხლის დიტიზონატის წარმოქმნა, ბოგირდმჟავას არეში – ვერცხლის კათიონის მინერალიზატში არსებობას ადგენენ დიტიზონთან რეაქციით: მინერალიზატის მცირე რაოდენობა შეაქვთ სულფატური მჟავის 8 მოლ. ხსნარში, შემდეგ ამატებენ 0.01% დიტიზონის ხსნარს ოთხქლორნახშირბადში ან ქლოროფორმში. ვერცხლის კათიონის არსებობისას ორგანული გამხსნელის ფენა იღებება ოქროსფერ-ყვითლად:



ვერცხლის კათიონების აღმოჩენას ხელს უშლიან ვერცხლისწყლის (II) კათიონები. ვერცხლისწყლის დიტიზონატისაგან (შეფერილია ნარინჯისფერ-ყვითლად) განსახვავებლად ვერცხლის დიტიზონატს შლიან მარილმჟავას 0.5 M ხსნარით, ვერცხლისწყლის დიტიზონატი ამ პირობებში არ იშლება

უარყოფითი შედეგის მიღებისას ვერცხლზე გამოკვლევას აღარ აგრძელებენ. დადებითი რეაქციის დროს ვერცხლს მინერალიზატს აშორებენ ნატრიუმის ქლორიდის დამატებითი. შეთბობისას წარმოიქმნება ვერცხლის ქლორიდის თეთრი ამორფული ნალექი (AgCl ↓), რომელსაც გაფილტრავენ, ფილტრის ქაღალდს ჩარეცხავენ ქლორწყალბადმჟავით (ვერცხლის ქლორიდი ქლორწყალბადმჟავაში არ იხნება).

ვერცხლის ქლორიდი იხსნება ამიაკის ხსნარში. მას ამატებენ წვეთობით, მისი სიჭარბის თავიდან ასაცილებლად:

$AgNO_3+NaCl \rightarrow AgCl\downarrow+NaNO_3$

$AgCl+2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl+2H_2O$

ვერცხლის ამიაკატის არსებობის დასადასტურებლად ატარებენ შემდეგ რეაქციებს:

1. რეაქცია აზოტმჟავასთან, წარმოიქმნება თეთრი ფერის ნალექი:

$[Ag(NH_3)_2]\ Cl + 2HNO_3 \longrightarrow AgCl\downarrow + 2NH_4NO_3$;

2. რეაქცია კალიუმის იოდიდთან, მიიღება ყვითელი ნალექი:

$[Ag(NH_3)_2]Cl + KJ + H_2O \longrightarrow AgJ\downarrow + KCl + NH_4OH + NH_3$;

3. მიკროკრისტალკოპიური:

ა) ვერცხლის ამიაკატის ხსნარის ამოქროლების დროს წარმოიქმნებიან სამკუთხა და შენაზარდების სახით კრისტალები

ბ) ვერცხლის ამიაკატის შერევისას თიოშარდოვანასა და კალიუმის პიკრატთან წარმოიქმნებიან ყვითელი ნემსისებური და როზეტის მაგვარი ყვითელი კრისტალები.

გ) ვერცხლის ამიაკატის შერევისას რუბიდიუმის (I) ქლორიდთან და ქლორწყალბადმჟავა ოქროსთან კონცენტრირებულ მარილმჟავაში წარმოიქმნებიან ბროწეულისფერი პრიზმული კრისტალები და მათი გროვები.

დ) ფილტრის ქაღალდზე შეტანისას, რომელზეც წინასწარ მოათავსეს 2-3 წვეთი ვერცხლის ამიაკატი, ლაქის ცენტრში წარმოიქმნება შავი შეფერვა-ვერცხლი, ხოლო გვერდებზე-რკინის (I) მოწითალო – ნარინჯისფერი რგოლები.

ვერცხლის იონის (Ag^+) დამლექი რეაქციები:

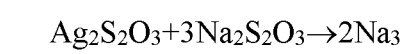
ა) ვერცხლის ქლორიდის წარმოქმნა:

$AgNO_3+NaCl \rightarrow AgCl\downarrow+NaNO_3$

მიიღება თეთრი ამორფული ნალექი, რომელიც იხსნება ამიაკის ჭარბ ხსნარში:

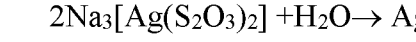
$AgCl+2NH_4OH \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl+2H_2O$

ბ) ვერცხლის ამიაკატის რეაქცია აზოტმჟავასთან მიიღება ვერცხლის ქლორიდის თეთრი ამორფული ნალექი:



$[Ag(NH_3)_2]Cl+2HNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow+NH_4NO_3$

გ) ვერცხლის ამიაკატის ურთიერთმოქმედების რეაქცია კალიუმის იოდიდის ხსნართან. წარმოიქმნება ვერცხლის იოდიდის ყვითელი ამორფული ნალექი:



$[Ag(NH_3)_2]Cl+KI \rightarrow AgI\downarrow+KCl+2NH_3\uparrow$

3. დამატებითი რეაქციები

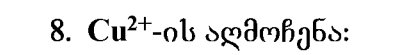
ვერცხლის კათიონების აღმოჩენა შეიძლება დამატებითი რეაქციების ჩატარებით:

ა) ვერცხლის სულფიდის წარმოიქმნა და მისი გახსნა აზოტმჟავაში:

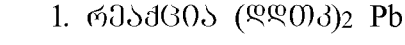
$2AgNO_3+Na_2S \rightarrow Ag_2S\downarrow+2NaNO_3$

$3Ag_2S+ 8HNO_3 \xrightarrow{t} 6AgNO_3+3S\downarrow+2NO_2+4H_2O$

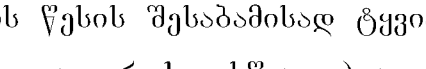
ბ) რეაქცია ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნართან:



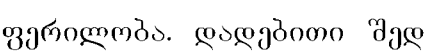
$2AgNO_3+Na_2S_2O_3 \rightarrow Ag_2S_2O_3\downarrow+2NaNO_3$



$Ag_2S_2O_3+3Na_2S_2O_3 \rightarrow 2Na_3[Ag(S_2O_3)_2]$



$2Na_3[Ag(S_2O_3)_2] +H_2O \rightarrow Ag_2S\downarrow+H_2SO_4+3Na_2S_2O_3$



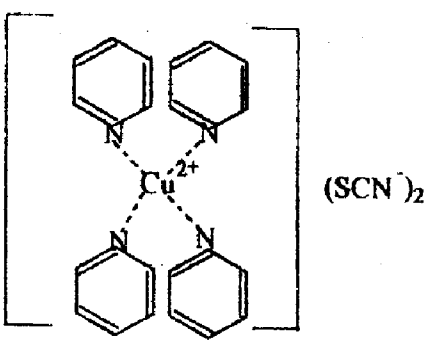
$2Na_3[Ag(S_2O_3)_2] + 4HNO_3 \rightarrow Ag_2S\downarrow+3S\downarrow+2SO_2+Na_2SO_4+4NaNO_3+2H_2O$

(მინერალიზატში ვერცხლის იონების რაოდენობრივი ანალიზი იხ. **§6.**)

8. Cu^{2+}-ის აღმოჩენა:

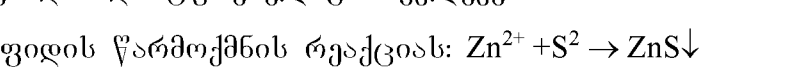
1. რეაქცია (დდთკ)$_2$ Pb-თან რეაქტივი სპეციფიკურია Cu^{2+}-ზე (ტანანაევის რიგების წესის შესაბამისად ტყვიას კომპლექსებიდან სპილენძის გარდა აძევებენ ვერცხლი და ვერცხლისწყალი). აღინიშნება ქლოროფორმიანი ფენის მოყვითალო-ყავისფერი შეფერილობა. დადებითი შედეგის მიღების შემთხვევაში ახდენენ სპილენძის რეექსტრაქციას წყლიან ფენაში $HgCl_2$-ის დახმარებით და ატარებენ დამადასტურებელ გამოკვლევას:

2. რეაქციას პირიდინ – როდანიდის რეაქტივთან



მიიღება ზურმუხტისფერი-მწვანე ნალექი, რომელიც იხსნება ქლოროფორმში;

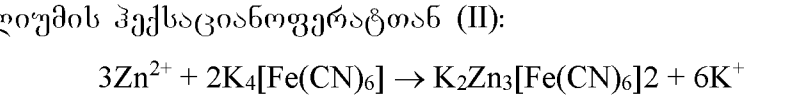
3. რეაქცია კალიუმის ჰექსაციანოფერატთან (II);



$$2Cu^{2+} + K_4[FeCN)_6] \longrightarrow Cu_2[Fe\ (CN)_6]\downarrow + 4K^+$$

მურაფერის ნალექი

4. რეაქცია ამონიუმის ტეტრაროდანომერკურატთან:



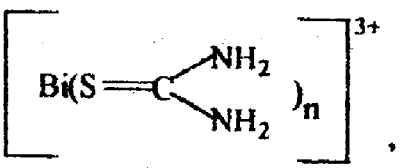
$$2Cu^{2+} + (NH_4)_2[Hg(SCN)_4] \longrightarrow Cu\ [Hg\ (SCN)_4]\downarrow + 2\ NH_4^+$$

მოყვითალო-მწვანე ნალექი

9. Bi^{3+} -ის აღმოჩენა:

ატარებენ ორ წინასწარ რეაქციას: 1. ოქსიქინოლინთან (ქიმიზმი მოცემულია ზევით); 2. თიოშარდოვანასთან.

თიოშარდოვანასთან ბისმუტის იონების ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება ლიმონისფერყვითელი ფერის სხვადასხვა შემადგენლობის კომპლექსები:



,

სადაც n = 2; 3; 9.

ბისმუტზე ამ რეაქციების დადებითი შედეგის მიღების შემთხვევაში Bi^{3+} მინერალიზატიდან გამოყოფენ (დდტკ)3 Bi სახით, ახდენენ აზოტმჟავის დახმარებით რეექსტრაჰირებას და რეექსტრაქტზე ატარებენ ბისმუტზე დამადასტურებელ გამოკვლევებს: რეაქციას თიოშარდოვანასთან; ბისმუტის იონების – Bi^{3+} აღდგენას ლითონურ ბისმუტამდე თუთიის მტვერის დახმარებით; ბრუცინთან და კალიუმის ბრომიდთან, ცეზიუმის ქლორიდან და კალიუმის იოდიდთან კრისტალური ნალექების მიღებას.

10. Zn^{2+}-ის აღმოჩენა:

რეაქცია დიტიზონთან, წინასწარი რეაქციაა (pH 4.5-5.0); მოცემული რეაქციის დადებითი შედეგის შემთხვევაში თუთიას მინერალიზატიდან გამოყოფონ დიეთილ-თიოკარბამინატის (დდთკ-ის) სახით, ახდენენ ექსტრაქციას და რეექსტრაქციის შემდეგ ატარებენ დამადასტურებელ გამოკვლევებს:

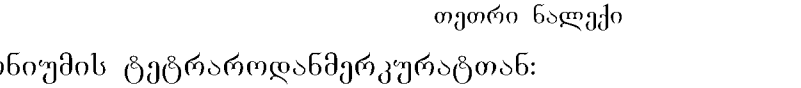
– თუთიის სულფიდის წარმოქმნის რეაქციას: $Zn^{2+} + S^2 \rightarrow ZnS\downarrow$

– რეაქციას კალიუმის ჰექსაციანოფერატთან (II):

$$3Zn^{2+} + 2K_4[Fe(CN)_6] \rightarrow K_2Zn_3[Fe(CN)_6]2 + 6K^+$$

თეთრი ნალექი

– რეაქციას ამონიუმის ტეტრაროდანმერკურატთან:



$$Zn^{2+} + (NH_4)_2\ [(SCN)_4]\ \ Zn[Hg(SCN_4] + 2NH_4^+$$

უფერო, სოდისმაგვარი კრისტალები

11. Sb^{3+} და Tl^{3+}-ის აღმოჩენა:

მინერალიზატში სტიბიუმი იმყოფება სამვალენტიან მდგმაეობაში $HSbO_2$-ის (მეტასტიბიუმონოვანი მჟავას) სახით.

რეაქცია ნატრიუმის ნიტრიტთან:

სამვალენტოვანი სტიბიუმის განსასაზღვრავად ნატრიუმის ნიტრიტის დახმარებით გადაჰყავთ აციდოკომპლექსში – $H[SbCl_6]$. სარეაქციო არეს ნატრიუმის ნიტრატის ჭარბ რაოდენობას აშორებენ შარდოვანათი.

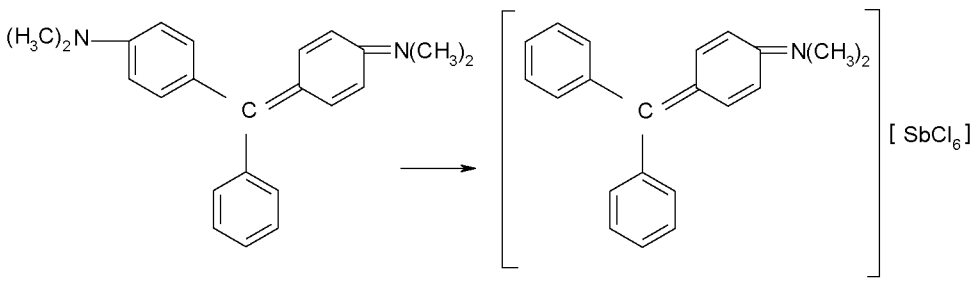
$HSbO_2+2NaNO_2+2HCl \rightarrow H[SbCl_6]+2NO\uparrow+2NaCl+4H_2O$

$2NaNO_2+2HCl+O=C(NH_2)_2 \rightarrow 2NO\uparrow+CO_2\uparrow+2NaCl+3H_2O$

რეაქცია მალაქიტის ან ბრილიანტის მწვანესთან:

წყალბადის ჰექსაქლოროსტიბიატი (V) მალაქიტის ან ბლიანტის მწვანესთან წარმოქმნის იონურ ასოციატს, რომელზეც ტოლუოლის ან ქსილოლის მიმატებისას ორგანული გამხსნელის ფენა იფერება ცისფერ ან ლურჯ ფერად

რეაქციის წარმართვას ხელს უშლიან Fe^{3+}, Tl^{3+} და Ag^{+} იონები.



ეს რეაქციები არ არის სპეციფიკური და აქვს წინასწარი ცდის მნიშვნელობა.

მინერალიზატში სტიბიუმის არსებობის დასამტკიცებლად ატარებენ შემდეგ რეაქციებს:

1. სპილენძის ფოლგა აზოტმჟავას არეში სტიბიუმის არსებობისას იფერება მოწითალო-შავ ფერად.
2. რეაქცია ნატრიუმის თიოსულფატთან მჟავე არეში – წარმოიქმნება Sb_2S_3-ის ნარინჯისფერი ნალექი

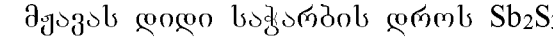
$2Sb^{3+}+3Na_2S_2O_3+3H_2O \rightarrow Sb_2O_3+2NaS_2O_4+6H^{+}$

რეაქციის პირობების დაუცველობის შემთხვევაში Sb_2S_2-ის ნაცვლად შეიძლება წარმოიქმნას სტიბიუმის კინოვარის $Sb_2OS_2\downarrow$-ის წითელი ნალექი.

$2Sb^{3+}+2Na_2S_2O_3+3H_2O \rightarrow Sb_2OS_2\downarrow+2Na_2SO_4+6H^{+}$

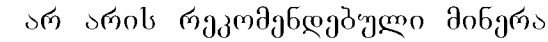
სტიბიუმის კინოვარის წითელი ნალექი

მჟავას დიდი საჭარბის დროს Sb_2S_3-ის ნაცვლად გამოილექება გოგირდი:



$$Na_2S_2O_3+2HCl \rightarrow S\downarrow+SO_2\uparrow+2NaCl+H_2O$$

არ არის რეკომენდებული მინერალიზატის წყლით განზავება მასში სტიბიუმის (III) ქლორიდის არსებობის დროს, რადგან ამ დროს წარმოიქმნება სტიბიუმის (III) ქლოროქსიდის თეთრი ნალექი:



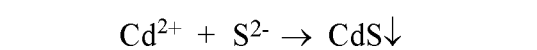
$$SbCl_3+H_2O \rightarrow SbOCl\downarrow+2HCl$$

(მინერალიზატში სტიბიუმის იონების რაოდენობრივი ანალიზი იხ. **§6.**)

თალიუმისათვის, Tl^{3+}-ის Tl^{+}-ის იონებში გადაყვანის შემდეგ, ატარებენ დიტიზონთან რეაქციას.

12. Cd^{2+}-ის აღმოჩენა:

მინერალიზატიდან კადმიუმს გამოყოფენ (დდთკ)$_2$Cd-ის სახით, რომელიც ჯერ გადაყავთ ქლოროფორმის ფენაში, შემდეგ შლიან მარილმჟავით. რეექსტრაქტში კადმიუმს აღმოაჩენენ ნატრიუმის სულფიდთან რეაქციით:



$$Cd^{2+} + S^{2-} \rightarrow CdS\downarrow$$

ყვითელი ნალექი

ბრუცინთან და კალიუმის ბრომიდთან, პირიდინთან და კალიუმის ბრომიდთან ატარებენ კრისტალური ნალექების წარმოქმნის რეაქციებს.

13. As^{3+}-ის აღმოჩენა:

დარიშხანი მინერალიზატში არის არსენიტების (AsO_3^{3-}) და არსენატების (AsO_4^{3-}) სახით. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ გამოკვლევებისას წილადობრივ მეთოდში იყენებენ შემდეგ ძირითად რეაქციებს:

დარიშხანზე გამოკვლევებს იწყებენ - გუტცაიტის ან ზანგერ-ბლეკის რეაქციებით.

<u>**გუტცაიტის**</u> რეაქცია დამყარებულია დარიშხანის დარიშხანოვან წყალბადში გადაყვანაზე და ამ უკანასკნელის ვერცხლისწყლის ბრომიდით გაჟღენთილ სარეაქციო ქაღალდიდთან რეაქციაზე:

$$AsO_2 + 7H^{+} + 3Zn^{0} \rightarrow AsH_3\uparrow + 3Zn^{2+} + 2H_2O$$

$$AsH_3 + HgBr_2 \rightarrow AsH_2(HgBr) + HBr$$

$$AsH_3 + 2HgBr_2 \rightarrow AsH(HgBr)_2 + 2HBr$$

$$AsH_3 + 3HgBr_2 \rightarrow As(HgBr)_3 + 3HBr$$

$$2AsH_3 + 3HgBr_2 \rightarrow As_2Hg_3 + 6HBr$$

დარიშხანის არსებობისას სარეაქციო ქაღალდი იფერება ყვითლიდან მურა-ყავისფერამდე დარიშხანის კონცენტრაციის შესაბამისად. რეაქცია მაღალმგრძ-

ნობიარეა (0.1 მკგ მინერალიზატის საანალიზო სინჯში), მაგრამ არასპეციფიკურია (ხელს უშლიან PH_3, SbH_3), ამიტომ საჭიროა დამადასტურებელი გამოკვლევები.

<u>**ზანგერ-ბლეკის რეაქცია**</u>

რეაქციას ატარებენ სპეციალურ ხელსაწყოში: კოლბში ათავსებენ მინერალიზატს, ამატებენ სულფატურ მჟავას, რომელიც არ შეიცავს დარიშხანის და სტიბიუმის (II) ქლორიდის ხსნარს კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში. სარეაქციო არეს ამატებენ კუპრირებული თუთის გრანულებს (რომლებიც აგრეთვე არ შეიცავენ დარიშხანს. კოლბს თავზე ახურავენ სპციალურ საცმს, რომლის შუაში ათავსებენ ტყვიის აცეტატში შესველებულ ბამბას გოგირდწყალბადის დასაჭერად. საცმის ზედა ნაწილში მოთავსებულია ორი ფირფიტა, რომელთა შორის ათავსებენ სულემით ($HgCl_2$) ან ვეცხლისწყლის (II) ბრომიდით ($HgBr_2$) გაჟღენთილ ქაღალდს.

ცდას ატარებენ ერთი საათის განმავლობაში. დარიშხანის დიდი რაოდენობით არსებობის დროს სარეაქციო ქაღალდზე ფერადი ლაქები უფრო ადრე წარმოიქმნებიან. ცდების დამთავრების შემდეგ სარეაქციო ქაღალდს იღებენ, რომელზეც შეიძლება იყოს სხვადასხვა ფერის ლაქები – ყვითლიდან ყავისფრამდე. გამოსამჟღავნებლად ქაღალდს ამუშავებენ კალიუმის იოდიდის ხსნარით. **ქაღალდი იფერება – წითლად**. ამ უკანასკნელის მოსაცილებლად ქაღალდს ათავსებენ კალიუმის იოდიდის ნაჯერ ხსნარში. ქაღალდი უფერულდება, დარჩენილი ლაქები ყვითლიდან ყავისფერამდე მიუთითებენ დარიშხანის ნაერთების არსებობაზე:

$H_3AsO_3+H_3AsO_4+7Zn+7H_2SO_4 \rightarrow 2AsH_3\uparrow+7ZnSO_4+7H_2O$

$H_2S+Pb(CH_3COO)_2 \rightarrow PbS\downarrow+2CH_3COOH$

$AsH_3+HgCl_2 \rightarrow AsH_2HgCl+HCl$

$AsH_3+2HgCl_2 \rightarrow AsH(HgCl)_2+2HCl$

$AsH_3+3HgCl_2 \rightarrow As(HgCl)_3+3HCl$

$2AsH_3+3HgCl_2 \rightarrow As_2Hg_3+6HCl$

$HgCl_2+2KI \rightarrow HgI_2\downarrow+2KCl$

$HgI_2+2KI \rightarrow K_2[HgI_4]$

<u>**რეაქცია ვერცხლის დიეთილკარბამინატთან**</u>

რეაქციას ატარებენ ხელსაწყოში, რომელიც შედგება კოლბისაგან, გამყოფი ძაბრისაგან, გაზგამყვანი მილისაგან, მიმღებისაგან. კოლბში შეაქვთ კუპრირებული თუთია. გამყოფი ძაბრის საშუალებით კოლბში მოთავსებულ მინერალიზატს დაასხამენ სტიბიუმის (II) ქლორიდის ხსნარს გოგირდმჟავაში. შემდეგ ძაბრის შიგთავსს ამატებენ სულფატურ მჟავას. გადამყვან (გამომყვან) მილს ჩაყურსავენ

მიმღებში, რომელიც შეიცავს ვერცხლის დიეთილკარბამინატს პირიდინში. ვარდისფერი ან **მოწითალო-ისფერი ფერის** წარმოქმნა მიუთითებს მინერალიზატში დარიშხანის არსებობაზე.

– მარშის რეაქცია – ეს არის ძირითადი რეაქცია.

<u>**მარშის რეაქცია**</u> – მარშის რეაქცია (მეთოდი) წარმოადგენს ბიომასალის მინერალიზატის ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევებისას დარიშხანის აღმოჩენის ძირითად მტკიცებულებას.

გამოკვლევას მარშის აპარატში იწყებენ რეაქტივებთან "ბრმა" ცდის დაყენებით. ამგვარად ადასტურებენ გოგირდმჟავაში, თუთიაში და მინაში დარიშხანის არ შემცველობას. "ბრმა" ცდას ატარებენ იმავე პირობებში, როგორშიც მინერალიზატის გამოკვლევას. თუ ჩატარებული "ბრმა" ცდის საშუალებით დარიშხანი არ აღმოჩნდა, იწყებენ მინერალიზატის გამოკვლევას.

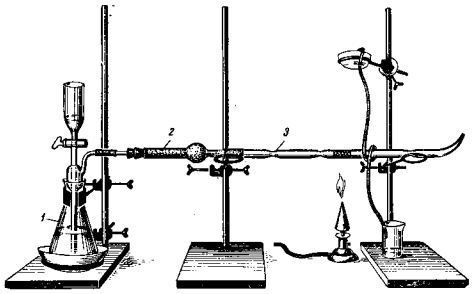
AsH_3-ს საზღვრავენ შემდეგი ნიშნებით:

1. ნივრის სუნით;
2. AsH_3-ის წვისას ალის ლურჯი შეფერვით;
3. $AgNO_3$-ის ხსნარის შემღვრევით მასში AsH_3-ის გატარებისას;
4. ფაიფურის ფირფიტაზე ნაფიფქის წარმოქმნით ფირფიტის წვადი AsH_3-ის ალში შეტანისას.

<u>აუცილებელია დაცული იქნეს მარშის აპარატთან მუშაობის წესები:</u>

1. შენიღბული იქნას კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში სტიბიუმის ქლორიდის ხელის შემშლელი იონები;
2. რეაქტივები შემოწმებული უნდა იქნას დარიშხანის არსებობაზე;
3. საჭიროა ხელსაწყოს სწორად აწყობა;
4. შემოწმებული უნდა იქნას ხელსაწყოდან ჰაერის სრულად გამოძევება;
5. გამყოფ ძაბრში ყოველთვის უნდა იმყოფებოდეს სულფატური მჟავა.

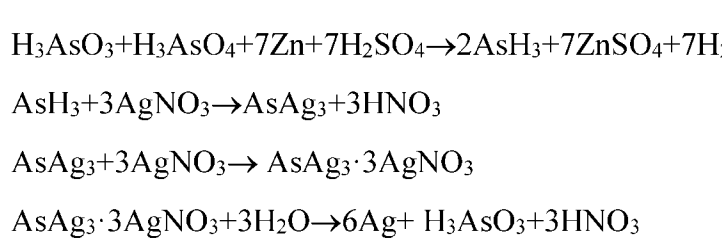
მარშის აპარატში (ნახ. 1) გამოკვლევას ატარებენ ხელსაწყოდან ჰაერის სრული გამოძევების შემდეგ, ერთ საათზე მეტი ხნის გამნმავლობაში, რაც დამოკიდებულია დარიშხანის რაოდენობაზე მინერალიზატში. გამოკვლევის ჩატარების დროს ხელსაწყოში ჰაერის სულ უმნიშვნელო რაოდენობამაც კი შეიძლება გამოიწვიოს აფეთქება.



ნახ. 1. მარშის აპარატი
1. აღდგენის რეაქციის ჩასატარებელი კოლბა; 2. ქლორკალციუმის მილი; 3. მარშის მილი.

მარშის აპარატის აღმდგენ მილს ახურებენ და მერე აცივებენ. რამდენიმე ხნის შემდეგ ხელსაწყოს მოაცილებენ გაზქურის სანთურას და აკვირდებიან:

1. მარშის ამღდგენი მილის ალის შეფერვას – ლურჯი ფერი + ნივრის სუნი.
2. მილის ალში ფაიფურის ფირფიტების შეტანისას წარმოიქმნება მურა რუხისფერი ლაქები.
3. მარშის აპარატის აღმდგენ მილხ ფრთხილად შემოატრიალებენ 180°-ით და ჩაუშვებენ ამონიუმის ოქსიდის ხსნარით სუსტად შეტუტანებულ ვერცხლის ნიტრატის ხსნარიან სინჯარში.



$H_3AsO_3+H_3AsO_4+7Zn+7H_2SO_4 \rightarrow 2AsH_3+7ZnSO_4+7H_2O$

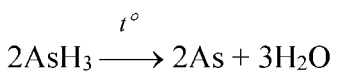
$AsH_3+3AgNO_3 \rightarrow AsAg_3+3HNO_3$

$AsAg_3+3AgNO_3 \rightarrow AsAg_3 \cdot 3AgNO_3$

$AsAg_3 \cdot 3AgNO_3+3H_2O \rightarrow 6Ag+ H_3AsO_3+3HNO_3$

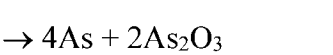
4. აგრძელებენ მარშის მილის გაცხელებას, მილის გაცივებულ ნაწილში ნაფიფქი, მისი ხახიათი და განლაგება მიუთითებხ დარიშხანის ან სტიბიუმიხ არსებობაზე. დარიშხანს აქვს მურა-რუხი შეფერილობა ლითონური ბზინვარებით, ლაგდება მარშის აღმდგენი მილის შევიწროებულ ნაწილში იქვე ახლოს გაცხელების ადგილთან. სტიბიუმი – მქრალი – შავი ფერისაა, ლაგდება მარშის აღმდგენი მილის გაცსელებადი ადგილის ორივე მხარეს

ძირითადი გამოკვლევაა მარშიხ მილის შევიწროებულ ნაწილში AsH_3 თერმული დაშლა:



$$2AsH_3 \xrightarrow{t^\circ} 2As + 3H_2O$$

წარმოქმნილ ნაფიფქს (გახურების ადგილას) იკვლევენ დამატებით - მარშის აპარატი-დან ხსნიან მილს და ნაფიფქს ახურებენ ჰაერის ჟანგბადის თანაობისას:



$3O_2 + \rightarrow 4As + 2As_2O_3$

As_2O_3 იძლევა ოქტაედრის სახის კრისტალებს;

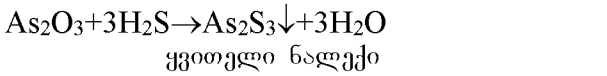
Sb_2O_3-ს კი ექნება ამირფული ნალექის სახე.

თუ As_2O_3 არა აქვს გამოხატული კრისტალური აღნაგობა, ატარებენ მიკროკრისტალოსკოპიურ რეაქციას ცეზიუმის ქლორიდთან და კალიუმის იოდიდთან - წარმოიქმნება **მოწითალო-ნარინჯისფერი ნალექი**: $Cs_2AsI_5 \cdot 2.5H_2O$

<u>დარიშხანი</u> – მკვეთრი წითელის ფერის სამკუთხა ვარსკვლავები ან ექვსკუთხა მრავალწიბოებიანი კრისტალებია.

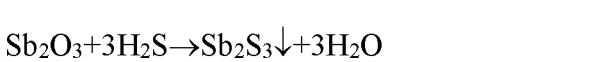
<u>სტიბიუმი</u> – პირიდინის დამატების შემდეგ გვაგონებს დარიშხანის კრისტალებს დარიშხანი მომწვანო-ყვითელი ნემსისებრი კრისტალებია, რომლებიც დროთა განმავლობაში კარგავენ ფერს და ფორმას, ხოლო სტიბიუმის უცვლელი რჩება.

მარშის აღდგენით მილში გოგირდწყალბადის გაშვების შემდეგ წარმოიქმნება სულფიდები: დარიშხანის – ყვითელი, სტიბიუმის – წითელი:



$As_2O_3+3H_2S \rightarrow As_2S_3\downarrow+3H_2O$

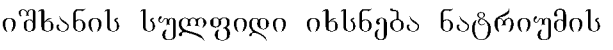
ყვითელი ნალექი



$Sb_2O_3+3H_2S \rightarrow Sb_2S_3\downarrow+3H_2O$

წითელი ნალექი

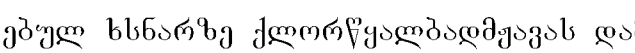
დარიშხანის სულფიდი იხსნება ნატრიუმის კარბონატის და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარში:



$As_2S_3+3Na_2CO_3 \rightarrow Na_3AsS_3+ Na_3AsO_3+3CO_2\uparrow$

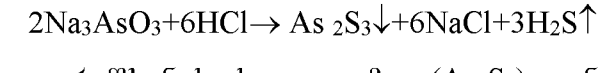
$As_2S_3+ 6NaOH \rightarrow Na_3AsS_3+ Na_3AsO_3+3H_2O$

მიღებულ ხსნარზე ქლორწყალბადმჟავას დამატებისას გამოილექება დარიშხანის (III) სულფიდი ($As_2S_3\downarrow$)



$2Na_3AsO_3+6HCl \rightarrow As_2S_3\downarrow+6NaCl+3H_2S\uparrow$

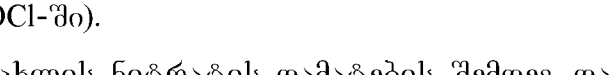
დარიშხანის სულფიდზე (As_2S_3) კონცენტრირებული აზოტმჟავას დამატებისას იგი იხსნება არსენატების წარმოქმნით:



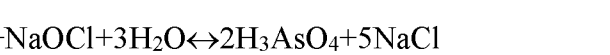
$As_2S_3+28HNO_3 \rightarrow 2H_3AsO_4+28NO\uparrow+8H_2O+3H_2SO_4$

დარიშხანის ნაფიფქები იხსნებიან ახლადმომზადებულ ნატრიუმის ჰიპოქლორიტში (NaOCl-ში).

ვერცხლის ნიტრატის დამატების შემდეგ დაილექება **შოკოლადისფერი** ნალექი:



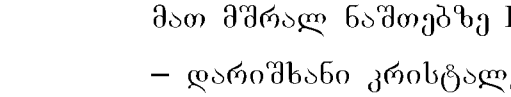
$2As+NaOCl+3H_2O \leftrightarrow 2H_3AsO_4+5NaCl$



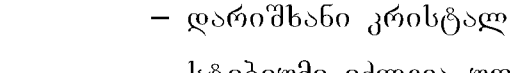
$H_3AsO_4+3AgNO_3 \leftrightarrow 2Ag_3AsO_4\downarrow+3HNO_3$

სტიბიუმი NaOCl-ში არ იხსნება.

აზოტმჟავასთან დარიშხანი და სტიბიუმი წარმოიქმნიან დარიშხანოვან და შესაბამისად მეტასტიბიუმოვან მჟავებს:



$3As+5HNO_3+2H_2O \rightarrow 3H_3AsO_4+5NO\uparrow$



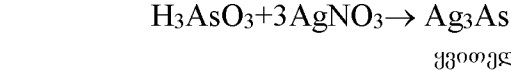
$3Sb+5HNO_3 \rightarrow 3HSbO_3+5NO\uparrow+H_2O$

მათ მშრალ ნაშთებზე HCl-ის და ცეზიუმის ქლორიდის დამატებისას:

– დარიშხანი კრისტალებს არ იძლევა;

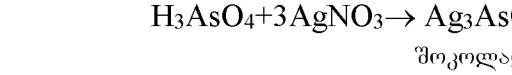
– სტიბიუმი იძლევა უფერო მრავალწახნაგოვან კრისტალებს.

არსენიტები და არსენატები ვერცხლის ნიტრატთან წარმოქმნიან ფერად ნალექებს:



$H_3AsO_3+3AgNO_3 \rightarrow Ag_3AsO_3\downarrow+3HNO_3$

ყვითელი ფერის ნალექი



$H_3AsO_4+3AgNO_3 \rightarrow Ag_3AsO_4\downarrow+3HNO_3$

შოკოლადისფერი ნალექი

მ ე თ ო დ ი ს ღ ი რ ს ე ბ ე ბ ი ა:

- მინერალიზატის დარიშხანზე შემოწმების მრავალჯერადობა;
- სინჯის თვალსაჩინოება.

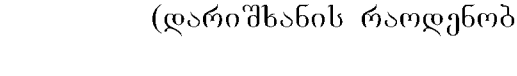
მ ე თ ო დ ი ს ნ ა კ ლ ი ა: ხანგრძლივობა, აფეთქების საშიშროება-სისტემაში ჟანგბადის მოხვედრისას.

მ ე თ ო დ ი ს ს პ ე ც ი ფ ი კ უ რ ო ბ ა: დარიშხანის აღმოჩენას შეიძლება ხელი შეუშალოს სტიბიუმმა, გოგირდმა, ნახშირბადმა, თუმცა სტიბიუმის ანჰიდრიდი - ამორფული ნალექია, ხოლო ნახშირბადის და გოგირდის ოქსიდები – აქროლადი ნაერთებია. სტიბიუმის და დარიშხანის აღმოჩენის სხვა მეთოდებიც არსებობს, კერძოდ მიკროკრისტალოსკოპიურ გამოკვლევებზე დაფუძნებული რეაქციები. (დარიშხანის რაოდენობითი განსაზღვრა იხ. **§6.)**

14. Hg^{2+}-ის აღმოჩენა დესტრუქტატში:

– დიტიზონთან რეაქცია დესტრუქტატის წინასწარი ექსტრაქციული გასუფთავების შემდეგ (არასპეციფიკური რეაქცია);

– რეაქცია ერთვალენტიან იოდოვან სპილენძის შენაწოლთან:



$Hg^{2+} + Cu_2J_2 + 2J \rightarrow Cu_2[HgJ_4]\downarrow$

წარმოიქმნება სპილენძის (I) ტეტრაიოდმერკუროატი, რომელიც იძლევა **ვარდისფერ ან ნარინჯისფერ-წითელ-ნალექს**; მოცემული რეაქცია მგრძნობიარე და სპეციფიკურია.

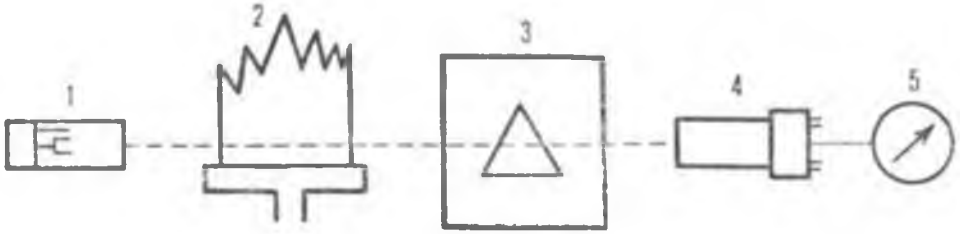
§4. "ლითონური შხამების" რაოდენობრივი განსაზღვრა მინერალიზატში

მინერალიზატში "ლითონური შხამების" აღმოჩენისას მათ უმეტესობაზე აუცილებელია რაოდენობრივი განსაზღვრის ჩატარება, რაც განპირობებულია მრავალი ელემენტის (მანგანუმი, სპილენძი, თუთია, ქრომი, კობალტი, რკინა) ორგანიზმში, როგორც ბუნებრივ შემცველობაზე, ასევე მათ დაგროვებაზე ორგანიზმის ცხოველქმედების პროცესში (დარიშხანი, ვერცხლისწყალი, ტყვია).

იყენებენ რაოდენობრივი განსაზღვრის შემდეგ მეთოდებს: გრავიმეტრიას (ბარიუმისათვის – $BaSO_4$ ნალექის სახით); ტიტრიმეტრიას: კომპლექსონომეტრიას (ბარიუმი, ტყვია, თუთია, სპილენძი, ბისმუტი, კადმიუმი), იოდომეტრიას (ტყვია), არგენომეტრიას (დარიშხანი), როდანომეტრიას (ვერცხლი); ფოტოკოლორმეტრიას (მანგანუმი – კალიუმის პერიოდატთან რეაქციით; ვერცხლისწყალი, ტყვია, ვერცხლი, თალიუმი, თუთია-დიტიზონთან რეაქციით; თალიუმი, სტიბიუმი - მალაქიტის ან ბრილიანტის მწვანესთან რეაქციით; ქრომი – დიფენილკარბაზიდთან რეაქციით; სპილენძი – ტყვიის დიეთილდითიოკარბანატთან რეაქციით; ბისმუტი – თიოშარდოვანასთან რეაქციით); ვიზუალურ კოლორიმეტრიას (ვერცხლისწყალი – იოდოვან სპილენძის შენაწონთან რეაქციით; დარიშხანი-ზანგერი - ბლეკის სინჯით); ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრული მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იქნეს ყველა ლითონის თვისობრივი და რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის.

§5. "ლითონური შხამების" გამოკვლევა ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრიით.

ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრია ეს არის რაოდენობრივი ელემენტური ანალიზი შთანთქმის (აბსორბციის) ატომური სპექტრების მიხედვით. ატომიზატორის დახმარებით მიღებული სინჯის ატომური ორთქლის ფენაში ატარებენ გამოსხივებას 190-850 ნმ დიაპაზონში. სინათლის ქვანტების შთანთქმის შედეგად ატომები გადადიან აღგზნებულ ენერგეტიკულ მდგომარეობაში. ატომურ სპექტრში ამ გადასვლებს შეესაბამებიან გამოსაკვლევი ელემენტებისათვის დამახასიათებელი ე.წ. რეზონანსული ხაზები. ბუგერ-ლამბერტ-ბერის კანონის თანახმად, ელემენტის კონცენტრაციის საზომად იყენებენ ოპტიკურ სიმკვრივეს $A = lg(J_o/J)$, სადაც J_o და J გამოსხივების წყაროდან გამოსული გამოსხივების ინტენსიობებია მშთანთქმელ ფენაში გავლამდე და გავლის შემდეგ.



ნახ. 2. ატომურ-ადსორბციული სპექტრომეტრის პრინციპული სქემა:

1. გამოსხივების წყარო;
2. ალი;
3. მონოქრომატორი;
4. ფოტოგამძლიერებელი;
5. მარეგისტრირებელი მოწყობილობა.

ობიექტის საანალიზო მდგომარეობაში გადაყვანა ხორციელდება ატომიზატორში – ალში ან მილიან ღუმელში. ყველაზე ხშირად იყენებენ აცეტილენის ჰაერთან (t ≈ 2000°C) და აცეტილენის აზოტის ქვეჟანგთან (t ≈ 2700°C) ნარევების ალს. გამოსხივების წყაროებად ყველაზე ხშირად იყენებენ ნეონით შევსებად ღრუ კათოდიან ნათურებს.

ატომურ-ადსორბციულ სპექტრომეტრს იყენებენ დაახლოებით 70 ელემენტის, უმთავრესად ლითონების განსაზღვრისათვის.

ხსნარებში უმრავლესობა ელემენტების აღმოჩენის საზღვრებია 1-100 მკგ/ლ (ალში ატომიზაცის დროს), 0.1-100 მკგ/ლ (გრაფიტის ღუმელში ატომიზაციის დროს). გამოკვლევის სიზუსტე 0.2-დან 1.0%-ია. ავტომატურ რეჟიმში ალიანი სპექტრომეტრი საშუალებას იძლევა საათში გაანალიზებულ იქნეს 500-მდე სინჯი, ხოლო სპექტრომეტრი გრაფიტული ღუმელით – 30-მდე სინჯი.

§6. მინერალიზატში დარიშხანის, სტიბიუმის და ვერცხლის იონების რაოდენობრივი ანალიზის კერძო მეთოდები

<u>დარიშხანის რაოდენობითი განსაზღვრა</u>

მოცულობითი მეთოდები:

1. დარიშხანის (III) ტიტრაცია კალიუმის ბრომატით მჟავე არეში
2. დარიშხანის (III) ტიტრაცია იოდით ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის არეში (pH 8.3)

კოლორიმეტრული მეთოდი:

1. კოლორიმეტრია გამჟღავნებულ ქაღალზე (გუტცაიტის მეთოდი) გამოყოფილ არსინს ატარებენ ვერცხლისწყლის (ბრომიდით გაჟღენთილი ქაღალდის ზედაპირზე. ქაღალდზე წარმოიქმნება ყვითლიდან ყავისფერამდე ლაქა, რომლის ზომები და

შეფერვის ინტენსიობა იზრდება, AsH_3-ის რაოდენობის გაზრდასთან ერთად. ამ შეფერილობებს განაპირობებენ ყვითელი ფერის $H(HgBr)_2As$, ყავისფერი ფერის $(HgBr)_3As$ და შავი ფერის Hg_3As_2 ნივთიერებების წარმოქმნა. ფერებს ადარებენ ეტალონის ფერებთან, რომლებსაც ამზადებენ H_3AsO_3-ის ხსნარების ისეთივე დამუშავებით, რომლებიც დარიშხანს შეიცავენ ცნობილი რაოდენობით.

2. ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდი დამყარებულია დარიშხანის (III) ვერცხლის დიეთილდითიოკარბამატიან პირიმიდინში ნაერთთან რეაქციაზე. ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს ზომავენ 540 ნმ ტალღაზე საკონტროლო რეაქტივის მიმართ და დარიშხანის კონცენტრაციას საზღვრავენ წინასწარ აგებულ საკალიბრო მრუდით, რეაქციის მგრძნობელობა 0.5 მგ/ლ-ში.

<u>**სტიბიუმის რაოდენობითი განსაზღვრა**</u>

ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდები:

1. სტიბიუმის (V) იონები მარილმჟავას არეში როდამინ B-სთან წარმოქმნიან იისფერ-წითელი ფერის ნაერთს – $RHSbCl_6$, რომელიც ექსტრაჰირდება იზოპროპილის ეთერით. სამვალენტიანი სტიბიუმი წინასწარ გადაყავთ ხუთვალენტიან სტიბიუმში.
2. სტიბიუმის განსაზღვრა მეთილიისფერით ან კრისტალ-იისფერით. რეაქცია წინა რეაქციის ანალოგიურია
3. სტიბიუმის განსაზღვრა იოდიდით. სამვალენტიანი სტიბიუმი მჟავა არეში იოდიდ-იონებთან წარმოქმნის ყვითელი ფერის კომპლექსნაერთებს, იმავე რეაქციას იძლევა ხუთვალენტოვანი სტიბიუმი. წარმოქმნილი ნაერთები ($K_2[SbI_4]$) ექსტრაჰირდებიან ტოლუოლით.
4. სტიბიუმის ფოტოკოლორიმეტრიულ განსაზღვრას ახდენენ მალაქიტის ან ბრილიანტის მწვანესთან სამვალენტოვანი სტიბიუმის რეაქციების საფუძველზე.

<u>**ვერცხლის რაოდენობითი განსაზღვრა:**</u>

ა) <u>*ფოლგარდის მეთოდი:*</u> ეს არის ვერცხლის განსაზღვრის უმნიშვნელოვანესი მეთოდი. მასში გამოიყენება ვერცხლის თიოციანატის მცირე ხსნადობა. საანალიზო ხსნარს ტიტრავენ კალიუმის თიოციანატის ხსნარით. რეაქციის დამთავრებას იგებენ წითელი კომპლექსის $[FeSCN]^{2+}$ წარმოქმნის მიხედვით. ტიტრაციას ატარებენ აზოტმჟავას არეში (0.4-0.6 M HNO_3).

ბ) *<u>მორის მეთოდი:</u>* ჭარბად ამატებენ ჰალოგენიდის მტიტრავ ხსნარს და ამ სიჭარბეს აცილებენ ვერცხლის მარილის ხსნარით გამოტიტვრით. ვერცხლის ძნელადხსნადი ნაერთების დალექვის დასასრულს აღმოაჩენენ ვერცხლის ქრომატის – Ag_2CrO_4 –ის წითელი ამორფული ნალექის წარმოქმნით. ტიტრვა შეიძლება მხოლოდ ნეიტრალურ არეში.

გ) *<u>ფაიანს-ხოდაკოვის მეთოდი:</u>* ადსორბაციული ინდიკატორების (დამლექი ინდიკატორების) გამოყენებით შეიძლება გატიტრული იქნეს ვერცხლის იონების შედარებით განზავებული ხსნარები. ტიტრაციას ატარებენ ძმარმჟავას არეში. დამლექი ინდიკატორები ადსორბირდებიან ნალექზე და ექვივალენტობის წერტილში იცვლიან ფერს.

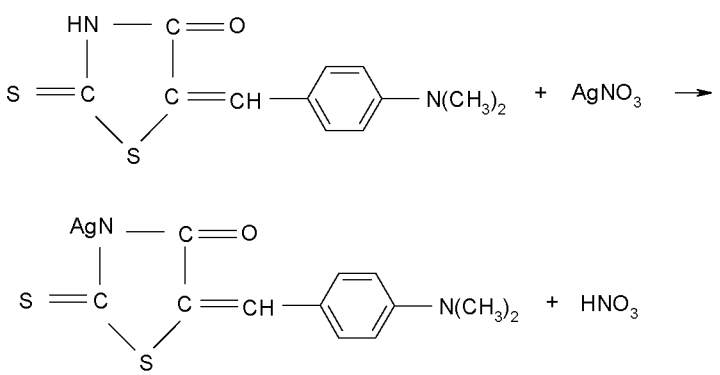
დ) *<u>პოტენციომეტრული ტიტრვა</u>*: პოტენციომეტრული მეთოდით შეიძლება ვერცხლის იონების გატიტვრა ქლორიდების, ბრომიდების, იოდიდების, როდანიდების ა. შ. სტანდარტული ხსნარებით. ინდიკატორული ელექტროდია ქლორვერცხლის ელექტროდი.

ე) *<u>კომპლექსწარმოქმნის მეთოდი:</u>* ტიტვრა ციანიდით (დენიჟის მეთოდი) მეთოდი დამყარებულია კომპლექსური იონების $[Ag(CN_2]^-$ წარმოქმნაზე. ტიტრაციის დასასრულს აღმოაჩენენ ვერცხლის იოდიდის გამოლექვით.

ფოტოკლორიმეტრიული მეთოდი:

ა) მჟავა არეში (0.5 N H_2SO_4) წარმოიქმნება ვერცხლის ყვითელი დიტიზონატი, რომელიც ექსტრაჰირდება ოთხქლორნახშირბადით (ან ქლოროფორმით). განსაზღვრა არ შეიძლება ჩატარებული იქნას ნეიტრალურ ან ტუტე არეში იმიტომ, რომ ასეთ პირობებში წარმოიქმნება ვერცხლის იისფერ-წითელი ფერის დიტიზონატი (ენოლური ფორმა), რომელიც არ ექსტრაჰირდება ორგანული გამხსნელებით.

ბ) თიოციანატებით და მისი წარმოებულებით განსაზღვრა: N-დიმეთილამინობენზილიდენროდანიდი გოგორდმჟავას 0.05 N ხსნარში ვერცხლის კათიონებთან წარმოქმნის მოწითალო-იასამნისფერ ხსნარს



სამეცნიერო ლიტერატურაში აღწერილია ბიოლოგიურ ობიექტებში ვერცხლის განსაზღვრის აბსორბაციული სპექტრომეტრული მეთოდი.

თავი 9.

ნივთიერებათა ჯგუფი, რომელთა იზოლირებას ბიოლოგიურ მასალიდან ახდენენ ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქციის გზით - პესტიციდები

მოცემულ თავში განხილული იქნება ნივთიერებების ჯგუფი, რომლეთა იზოლირება ბიოლოგიური მასალიდან ხორციელდება ორგანული გამხსნელების გამოყენებით.

§1. პესტიციდების ზოგადი დახასიათება. სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა. პესტიციდების ადამიანზე და გარემოზე უარყოფითი მოქმედების ფაქტორები

სიტყვა <u>პესტიციდი</u> წარმოქმნილია ორი ლათინური სიტყვისაგან: *pestis* – გადამდები სენი, ჭირი; *cido* – ვკლავ. აღნიშნული საშუალებები გამოიყენება სხვადასხვა მიკროორგანიზმებთან, სოკოებთან, მწერებთან, მღრნელებთან, სარეველებთან საბრძოლველად. პესტიციდების გამოყენება მემცენარეობაში ხელს უწყობს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაცვას და მოსავლის გაზრდას.

სპეციალისტების გამოანგარიშებით მცენარეთა დაცვის თანამედროვე ღონისძიებების ჩატარება საშუალებას იძლევა მარცვლეულის მოსავალი ჰექტარზე 2-3 ცენტნერით, ხოლო ბრინჯისა 5 ცენტნერით გავზარდოთ.

პესტიციდების გამოყენება ხელს უწყობს მალარიის, მუცლის ტიფის და სხვა ინფექციური დაავადებების აღმოფხვრას.

პესტიციდებს, დადებით თვისებებთან ერთად, აქვთ უარყოფითი მხარეებიც: ისინი ტოქსიკურები არიან როგორც ადამიანებისათვის, ასევე ცხოველებისათვის და სასარგებლო მწერებისა და მცენარეებისათვის; ზოგიერთი გროვდება გარემოში, ხასიათდებიან მაღალი მდგრადობით, არღვევენ ეკოლოგიურ წონასწორობას.

1939 წელს შვეიცარიელმა ბიოქიმიკოსმა პ. მიულერმა შემთხვევით დაასინთეზა უმძლავრესი ინსექტიციდი – დდტ-დიქლორდიფენილტრიქლორეთანი. დდტ-თი დამუშავებულმა თეთრეულმა ინსექტიციდური ეფექტი შეინარჩუნა 6-7 გარეცხვის შემდეგაც, ხოლო ბეღლების და სხვა სათავსების დამუშავების ეფექტი გაგრძელდა 4 წლის განმავლობაში. ამასთან, დდტ-თი აღფრთოვანება მალე შიშმა შეცვალა. პრეპარატი გროვდება ნიადაგში, ცოცხალ არსებებში, ინახება გარემოში 10 წელზე მეტი ხანი. დდტ შეაღწია ადამიანის ორგანიზმშიც, გაჩნდა დდტ-სადმი რეზისტენტული საყოფაცხოვრებო მავნებლები.

მთელს მსოფლიოშია დაფიქსირებული ფოსფორმჟავას ტოქსიკური ეთერებით-ფოსფორორგანული პესტიციდებით მწვავე და ქრონიკული მოწამვლების შემთხვევები. აღინიშნება ქლოროფოსით, კარბოფოსით, სამქლორმეტაფოსით, ფოსფამიდით და მრავალი სხვა პესტიციდით სასიკვდილო მოწამვლების შემთხვევები.

§2. პესტიციდების კლასიფიკაცია

პესტიციდების კლასიფიკაციას ახდენენ რამდენიმე ნიშნის მიხედვით:

- დანიშნულების მიხედვით;
- ორგანიზმში შედწევის ხასიათის მიხედვით;
- ქიმიური (სტრუქტურული) აღნაგობის მიხედვით;
- ტოქსიკურობის ხარისხის მიხედვით;
- მდგრადობის მიხედვით.

ДАНИШНУЛЕБИС МИХЕДВИТ АРЧЕВЕН: ინსექტიციდებს, ფუნგიციდებს, ზოოციდებს, აკარაციდებს, ბაქტერიოციდებს, ჰერბიციდებს, ზრდის რეგულატორებს, დეფოლიანტებს, ფუმიგანტებს, რეპელენტებს, ატრაქტანტებს და სხვა.

ОРГАНИЗМШИ ШЕДВЕВИС ХАСИАТИС МИХЕДВИТ პესტიციდები შეიძლება იყვნენ: კონტაქტურები, სუნთქვითი (ფუმიგანტები), ნაწლავური, სისტემური.

ХИМИУРИ АДНАГОБИС МИХЕДВИТ პესტიციდები იყოფიან არაორგანულ და ორგანულ პესტიციდებად. ორგანულები თავის მხრივ იყოფიან: ფოსფორორგანულ და ქლორორგანულ ნაერთებად, კარბამინის მჟავას წარმოებულებად, მეტალორგანულ პესტიციდებად (მაგალითად ვერცხლისწყლის შემცველი პესტიციდები) და ა.შ.

ТОКСИКУРОБИС ХАРИСХИС МИХЕДВИТ პესტიციდებს ჰყოფენ:

- შხამიანი: DL_{50} 50მგ/კგ-მდე;
- მაღალტოქსიკური: DL_{50} 50-200 მგ/კგ;
- საშუალოდ ტოქსიკური DL_{50} 200-1000 მგ/კგ;
- მცირედ ტოქსიკური: DL_{50} 1000 მგ/კგ-ზე მეტი;

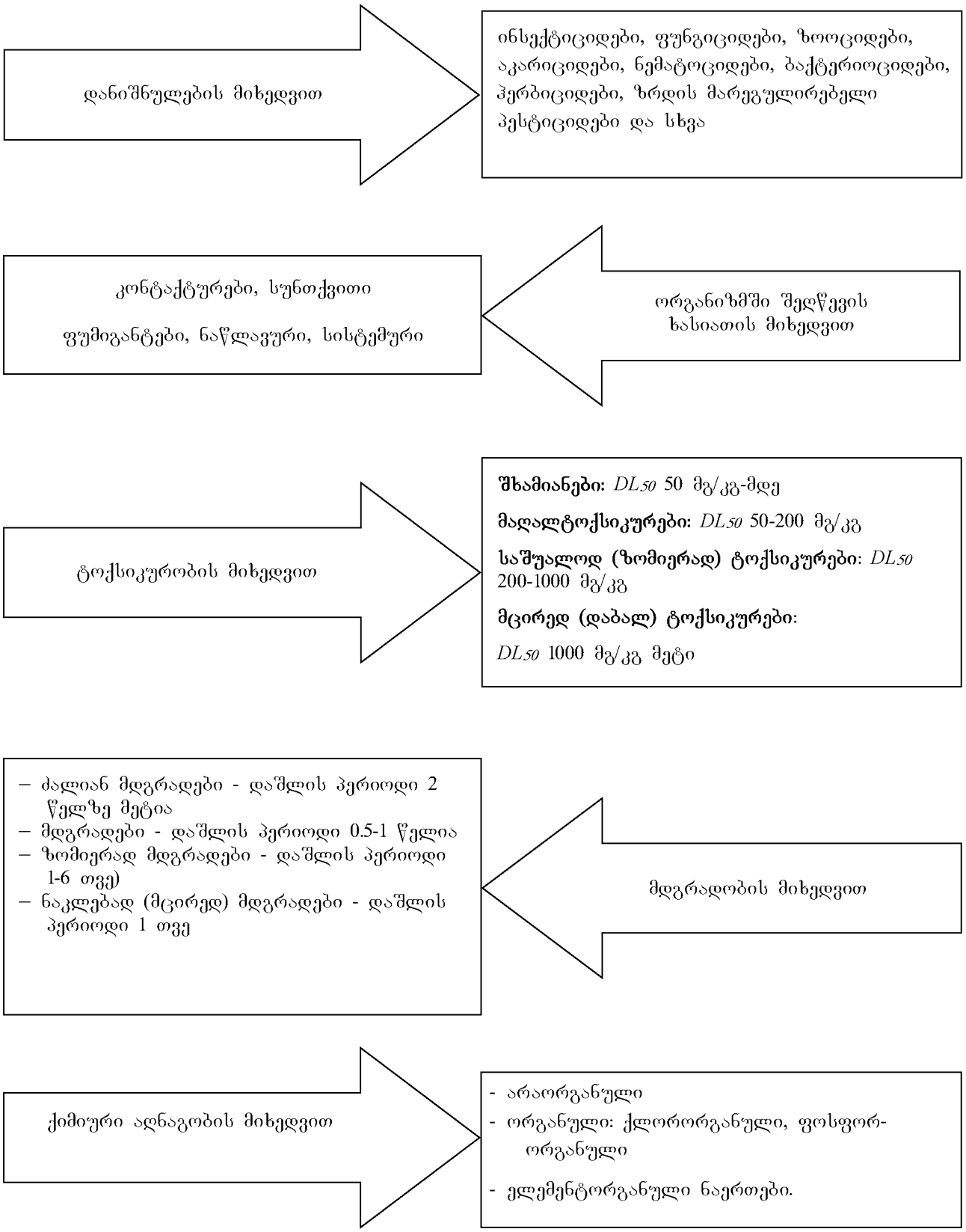
DL_{50} არის საშუალო სასიკვდილო (ან სასიკვდილო) დოზა, რომელიც იწვევს საცდელი ცხოველების 50%-ის დაღუპვას გარკვეული ხერხით შეყვანისას (კუჭიდან, კანიდან და ა.შ. სასუნთქი გზების გარდა) სამი დღე-ღამის განმავლობაში. გამოისახება მგ-ში მასის 1 კგ-ზე (მგ/კგ).

<u>მდგრადობის მიხედვით პესტიციდები არსებობენ</u>:

- ძალიან მდგრადი – დაშლის პერიოდი 2 წელზე მეტია;
- მდგრადები – დაშლის პერიოდი 0.5-დან 1 წლამდე;
- ზომიერად მდგრადი – (1-6 თვე);
- ნაკლებად (მცირედ) მდგრადი – (1 თვე).

ტოქსიკოლოგიური ქიმიისათვის ყველაზე მოსახერხებელი კლასიფიკაციაა – კლასიფიკაცია სტრუქტურის მიხედვით (იხ სქემა 9.1.).

სქემა 9.1. პესტიციდების კლასიფიკაცია

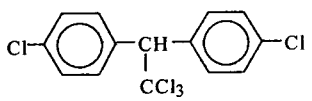
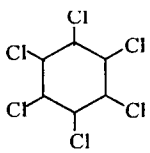
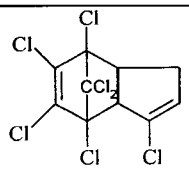


§3. ქლორორგანული და ფოსფორორგანული პესტიციდების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, ორგანიზმში ქცევის ძირითადი კანონზომიერებანი, ტოქსიკური მოქმედება

3.1. ქ ლ ო რ ო ო რ გ ა ნ უ ლ ი პ ე ს ტ ი ც ი დ ე ბ ი

ქიმიური აღნაგობა. ქლორორგანული ნაერთები ქიმიური აღნაგობით განსხვავებული არიან, მათ აერთიანებთ მოლეკულაში ქლორის ატომების არსებობა. არჩევენ სამ ჯგუფს (ცხრილი 9.1.):

ცხრილი 9.1. ქლორორგანული ნაერთების (ქონ) წარმოებული პესტიციდები

1. დდტ-ს ჯგუფი	2. ჰექსაქლორციკლოჰექსანის (ჰექსაქლორანის) ჯგუფი:	3. პოლიქლორციკ-ლოდიენების ჯგუფი:
		
4,4′-დიქლორდიფენილ-ტრიქლორმეთილმეთანი (დდტ)	ჰექსაქლორციკლოჰექსანი (ჰქცჰ)	ჰეპტაქლორი

ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები: ქლორორგანული ნაერთები არ იხსნება ან უმნიშვნელოდ (მცირედ) იხსნება წყალში, კარგად-ორგანულ გამხსნელებში, არიან აქროლადები. ძალიან მდგრადი ნაერთებია - არ იშლებიან ადუღებისას, ნატრიუმის ჰიდროკარბონატის თანაობითაც კი და ცხიმებში (ლიპიდებში) ხსნადი არაელექტროლიტებია.

დადგენილია, რომ 7 წლის შემდეგ ნიადაგის დამუშავებისას მასში შენარჩუნებულია ქლორორგანული ნაერთების თავდაპირველი რაოდენობის 29%, სხვა შემთხვევაში აღმოჩენილი იქნა საწყისი რაოდენობის 80%. დდტ და ზოგიერთი სხვა ქლორორგანული ნაერთი ნიადაგში იხსნება 10 და მეტი წელი. გარემოში შენახვას (მდგრადობას) <u>პერსისტენტობას</u> უწოდებენ. ისეთი ქლორორგანული ნაერთები, როგორიცაა დდტ, ალდრინი, დილდრინი აკრძალულია გამოყენებისათვის. დდტ-ს აკრძალვა საქართველოში, სოფლის მეურნეობაში შემოღებული იქნა 1968 წ.

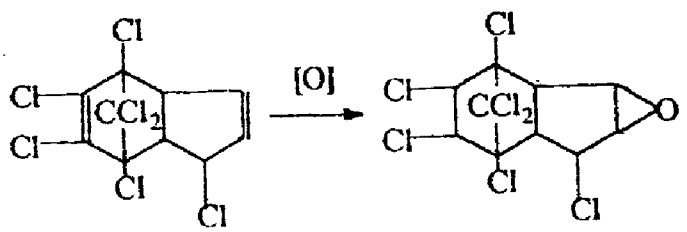
ორგანიზმში ძცევის ძირითადი კანონზომიერებანი. ქლორორგანული პესტიციდები ორგანიზმში ხვდება პირის გზით საკვებთან, სასმელთან და წყალთან ერთად, სასუნთქი გზებით ჰაერთან ერთად, კანის გზით პრეპარატებთან კონტაქტის დროს, პლაცენტით - დედისაგან შვილზე. (იხ ცხრილი 9.2).

ქლორორგანული ნაერთებით მოწამვლის მაგალითები: ლიტერატურაში აღწერილია ქალის და მისი ორი შვილის (1 წლის და 7 წლის) ჟოლოს და ხურტკმელის კომპოტით მოწამვლის შემთხვევა. ორივე ხილი მოკრეფილი იყო დდტ-თი შეწამლული ბუჩქებიდან. 7 წლის ბავშვი დაიღუპა ჰიპერთერმიის და კლონურ-ტონური კრუნჩხვების შედეგად. 1 წლის ბავშვის მდგომარეობა 4 დღის განმავლობაში უმძიმესი იყო, შემდეგ ნელ-ნელა გაუმჯობესდა. დედა გამოჯანმრთელდა 6 დღის შემდეგ. აღწერილია აგრეთვე სასიკვდილო მოწამვლა მუშისა, რომელსაც ტანსაცმელზე გადაესხა ქლორდანის სუსპენზია.

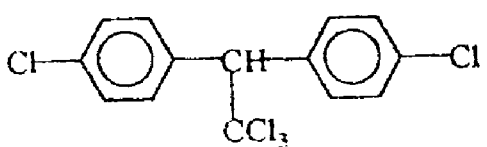
ორგანიზმში განაწილება. ქლორორგანული ნაერთები გროვდება ქსოვილებსა და ორგანოებში, ქმნის მათში პესტიციდების "დეპოს", ძირითადად ცხიმოვან ქსოვილებში. "დეპოდან" ქლორორგანულ ნაერთებს შეუძლია სისხლში გადასვლა ხანგრძლივი დროის (ზოგჯერ რამდენიმე წლის) განმავლობაში.

მეტაბოლიზმი. ქლორორგანული ნაერთები ორგანიზმში გარდაიქმნება, მაგ. ჰეპტაქლორი გადადის ნაერთში, რომელიც ბევრად უფრო ტოქსიკურია ვიდრე ნატიური ნაერთი, დდტ კარგავს ქლორს – გარდაიქმნება დდე-დ, შემდეგ იჟანგება და წარმოქმნის დიქლორდიფენილ ძმარმჟავას (დდძ).

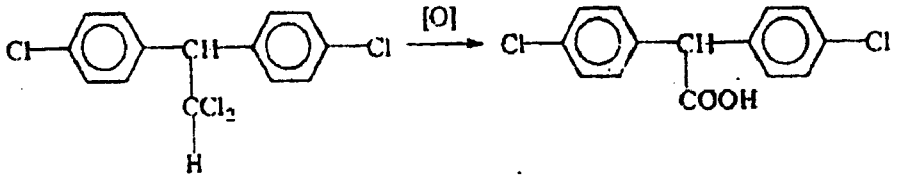
მეტაბოლური პროცესების ქიმიზმი.



ჰეპტაქლორის ეპოქსიდი



დექლორირება →



ბამოყოფა. ქლორორგანული ნაერთები ორგანიზმიდან გამოიყოფა შარდთან, განავალთან, დედის რძესთან ერთად. ამ უკანასკნელის გამო ჩვილი ბავშვი შეიძლება მოიწამლოს დედის რძით.

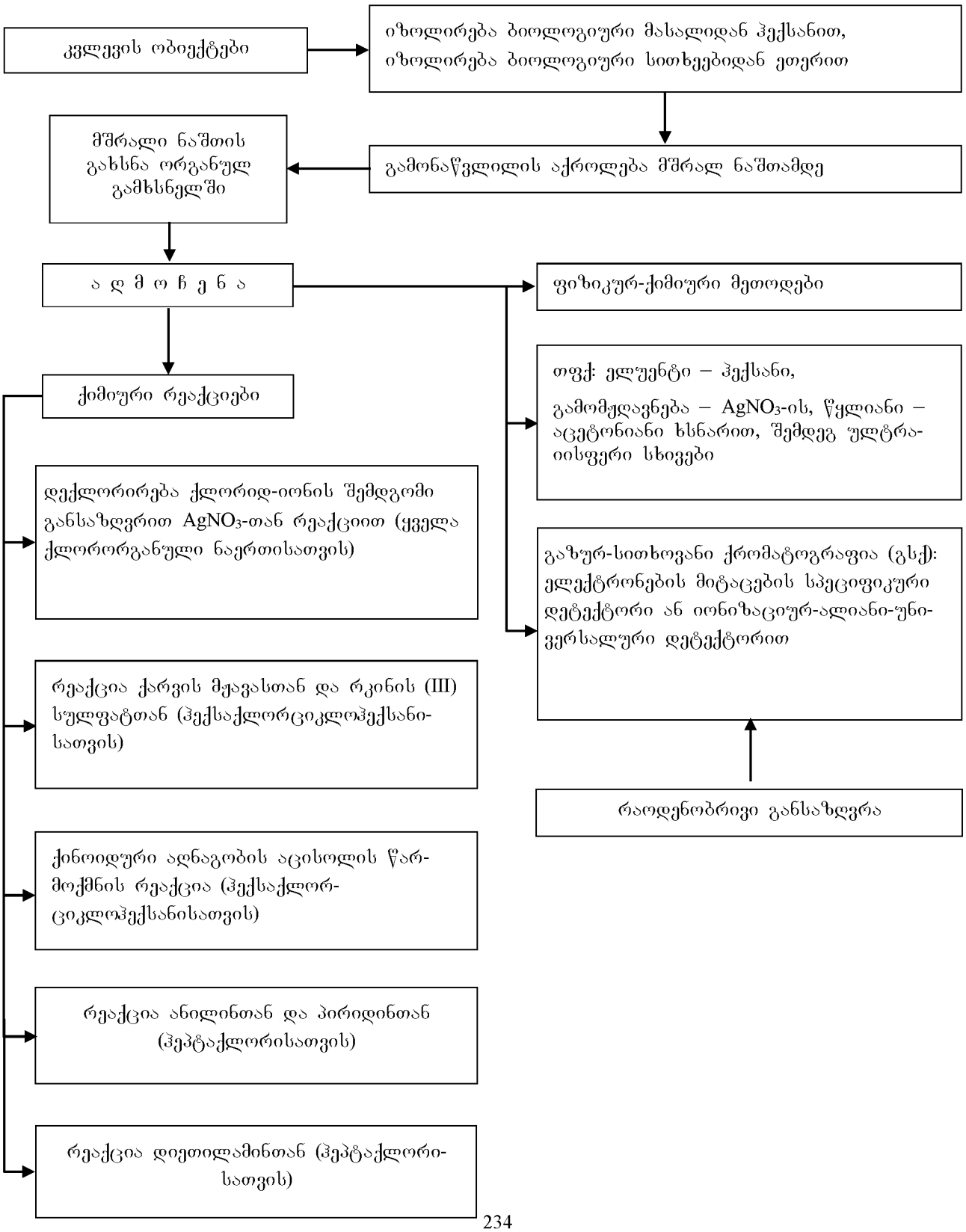
ადამიანის ორგანიზმზე ტოქსიკური მოქმედების მექანიზმი ბოლომდე არ არის გარკვეული. ფიქრობენ, რომ ქლორორგანული ნაერთების მოქმედების საწყისი ფაქტორია ორგანიზმის ფერმენტული სისტემების დათრგუნვა. ლიპიდების დაჟანგვის გაძლიერების შედეგად ადგილი აქვს უჯრედის მემბრანების დაზიანებას და ნივთიერებათა ცვლის პროცესების დარღვევას.

ქლორორგანული პესტიციდების სასიკვდილო დოზა მერყეობს 5-დან 60 გრამამდე.

ცხრილი 9.2. ქლორორგანული პესტიციდების თვისებები და ორგანიზმში ქცევა

თვისებები	თვისებების დახასიათება
ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები	მყარი ნივთიერებებია, არ იხსნებიან ან სუსტად იხსნებიან წყალში, კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში, აქროლადები არიან
ორგანიზმში მოხვედრის გზები	პირის გზით საკვებთან და წყალთან ერთად, სასუნთქი გზებით, კანის და პლაცენტის გზით
განაწილება ორგანიზმში	გროვდებიან ცხიმოვან ქსოვილებში
მეტაბოლიზმის გზები	დაჟანგვა, დექლორირება
გამოყოფის გზები	შარდთან, განავალთან, დედის რძესთან ერთად
კუმულაცია	კუმულირებენ ცხიმოვან ქსოვილებში
ტოქსიკური მოქმედება	აზიანებენ ც.ნ.ს., დვიძლს და სხვა პარენქიმატოზულ ორგანოებს, იწვევენ ენდოკრინული და გულ-სისხლძარღვთა სისტემის, სისხლის და ა.შ. ფუნქციის დარღვევებს

სქემა 9.2. ქლორორგანული პესტიციდების ანალიზის მეთოდები

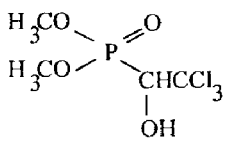
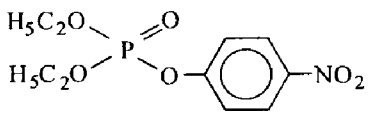
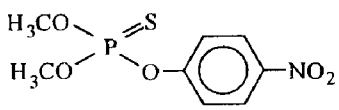
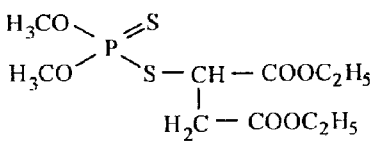
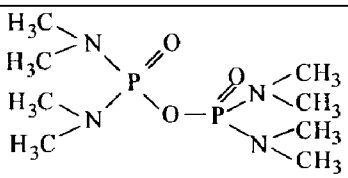


3.2. ფოსფორორგანული პესტიციდები

პესტიციდების ყველაზე პერსპექტიულ და ფართოდ გამოყენებულ ჯგუფს მიეკუთვნება ფოსფორორგანული ნაერთები.

ქიმიური აღნაგობა. ფოსფორორგანული ნაერთები წარმოადგენენ ფოსფორმჟავების (ფოსფორის, თიოფოსფორის, დითიოფოსფორის, ფოსფონის, პიროფოსფორის) ეთერებს. (იხ. ცხრილი 9.3):

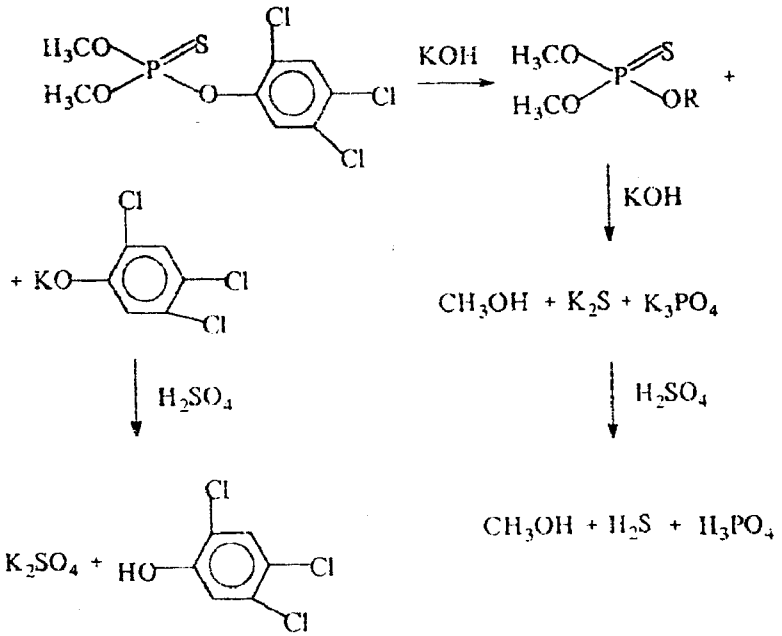
ცხრილი 9.3. ფოსფორორგანული ნაერთების წარმოებული პესტიციდები

სახელწოდება	ფორმულა	რომელი მჟავას წარმოებულია
ქლოროფოსი		ფოსფონმჟავის
პარაოქსანი		ფოსფორმჟავის
მეტაფოსი		თიოფოსფორმჟავის
კარბოფოსი		დითიოფოსფორმჟავის
ოქტამეთილი		პიროფოსფორმჟავის

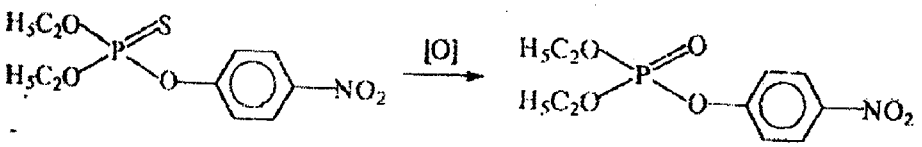
ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. ფოსფორორგანული პესტიციდების უმრავლესობა ოთახის ტემპერატურაზე თხევადი ნივთიერებებია. აქვთ თაფლის მაგვარი კონსისტენცია, არიან მოყვითალო ფერის, ორგანულ გამხსნელებში იხსნება კარგად, წყალში ცუდად, ადვილად ქროლდებიან. გაუსუფთავებელ პრეპარატებს აქვთ ნივრის

ძლიერი სუნი. ზოგიერთები კრისტალური ნაერთებია, იხსნებიან წყალში, მაგ. ქლოროფოსი.

ფოსფორორგანული ნაერთები ჰიდროლიზს ადვილად განიცდიან, განსაკუთრებით ტუტე არეში. მაგალითად, სამქლორმეტაფოსი კალიუმის და ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარებთან ერთად გათბობისას შემდეგნაირად გარდაიქმნება:



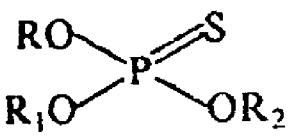
ფოსფორორგანული ნაერთები, ორგანიზმის ფერმენტების მოქმედებით, დაჟანგვის შედეგად გარდაიქმნებიან უფრო ტოქსიკურ პროდუქტებად:



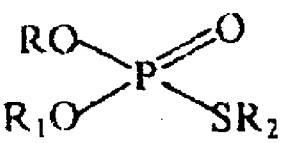
უფრო უხეშ პირობებში დაჟანგვა მიდის უფრო ღრმად – არაორგანული ნაერთების წარმომქმნამდე:

$= H_3PO_4 + CO_2 \uparrow + NO_2 \uparrow + H_2S \uparrow + H_2O$

თიოფოსფორმჟავას წარმოებულებისათვის დამახასიათებელია თიონ-თიოლური იზომერია:



თიონური იზომერი



თიოლური იზომერი

ფოსფორორგანული ნაერთების ორგანიზმში ქცევის ძირითადი კანონზომიერებანი (იხ. ცხრილი 9.4.):

ორგანიზმში მოხვედრა: ფოსფორორგანული ნაერთები ორგანიზმში ხვდებაპირის, სასუნთქი გზების, კანის და ლორწოვანი გზებით.

ნაწილდებიან: ღვიძლში, თირკმლებში, ტვინში, ფილტვებში, ყველაზე დიდი რაოდენობით ღვიძლში და თირემლებში. ქლორორგანული ნაერთებისაგან განსხვავებით ფოსფორორგანულები სწრაფად იშლება და გამოიყოფა დეპოს წარმოქმნის გარეშე.

მეტაბოლიზმი: ფოსფორორგანული ნაერთები ორგანიზმში იჟანგება და განიცდის ჰიდროლიზს. ჰიდროლიზის დროს წარმოიქმნებიან არატოქსიკური პროდუქტები, დაჟანგვისას შეიძლება წარმოქმნას უფრო ტოქსიკურები (მაგალითი მოყვანილია ზემოთ). ფოსფორორგანული ნაერთები და მათი მეტაბოლიზმის პროდუქტები გამოიყოფა შარდით, ნაწილობრივ განავლით, დედის რძით.

ტოქსიკური მოქმედება. ფოსფორორგანული ნაერთები დიდი ან მცირე ხარისხით იწვევენ **ფერმენტ ქოლინესთერაზას ინჰიბირებას**, რომელიც აცეტილქოლინის ქოლინამდე და ძმარმჟავამდე ჰიდროლიზის პროცესის კატალიზატორია:

$$[CH_3COOCH_2CH_2N^+(CH_3)_3]OH^- \xrightarrow[\text{ქოლინესთერაზა}]{HOH} CH_3COOH + [HOCH_2\text{-}CH_2N^+(CH_3)_3]OH^-$$

ფოსფორორგანული ნაერთებით მოწამვლისას ორგანიზმში გროვდება – აცეტილქოლინი – ნერვული იმპულსების გადამცემი, რაც განაპირობებს სწორედ მოწამვლის სიმპტომო-კომპლექსს.

არჩევენ ფოსფორორგანული ნაერთებით მოწამვლების ოთხ ხარისხს: მსუბუქს - როცა ქოლინესთერაზის დათრგუნვა 50%-ის ტოლია, საშუალოს - 60-70%-ია, მძიმეს - 80-90%-ია და სასიკვდილოს - 95-99%.

ფოსფორორგნული ნაერთების მოკლე დახასიათება შეიძლება დავამთავროთ იმის აღნიშვნით, რომ ყველას ახასიათებს ფუნქციონალური **კუმულაციის უნარი** ე.ი. ორგანიზმზე განმეორებითი ზემოქმედებისას აღინიშნება ტოქსიკური მოქმედების გაძლიერება.

ქლოროორგანული და ფოსფორგანული ნივთიერებებით მოწამვლისას დიაგნოზის ყველაზე უფრო სარწმუნო დადასტურებას იძლევა ქიმიურ-ტოქსოკოლოგიური ანალიზის შედეგები.

ცხრილი 9.4. ფოსფორორგანული ნაერთების თვისებები და ქცევები

თვისებები	თვისებების დახასიათება
ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები	უმეტესობა – ბლანტი კონსისტენციის მოყვითალო ფერის სითხეებია, კარგად იხსნება ორგანულ გამხსნელებში, ცუდად – წყალში; ზოგიერთი – კრისტალური ნაერთია, რომლებიც იხსნება წყალში (ქლოროფოსი)

ორგანიზმში მოხვედრის გზები	სასუნთქი ორგანოები, კანი, ლორწოვანი გარსები
ორგანიზმში განაწილება	ღვიძლი, თირკმელები, ტვინი, ფილტვები
კუმულაცია	ფუნქციონალური
მეტაბოლიზმი	ჰიდროლიზი, დაჟანგვა
გამოყოფა	შარდის, განავლის, დედის რძით
ტოქსიკური მოქმედება	იწვევენ ფერმენტ ქოლინესთერაზის ინჰიბირებას – არიან აცეტილქოლინის ქოლინამდე და ძმარმჟავამდე ჰიდროლიზის პროცესის კატალიზატორები
ფონ-ით მოწამვლების ხარისხი	<u>მსუბუქი</u> (ქოლინესთერაზას დათრგუნვა 50%-ით) <u>საშუალო</u> (ქოლინესთერაზის დათრგუნვა 60-70%-ით) <u>მძიმე</u> (ქოლინესთერაზის დათრგუნვა 80-90%-ით) <u>სასიკვდილო</u> (ქოლინესთერაზის დათრგუნვა 95-99%-ით)

§4. პესტიციდების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის მეთოდები

ანალიზის მიმართულება. უცხო შხამზე საერთო გამოკვლევისას ფოსფორორგანულ ნაერთებზე ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ჩატარება აუცილებელია, ქლორორგანულ ნაერთებზე კი ანალიზი ტარდება მხოლოდ სპეციალური მოთხოვნების დროს ან თუ ბიოლოგიური ობიექტების გამოკვლევის ჩატარებისას გამოიკვეთა განსაზღვრული მონაცემები, რომლებიც მიუთითებენ მათზე ანალიზის ჩატარების აუცილებლობაზე.

4.1. კვლევის ობიექტები ფოსფორორგნულ ნაერთებზე:

- კუჭი შიგთავსით, ღვიძლი-ნაღვლის ბუშტით, თირკმელი, წვრილი და მსხვილი ნაწლავები შიგთავსით, სისხლი, შარდი. ინჰალაციური მოწამვლისას ყველა შემთხვევაში იღებენ ფილტვებს, ზოგიერთი რეკომენდაციების მიხედვით – ტვინსაც.

4.2. კვლევის ობიექტები ქლორორგანულ ნაერთებზე:

- კუჭი შიგთავსით, ღვიძლი, თირკმელი, ტვინი, ცხიმოვანი ქსოვილები.

ანალიზის ჩატარების ვადები. ანალიზი უნდა ჩატარდეს ობიექტების მიღებისთანავე. თუ ამის საშუალება არ არის, ობიექტები შენახული უნდა იყოს მაცივარში 3 დღე-ღამემდე. პესტიციდების იზოლირების შემდეგ, ფოსფორორგნული ნაერთების შემცველ ექსტრაქტებს ინახავენ არაუმეტეს 5 დღისა, ხოლო ქლორორგანულ ნაერთებს - 10 დღე, +2 - 4°C ტემპერატურაზე.

ნებადართულია ობიექტების დაკონსერვება ეთანოლით, რომელიც ქილაში არსებულ ორგანოებს თავზე უნდა ადგეს არანაკლებ 1 სმ.

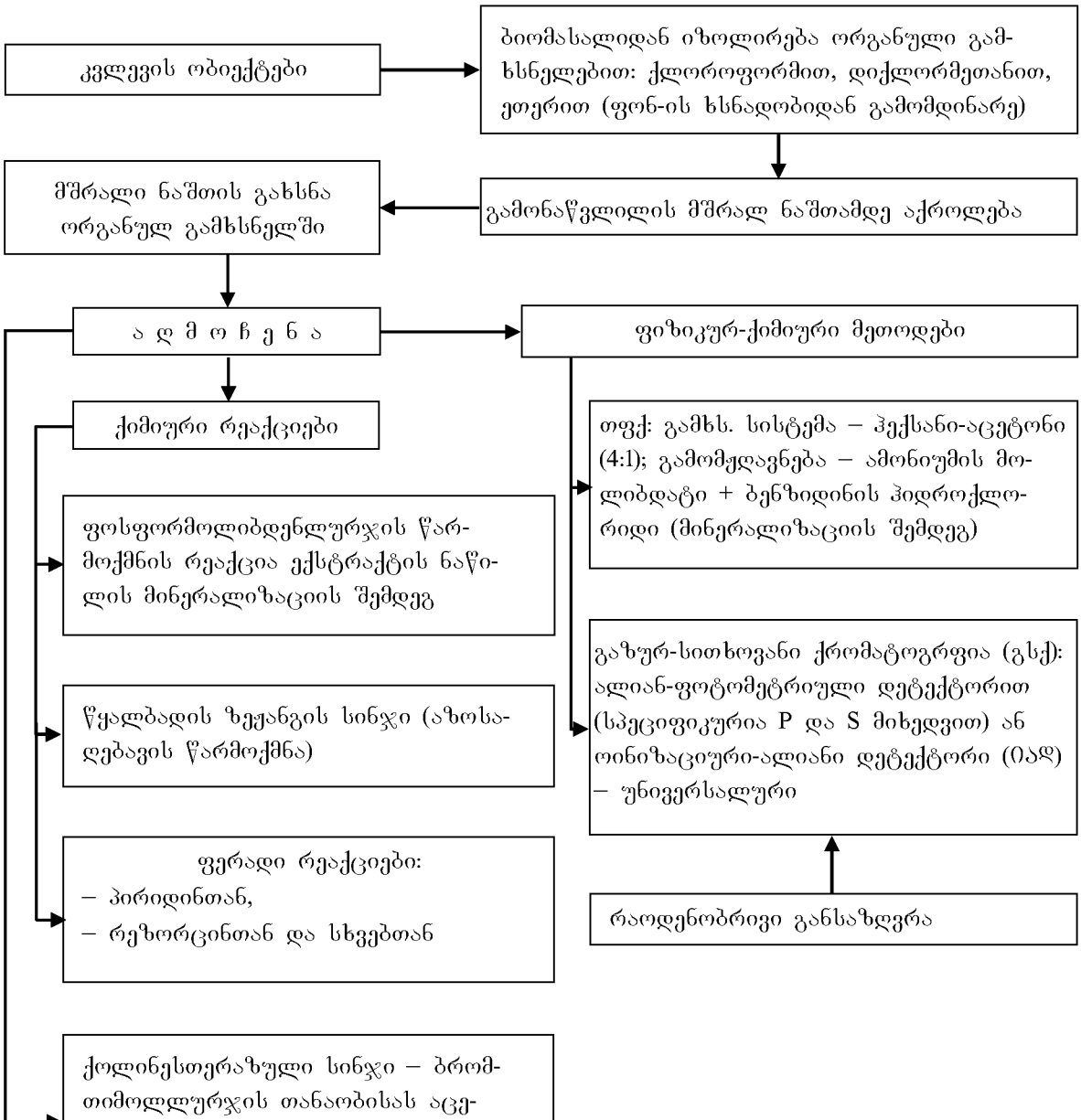
ადამიანების და ცხოველების ორგანოებისა და ბიოლოგიური სითხეების გარდა პესტიციდებზე გამოკვლევის ობიექტები შეიძლება იქნენ: პესტიციდების პრეპარატები, კვების პროდუქტები, წყალი, ჰაერი, ფურაჟი.

4.3. პესტიციდებზე ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევების ძირითადი ეტაპები (იხ. სქემა 9.3):

- სინჯის შერჩევა და მომზადება;
- პესტიციდების იზოლირება;
- გასუფთავება ექსტრაქციის თამხლები ნივთიერებებისაგან.;
- პესტიციდების იდენტიფიკაცია და რაოდენობითი განსაზღვრა.

გამოყენებული მეთოდები უნდა იყოს მაღალმგრძნობიარე და სპეციფიკური.

სქემა 9.3. ფოსფორორგანული ნაერთების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი



პესტიციდების იზოლირების მეთოდები. პესტიციდების იზოლირების მრავალი მეთოდი არსებობს. მათი მრავალფეროვნება განპირობებულია საანალიზო პესტიციდების მრავალფეროვნებით – მათი სხვადასხვა თვისებებით. პესტიციდების იზოლირებისათვის გამოყენებულია მეთოდიკები, რომლებსაც საფუძვლად უდევთ ორგანული გამხსნელებით (ჰექსანით, ეთერით, ქლოროფორმით და სხვა) მათი ექსტრაქცია ან წყლის ორთქლით გადადენა. ცხოველური წარმოშობის ობიექტების გამოკვლევისას ფოსფორორგნული ნაერთების ექსტრაქციას წინ უძღვის ცილების დალექვა პროტეინფოსფოლიპიდური ბმების გახლეჩისათვის და ცხიმების და ცილების მოსაცილებლად. ორგანული გამხსნელებით პესტიციდების ექსტრაქციის მეთოდი გამოიყენება ფოსფორორგანული და ქლორორგანული ყველა ნაერთისათვის, წყლის ორთქლით გადადენის მეთოდი კი მხოლოდ აქროლადი პესტიციდებისათვის, მაგ. ჰექსაქლორციკლოჰექსანისათვის.

4.4. ექსტრაქტების გასუფთავების მეთოდები (სქემა 9.4.). ფოსფორორგანული და ქლორორგანული ნაერთების გასუფთავებისათვის იყენებენ შემდეგ მეთოდებს:

- ექსტრაქციას;
- ქრომატოგრაფიას;
- ექსტრაქციული და ქრომატოგრაფიული მეთოდების შეთავსებას;
- ცხიმების გამოყინვას.

გასუფთავების სხვა მეთოდები (წყლის ორთქლით გადადენა, ვაკუუმში აქროლება, დიალიზი) იშვიათად გამოიყენება.

ჯონსი და რიდიკი სწავლობდნენ პესტიციდების განაწილებას აცეტონიტრილსა და ჰექსანს შორის, ჰექსანი და აცეტონიტრილი კარგ სისტემებს წარმოადგენენ ბიოლოგიური მასალისაგან გამოყოფილი პესტიციდების თანმხლები ნივთიერებებისაგან: ცხიმების, ცვილების და პიგმენტებისაგან გასასუფთავებლად. მითითებული სისტემის გარდა, პესტიციდების გასასუფთავებლად შეიძლება გამოყენებული იქნენ გამხსნელთა ისეთი წყვილები როგორიცაა: პეტროლეინის ეთერი-აცეტონიტრილი, ჰექსანი-დიმეთილფორმამიდი.

გასუფთავებისათვის იყენებენ ადსორბციულ ქრომატოგრაფიას კალონკაში, ქრომატოგრაფიას ქაღალდზე და სორბენტის თხელ ფენაზე. ეს უკანასკნელი ყველაზე ხშირად გამოიყენება. სისტემა მოძრავი ფაზით ჰექსანი-აცეტონი, სხვადასხვა თანაფარდობით, ყველაზე მეტადაა რეკომენდებული ფოსფორორგანული ნაერთების შემცველი ექსტრაქტების გასასუფთავებლად. პესტიციდების,

გასუფთავების კიდევ ერთი მეთოდი ემყარება ცხიმების და ცვილების ცივ აცეტონში უხსნადობას. გაყინული ნივთიერებების გროვებს აცეტონისაგან აცილებენ გაფილტვრით, პესტიციდები რჩებიან აცეტონურ ფილტრატში.

გასუფთავების მეთოდების შეფასებისას, შეიძლება ხაზი გავუსვათ, რომ ექსტრაქციული და თხელფენოვან ქრომატოგრაფიული მეთოდების ერთობლიობა მარტივი და ხელმისაწვდომია.

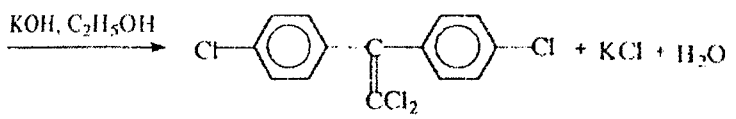
4.5. პესტიციდების აღმოჩენის მეთოდები.

ექსტრაქტების ანალიზისათვის იყენებენ გამოკვლევის შემდეგ მეთოდებს:

- ქიმიურს;
- ბიოქიმიურს;
- თხელფენოვან ქრომატოგრაფიას;
- ქრომატო-მას სპექტრომეტრიას;
- სითხურ ქრომატოგრაფიას ტანდემური მას სპექტრომეტრიით.

სხვა მეთოდები, კერძოდ ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სპექტროფოტომეტრული მეთოდები გამოიყენება იშვიათად (სქემა 9.5.).

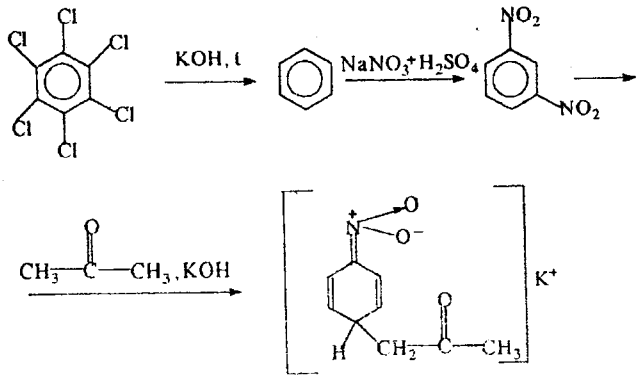
1. პესტიციდების აღმოჩენა ქიმიური მეთოდებით. ქლორორგანულ ნაერთებს აღმოაჩენენ: 1. ქლორის მიხედვით – კოვალენტურად დაკავშირებული ქლორი გადაჰყავთ იონურ მდგომარეობაში და ატარებენ ქლორიდ-იონზე რეაქციას ვერცხლის ნიტრატთან აზოტმჟავას არეში:



HNO3

$$Cl^- + Ag^+ \longrightarrow AgCl\downarrow$$

2. ქლორორგანულ ნაერთებს საზღვრავენ ბენზოლური რგოლის დიქლორირების და ნიტრირების ჩატარების შემდეგ, ქინოიდური სტრუქტურის აცი-ფორმის მარილების წარმოქმნის რეაქციით, ნ-დინიტრობენზოლზე აცეტონის და კალიუმის ჰიდროქსიდის შემდგომი დამატებისას.



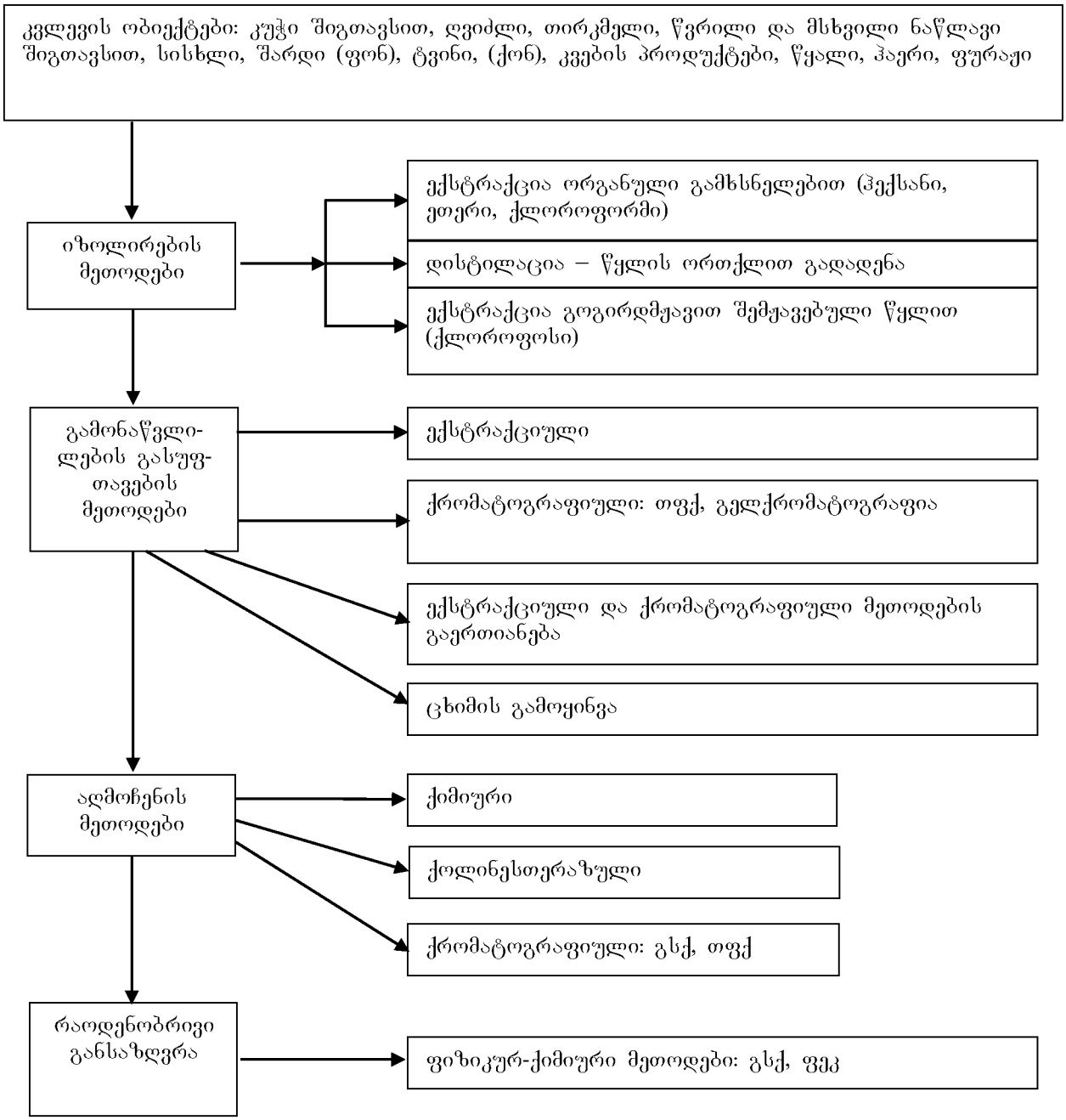
იისფერი

ორივე რეაქცია ქლორორგანული ნაერთებისათვის არასპეციფიკურია, არ არის ისეთი მგრძნობელობის, რომ აღმოაჩინოს ქლორორგანული პესტიციდების კვალი საკვებ პროდუქტებში და ა.შ.

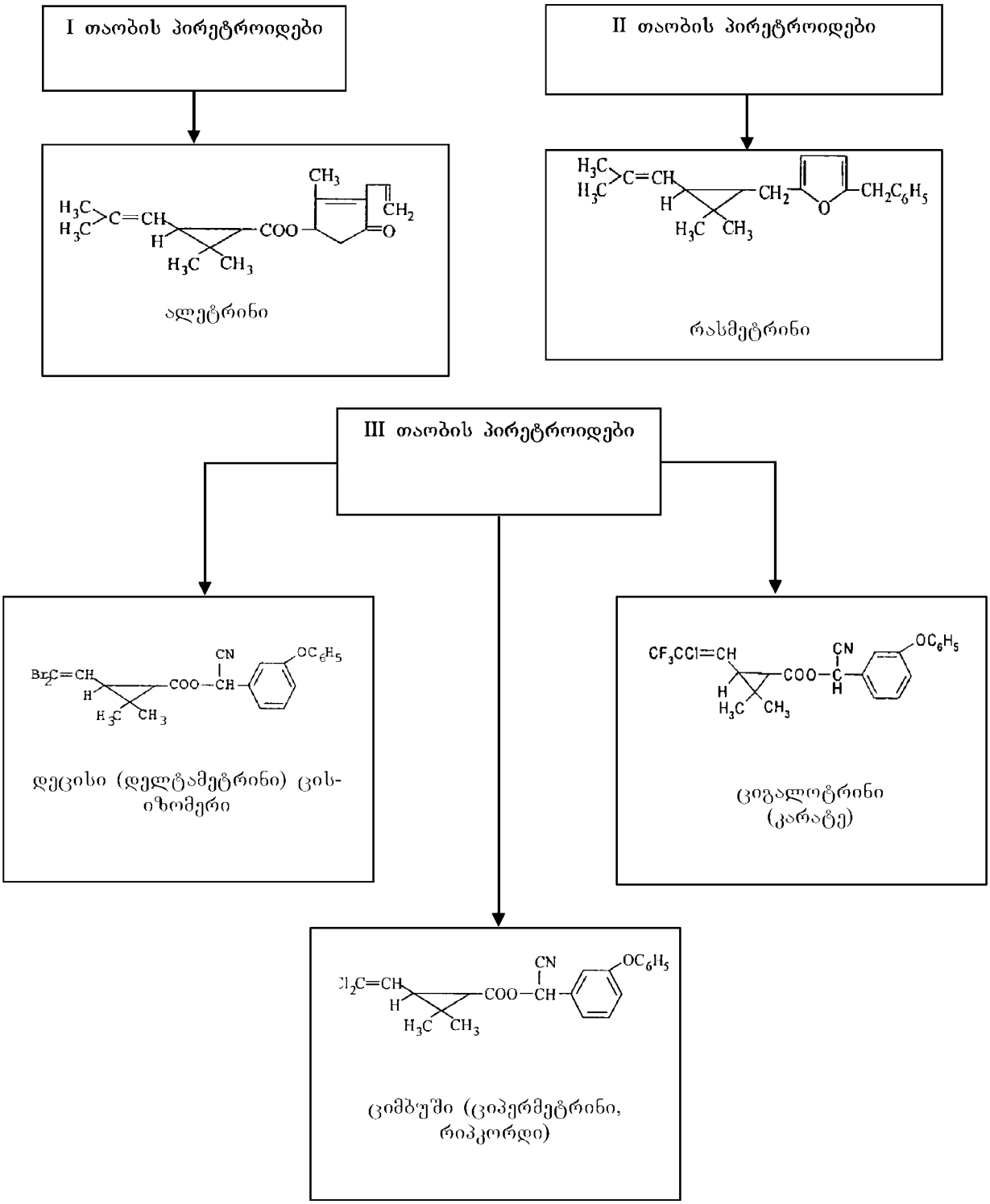
ცხრილი 9.5. პესტიციდების ძივიური ანალიზი ფუნქციონალური ჯგუფების მიხედვით

ფუნქციონალური ჯგუფი ან ელემენტი, რომელსაც ვსაზღვრავთ	აღმომჩენი რეაქციები	დაკვირვება
ფოსფორი (ყველა ფრონ-ი)	ფრონ-ის მინერალიზაცია ფოსფორმჟავამდე, ფოსფატიონის აღმოჩენა ამონიუმის მოლიბდატით აღმდგენელის თანაობისას.	ცისფერი ან ლურჯი შეფერილობა
მეტოქსიჯგუფი (მეტაფოსი, კარბოფოსი, ქლოროფოსი, ტრიქლორმეტაფოსი)	ტუტე-ჰიდროლიზი, კალიუმის პერმანგანატით დაჟანგვა, ფორმალდეჰიდის აღმოჩენა (ფუქსინგოგირდმჟავით და სხვა)	მოლურჯო-იისფერი შეფერილობა
ქლორალჰიდრატული დაჯგუფება (ქლოროფოსი)	რეზორცინის ტუტიან ხსნართან, ნესლერის რეაქტივთან	ვარდისფერი შეფერილობა; რუხი ნალექი
ნიტროფენილური დაჯგუფება (მეტაფოსი)	KOH-ის ხსნართან; აღდგენის შემდეგ – აზოსაღებავის წარმოქმნა	ყვითელი შეფერილობა; წითელი შეფერილობა
ტრიქლორფენილური დაჯგუფება (ტრიქლორფენოლი)	4-ამინოანტიპირინთან და კალიუმის ჰექსაციანოფერატთან (II) ტუტე ჰიდროლიზის შემდეგ	ვარდისფერი შეფერილობა
ეტოქსიჯგუფი (ტრიქლორმეტაფოსი)	ნატრიუმის ნიტროპრუსიდით და მორფოლინით აცეტალდეჰიდამდე დაჟანგვის შემდეგ	ცისფერი ან ლურჯი შეფერილობა
ქლორი (ყველა ქლორორგანული ნაერთები – (ქონ)	იონურ მდგომარეობაში გადაყვანის შემდეგ ვერცხლის ნიტრატის ხსნართან	თეთრი ნალექი
ბენზოლური რგოლი (ჰექსაქლორციკლოჰექსანი – ჰქცჰ)	დექლორირების, ნიტრირების და ქინოიდური აღნაგობის აცისოლის მიღების შემდეგ	მოწითალო-იისფერი შეფერილობა
α-ნაფტოლი (სევინი)	ტუტე ჰიდროლიზის შემდეგ აზოსაღებავის წარმოქმნა დიაზოტირებულ სულფანილის მჟავასთან	წითელი შეფერილობა

სქემა 9.4. პესტიციდების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ძირითადი ეტაპები



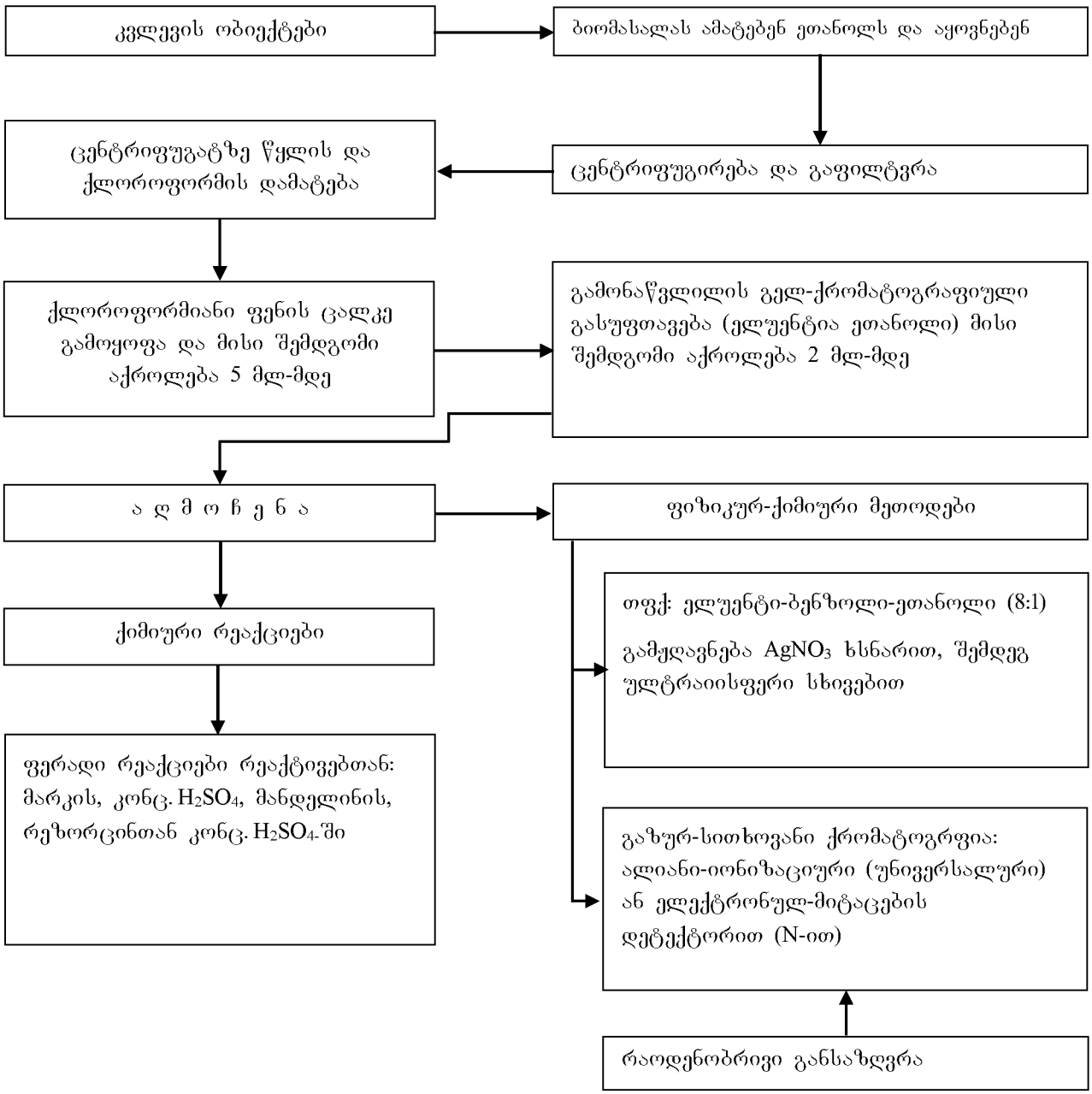
სქემა 9.5. ციკლოპროპანკარბონმჟავას წარმოებული პესტიციდები (პირეთროიდები)



ცხრილი 9.6. პირეტროიდების თვისებები და ორგანიზმში ქცევა

თვისებები	თვისებების დახასიათება
ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები	კრისტალები ან უმეტეს შემთხვევაში სითხეებია, კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში, სპირტებში; ზოგიერთი კრისტალური ნაერთები იხსნებიან წყალში არამდგრადები არიან. იშლებიან ულტრაიისფერი სხივებით, ფერმენტების და მიკროორგანიზმების მოქმედებით.
ორგანიზმში მოხვედ-რის გზები	პირის გზით საკვებთან და წყალთან ერთად, ლორწოვანი გარსებით, სასუნთქი ორგანოებით
ორგანიზმში განა-წილება	ღვიძლში, თირკმელებში, ცხიმოვან ქსოვილებში (ტვინიდან გამოყოფას სჭირდება 2-3 კვირა)
კუმულაცია	სუსტად კუმულირდებიან
მეტაბოლიზმი	დაჟანგვა, ჰიდროლიზი, კონიუგატების წარმოქმნა გლუკურონის და გოგირდის მჟავეებთან
ორგანიზმიდან გამოყოფის გზები	შარდით და განავალით
ტოქსიკური მოქმედება	მიეკუთვნება ნერვულ შხამებს (ურთიერთმოქმედებს ნერვულ არხებთან), მწვავე ინტოქსიკაციის (მოწამვლის) სიმპტომებია: ტრემორი, დამბლა, მომატებული აღგზნებადობა, ჰიპერსალივაცია

სქემა 9.6. პირეტროიდების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი



ცხრილი 9.7. ინსექტიციდური მოქმედების ორგანული პესტიციდების ზოგიერთი ჯგუფის დახასიათება

პესტიციდების ჯგუფის სახელწოდება	პესტიციდების ძირითადი წარ-მომადგენლები ჯგუფში	მდგრადობა ორგანიზმში და გარემომცველ არეში	ტოქსიკური მოქმედების მექანიზმი
ქლორორგანული ნაერთების (ქორ) წარმოებულები	დდტ, ჰექსაქლორციკლ ოჰექსანი ჰქცჰ, ჰეპტაქლორი	ინახებიან მცენარეებში, წყალში, საკვებ პროდუქტებში, ნიადაგში (მცენარის დამუშავებიდან 8-12 წელი). ორგანიზმში კუმულირ-დებიან (ცხიმოვან ქსოვილებში წარმოქმნიან "დეპოს") – <u>კუმუ-ლაციის მატერიალური ტიპი.</u>	აზიანებენ ცნს, ღვიძლსა და სხვა პარენქიმატოზულ ორგანოებს, იწვევენ ენდო-კრინული და გულსისხლძარ-ღვრთა სისტემების, სისხლის და ა.შ. ფუნქციის დარღვევას. <u>მა-ღალტოქსიკური ნაერთებია.</u>
ფოსფორორ-განული ნაერთების (ფორ) წარმოებულები	ქლოროფოსი, პაროქსანი, მეტაფოსი, კარბაფოსი, ოქტამეთილი	ორგანიზმში სწრაფად იშლებიან, არ კუმულირდებიან, თითქმის არ იწვევენ ქრონიკულ მოწამვლებს, ზოგიერთი წარმომადგენელი შეიძლება მცენარეში შენახული იქნენ 1 წლამდე, უმეტესობა იშ-ლება ნიადაგში და მცენარეებში რამდენიმე კვირაში. ახასიათებთ <u>ფუნქციონალური კუმულაცია.</u>	თრგუნავენ ადამიანის და ცხოველების ფერმენტულ სისტემებს – თრგუნავენ ქოლინესთერაზის მოქმედებას, რაც იწვევს აცეტილქოლინის დაგროვებას და ორგანიზმის რიგი ფუნქციების დარღვევას. <u>საშუალოდ (ზომიერად) ტოქსი-კური ნაერთებია</u>.
კარბამინის მჟა-ვას წარ-მოებულები	სევინი	ორგანიზმში სწრაფად იშლე-ბიან, არ კუმულირდებიან, ორგანიზმში მოხვედრიდან 2-3 დღის შემდეგ ბიომასალაში არ აღმოჩნდებიან. მდგრადები არიან წყლის, სინათლის და ჰაერის ჟანგბადის მიმართ.	ახასიათებთ მაღალი ქო-ლინესთერაზული აქტიურობა. ორგანიზმზე ხანგრძლივი მოქმე-დებისას ირღვევა ღვიძლის ნახ-შირწყლების, ცილების წარ-მომქნელი და ანტიტოქსიკური ფუნქცია. <u>საშუალოდ (ზომიერად) ტოქსიკური ნაერთებია.</u>
ციკლოპროპან-კარბონმჟავას წარმოებულები (პირეტროიდები)	ალეტრინი, რას-მეტრინი, დეცისი, ციტალოტრინი, ციმბუში	სწრაფად იშლებიან გარემომ-ცველ არეში, აქვთ ბიო-კუმულაციის ტენდენცია	აზიანებენ ცნს (ნერვული ტიპის შხამები), კანზე მოხვედრისას იწვევენ კანის გაღიზიანებას. <u>სა-შუალოდ (ზომიერად) ტოქსიკური ნაერთებია.</u>

თავი 10.

შხამები, რომელთა იზოლირებისათვის იყენებენ განსაკუთრებულ მეთოდებს

(ფტორიდები, ფტორსილიკატები, გოგირდწყალბადი, დიმეთილსულფატი, გოგირდნახშირბადი, მეთილმერკაპტანი, ეთილმერკაპტანი, ჰალოგენები – (ქლორი, ბრომი, იოდი), ქლორამინები

ნივთიერებათა ჯგუფი, რომელთა იზოლირებისთვის გამოიყენება განსაკუთრებული მეთოდები არ არის მრავალრიცხოვანი. ქვემოთ განხილულია ზოგიერთი მათგანი:

§1. ფტორის მარილები (ფტორიდები)

თავისუფალი ფტორწყალბადმჟავა, როგორც ნივთიერება, მოსახლეობის დიდი ნაწილისთვის არ არის ხელმისაწვდომი, ამიტომ მას არ აქვს ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა. რასაც ვერ ვიტყვით მის მარილებზე – NaF, $NaHF_2$, CaF_2. ისინი ძალიან საინტერესო არიან ამ თვალსაზრისით.

NaF გამოიყენება ძვლებისა და კბილების ემალის გასამაგრებლად. მისი ლეტალური დოზაა 5-10 გ 70 კგ წონის ადამიანზე. ტოქსიკურია როგორც სასუნთქი გზებით (მტვერი, აეროზოლი), ასევე კუჭ-ნაწლავის სისტემაში მოხვერდის დროს.

CaF_2 არის ტოქსიკური, თუმცა მიიჩნევენ შედარებით ნაკლებ აგრესიულად, მისი უკიდურესად დაბალი ხსნადობის გამო. ფტორის ნაერთების სასამართლო-ტოქსიკური მნიშვნელობა მოცემულია ცხრილში 10.1.

<u>იზოლირება</u>: გვამის შინაგანი ორგანოების, კუჭის შიგთავსის, საკვები პროდუქტების და სხვა ობიექტების 25 გ-ს შეატუტიანებენ კალციუმის ჰიდროქსიდის ($Ca(OH)_2$) ჭარბი რაოდენობით, ასველებენ ამონიუმის ნიტრატის (NH_4NO_3) ხსნარით ან კონცენტრირებული აზოტმჟავით (HNO_3), აშრობენ და ავარვარებენ არაუმეტეს 500°C ტემპერატურაზე, სრულ დაწვამდე.

<u>აუცილებელია ბრმა ცდის ჩატარება</u>: იმავე ფიალაში, რომელშიც უნდა მოახდინონ აქროლება, ათავსებენ იგივე რაოდენობით აღებულ ყველა რეაქტივს, აშრობენ, გაშრობის შემდეგ დარჩენილ ნაშთს ავარვარებენ იმავე პირობებში და იკვლევენ ფტორის იონზე.

ცხრილი 10.1. ფტორის ნაერთები, რომლებსაც აქვთ სასამართლო-ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა

ნივთიერების სახელწოდება	გამოყენება	ორგანიზმზე ტოქსიკური მოქმედება
ფტორის არაორგანული ნაერთები		
ფტორწყალბადმჟავა	შუშის წარმოებაში, ლითონების დამუშავებისას	იწვევს პირის, ხორხის, ბრონქების ლორწოვანი გარსების დამწვრობას. გადაყლაპვის შემთხვევაში – გულისრევას, ღებინებას, დიარეას, მუცლის ტკივილებს, წყლულებს – კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში. კანზე მოხვედრისას – წყლულებს. სისტემური ტოქსიკური ეფექტების დროს აღინიშნება სისუსტე, კრუნჩხვები, ღვიძლის და თირკმლების მწვავე უკმარისობა, სუნთქვის დათრგუნვა.
წყალბადის ტეტრაფტორბორატი (III)	გალვანურ წარმოებაში, ორგანულ სინთეზში	იწვევს გულის უკმარისობის განვითარებას; ახდენს ჰეპატო-, ნეფრო- და გასტროენტეროტოქსიკურ მოქმედებას
სილიციუმ-ფტორწყალბადმჟავა	გალვანურ წარმოებაში, ორგანულ სინთეზში	იწვევს გულის უკმარისობის განვითარებას; ახდენს ჰეპატო-, ნეფრო- და გასტროენტეროტოქსიკურ მოქმედებას
ნატრიუმის ფტორიდი	პესტიციდი	შიგნით მოხვედრისას იწვევს – კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ლორწოვანი გარსის მწვავე ანთებას, ღებინებას, დიარეას, გულის და სუნთქვითი უკმარისობის განვითარებას, ტრემორს
ნატრიუმის სილიციუმფტორიდი	პესტიციდი	შიგნით მოხვედრისას იწვევს – კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ლორწოვანი გარსის მწვავე ანთებას, ღებინებას, დიარეას, გულის უკმარისობის განვითარებას, ტრემორს
ფტორის ორგანული ნაერთები		
მეთილფტორფოსფონის მჟავას იზოპროპილის ეთერი	ზარინი (საბრძოლო მომწამვლელი ნივთიერება)	აქვს ნერვულ-პარალიზური მოქმედება
მეთილფტორფოსფონის მჟავას პინაკოლილის ეთერი	ზომანი (საბრძოლო მომწამვლელი ნივთიერება)	აქვს ნერვულ-პარალიზური მოქმედება
ფტორძმარმჟავის წარმოებულები (ეთერები, ანჰიდრიდი, ამიდები და სხვ.	პესტიციდები	იწვევენ მიოკარდის დეპრესიას, არითმიას, პარკუჭების ფიბრილაციას, ცნს დაზიანებას

<u>თვისობრივი ანალიზი</u>: 1. ნაშთის ნაწილს პლატინის (ან ტყვიის) ტიგელში, ასველებენ რამდენიმე წვეთი წყლით და მცირე რაოდენობა კონცენტრირებული გოგირდმჟავით. ტიგელს სწრაფად ახურავენ თავზე საათის მინას, რომლის ქვედა

ნაწილი წინასწარაა დაფარული ცვილით ან პარაფინით. ცვილის ან პარაფინის ფენის ნაწილს წინასწარ აცილებენ ნემსის წვერის დახმარებით და აკეთებენ პირობით წარწერას. ტიგელს ტოვებენ დღე-ღამის განმავლობაში. ცვილს ან პარაფინის დამცველ ფენას აცილებენ და აკვირდებიან მინის ამოჭმას.

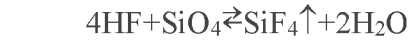
იმ შემთხვევაში, თუ ქიმიურად სუფთა კირი არ არის ხელმისაწვდომი, ობიექტს ატუტიანებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდით და წვავენ. მიღებულ ნაცარს შეურევენ კალციუმის ქლორიდის ხსნარს, ადუღებენ, აცივებენ, გაფილტრულ ნალექს ჩარეცხავენ გამოხდილი წყლით ნეიტრალურ რეაქციამდე, ნალექს ფილტრის ქაღალდთან ერთად წვავენ და ნაცარს იკველევენ ფტორიდების არსებობაზე.

რეაქცია ბევრად უფრო მაღალი მგრძნობელობის იქნება თუ მას ჩავატარებთ გაცხელებით: მინას ფარავენ ცვილის ან პარაფინის ლაქით (ამოჭმის რეაქცია გაცხელებისას 2-3-ჯერ ძლიერად მიმდინარეობს ვიდრე გაცხელების გარეშე).

<u>ლაქის მომზადება:</u> 1). 15-20 მლ ეთილის ეთერის ხსნარს, რომელშიც გახსნილია კანიფოლის წვრილად მოსრესილი ფხვნილის 8 გ, ნელ-ნელა ამატებენ 80 მლ კოლოდიუმს (პიროქსილინის ხსნარი სპირტსა და ეთერში). ლაქით დაფარულ მინის ნაჭერს აშრობენ ჰაერზე, შემდეგ მაშრობ კარადაში 120°C-ზე.

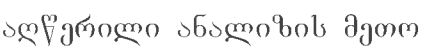
2). კოლოიდური ხსნარის ნაწილს ურევენ SiO_2 (სილა), ათავსებენ სინჯარაში, ასხამენ კონც. გოგირდმჟავას; სინჯარის პირთან იჭერენ მინის წკირს წყლის წვეთით. ფტორწყალბადმჟავას არსებობის შემთხვევაში წყლის წვეთი შეიმღვრევა აქროლადი სილიციუმის ფტორიდისაგან წარმოქმნილი სილიციუმის მჟავას გამოყოფის შედეგად (სილიციუმი მინის სილიკატიდან).

სილიციუმის ფტორიდის ორთქლი მინის მილის საშუალებით შეიძლება შევუშვათ მეორე სველ სინჯარაში, ამ დროს სინჯარის კედლები დაიფარება სილიციუმის მჟავას წვეთებით:



$$CaF_2+H_2SO_4 \rightleftarrows CaSO_4 +2HF$$

$$4HF+SiO_4 \rightleftarrows SiF_4\uparrow+2H_2O$$



$$SiF_4\uparrow+23H_2O \rightleftarrows H_2SiO_3+6H_2SiF_6$$

ბუნებრივია, რომ ორგანიზმში არსებული ფტორიდები და სილიციუმფტორიდები აღწერილი ანალიზის მეთოდით, ვერ მოგვცემენ "მინის ამოჭმის" რეაქციას ან ვერ გამოიწვევენ წყლის წვეთის შემღვრევას წარმოქმნილი SiF_4-ით.

3). კოლოიდური ხსნარის მცირე რაოდენობა შეაქვთ სარეაქციო მილის მოკლე მუხლში, რომელიც შევსებულია K_2CrO_7-ის 2%-იანი ხსნარით კონცეტრირებულ

გოგირდმჟავაში, ხსნარებს ერთმანეთთან ურევენ და აკვირდებიან მილის მოკლე მუხლის კელდებში არ მოხდეს შესველება – რეაქცია დამყარებულია HF-ის უნარზე დაშალოს მინა და გახადოს იგი ჰიდროფობური (შეუსველებელი). რეაქცია მგრძნობიარე (2-5 მკგ ფტორი (F^-) სინჯში) და სპეციფიკურია. ამ რეაქციას შეიძლება ხელი შაუშალონ ცხიმებმა, სილიციუმორგანულმა ნაერთებმა და სხვა ჰიდროფობურმა (წყლის მოშიში) ნივთიერებებმა.

4). წვეთოვანი რეაქცია: ცირკონალიზარინის ლაქით გაჟღენთოლ ფილტრის ქაღალდზე F^--ის იონების შემცველი წყლიანი ხსნარის დამატებისას ქაღალდის წითელი შეფერვა ქრება (წითელი შეფერვა გადადის ყვითელში).

რეაქტივი A: -0.05 გ ნატრიუმის ცირკონიუმს ხსნიან 20მლ წყალში; რეაქტივი B: - 0.05 გ ალიზარინის წითელს ხსნიან 20 მლ წყალში. გამოყენების წინ მომზადებული ხსნარების თანაბარ მოცულობებს ერთმანეთში ურევენ

ფტორიდების ძირითადი კინეტიკური მახასიათებლები და მათი იზოლირებისა და იდენტიფიკაციის მეთოდები მოცემულია ცხრილში 10.2.

ცხრილი 10.2. ფტორიდების ძირითადი კინეტიკური მახასიათებლები, მათი იზოლირების და იდენტიფიკაციის მეთოდები

ორგანიზმში ქცევის პროცესები და ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ეტაპები	ორგანიზმში ქცევის კანონზომიერებანი, იზოლირების და აღმოჩენის მეთოდები
ორგანიზმში მოხვედრა	პირით, სასუნთქი ორგანოებით, ლორწოვანი გარსებით
განაწილება	ძვლოვან ქსოვილებში, ღვიძლში
დაგროვება	ფრჩხილებში, კბილებში, ძვლოვან ხრტილებში
გამოყოფა	შარდით, განავლით
ბიომასალიდან იზოლირება	დანაცრება კალციუმის ოქსიდის, ამონიუმის ნიტრატის ან კონცენტრირებული აზოტმჟავის თანაობისას
ა ღ მ ო ჩ ე ნ ა	– შუშის ამოჭმის რეაქცია – სილიციუმის მჟავას გამოყოფის რეაქცია – ცირკონალიზარინულ ქაღალდთან რეაქცია

§2. სილიციუმფტორის მარილები (ფტორსილიკატები)

ნატრიუმის სილიციუმ ფტორიდი (Na_2SiF_6). აქროლების დროს თავისუფალი სილიციუმფტორიდის მჟავა იშლება ფტორის მჟავად და სილიციუმის ფტორიდად:

$$H_2SiF_6 \rightarrow 2HF + SiF_4$$

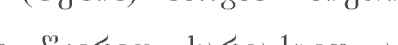
მშრალი სილიციუმფტორის მარილები გაცხელებისას იშლება ფტორის მარილებად და სილიციუმ ფტორად:

$Na_2SiF_6 \rightleftarrows 2NaF+SiF_4$

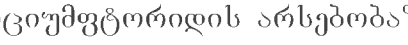
ძნელადხსნადი მარილებია $BaSiF_6$ (1:3731 17°C) და K_2SiF_6 (1:833 17°C-ზე).

<u>თვისობრივი აღმოჩენა:</u>

1. სილიციუმფტორიდის ხსნარს ამატებენ ბარიუმის ქლორიდის ხსნარს. კრისტალურ ნალექს გაფილტრავენ და აშრობენ ჰაერზე.
2. ბარიუმის სილიციუმფტორიდის მშრალ მარილს ათავსებენ პლატინის ტიგელში და მაზე დაასხამენ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას:



$BaSiF_6+H_2SO_4 \rightleftarrows BaSO_4+H_2SiF_6$



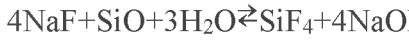
$H_2SiF_6 \rightleftarrows 2HF+SiF_4$

მინის (შუშის) ამოჭმა მიუთითებს ხსნარში ფტორწყალბადმჟავას არსებობაზე, ხოლო წკირით სარეაქციო არესთან მიტანილი წყლის წვეთის შემღვრევა – სილიციუმფტორიდის არსებობაზე:

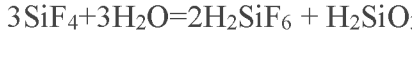
$3SiF_4+3H_2O \rightleftarrows H_2SiO_3+ 2H_2SiF_6$

რეაქცია ტარდება პლატინის ტიგელში, რადგან მინის სინჯარაში ფტორიდების არსებობისას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სილიციუმფტორიდის წარმოქმნას.

3. მარილის ხსნარზე ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარის დამატება იწვევს სილიციუმის მჟავას ნალექის წარმოქმნას:



$NaHF_2 \rightleftarrows NaF+HF$



$4NaF+SiO+3H_2O \rightleftarrows SiF_4+4NaOH+H_2\uparrow$

$3SiF_4+3H_2O=2H_2SiF_6 + H_2SiO_3$ (კვალი ხსნარში)

$Na_2SiF_6+4NaOH \rightleftarrows 6NaF+ H_2SiO_3+H_2O$

$2H_2SiF_6 +2NaOH \rightleftarrows Na_2SiF_6+H_2O$

ფტორწყალბადმჟავას წარმოებულებით მოწამვლები უმეტეს შემთხვევაში განპირობებულია ყოფაცხოვრებაში სხვა მარილების ნაცვლად მათი შეცდომით გამოყენებით. ხშირია ცხოველების მოწამვლაც, ადამიანისთვის ტოქსიკური დოზაა 0.012გ, სასიკვდილო – 10გ (ო.ი. გლაზოვა).

ფტორიდებით მოწამვლების დიაგნოსტიკა ძნელია, რადგან მათი კლინიკა და პათოლოგანატომიური სურათი არ არის დამახასიათებელი. შეიმჩნევა მხოლოდ ადგილობრივი ანთებითი პროცესებისთვის დამახასიათებელი ნიშნები.

§3. გოგირდწყალბადი (H_2S)

გოგირდწყალბადის ტოქსიკურ მოქმედებას ადგილი აქვს ჰაერში მისი 0.06% კონცენტრაციით არსებობის დროს. დიდი კონცნეტრაციების (1.2-1.8 მგ 1 ლ ჰაერში) შემთხვევაში შეიძლება განვითარდეს სასიკვდილო მოწამვლები.

H_2S აირია, აქვს როგორც ადგილობრივი, ასევე ზოგადი – ტოქსიკური მოქმედება. H_2S-ის 0.02-0.2მგ/ლ კონცენტრაციების დროს უკვე ჩნდება ინტოქსიკაციის სიმპტომები; 1.2მგ/ლ კონცენტრაციის დროს ვითარდება ელვისებური სიკვდილი.

<u>მოწამვლის კლინიკური სურათი</u>: H_2S-ით ინჰალაციური მოწამვლისას სიმპტომატიკა დამოკიდებულია მის კონცენტრაციაზე. მაგალითად H_2S-ის ორთქლის 0.07მგ/ლ-ზე კონცენტრაციის შესუნთქვისას ადგილი აქვს გულისრევას, თავის ტკივილს, თავბრუსხვევას, ზოგად სისუსტეს, ცრემლდენას, კონიუქტივიტს, ხველას, ხმის ჩახრინწვას. გათვალისწინებული უნდა იყოს, რომ H_2S-ის ორთქლის შესუნთქვისას ზოგჯერ ვითარდება ფილტვების შეშუპება. 0.7მგ/ ლ-ზე კონენტრაციის შესუნთქვას მივყავართ გრძნობის დაკარგვამდე, სუნთქვის დათრგუნვამდე და სიკვდილამდე.

<u>გადაუდებელი დახმარება</u> - პირველ რიგში უნდა შევწყვიტოთ შხამის ორგანიზმში მოხვედრა. თუ ადგილი აქვს სუნთქვის შესუსტებას ან შეწყვეტას გამოყენებული უნდა იქნეს სუნთქვის ხელოვნური აპარატით ჟანგბადით მიწოდება. თუ შხამი მოხვედრილია პერორალურად, ახდენენ კუჭის ამორეცხვას $NaHCO_3$ ნაჯერი ხსნარით კუჭის მჟავიანობის შესამცირებლად და სწრაფად შეწოვადი H_2S ახალი ულუფის წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად. ამის შემდეგ ავადმყოფს აძლევენ მარილოვან საფაღარათოს. ნაჩვენებია ასკორბინის მჟავასთან ერთად 40 % გლუკოზის ხსნარის, ასევე გულ-სისხლძარღვთა საშუალებების შეყვანა ვენაში. კრუნჩხვების განვითარებისას – კრუნჩხვების საწინააღმდეგო საშუალებების მიღება. მოწამვლის გადატანის შემდეგ ნაჩვენებია მკაცრი წოლითი რეჟიმი 3-4 დღის განმავლობაში.

<u>H_2S- ის აღმოჩენა ბიოლოგიურ მასალაში</u> - H_2S-ით გამოწვეული მოწამვლების დროს გვამის ორგანოებში მისი ქიმიური აღმოჩენა არ არის შესაძლებელი ცილების დაშლისას მისი წარმოქმნის გამო. გამონაკლისია შემთხვევა როცა

მოწამვლა ახალგანვითარებულია. ამ დროს კვლევის ობიექტში ამიაკის არ არსებობა და H_2S-ის დიდი როდენობით შემცველობა, მიუთითებს H_2S-ით მოწამვლაზე.

<u>აღმოჩენა ბიოლოგიურ მასალაში</u> – ქიმიური გამოკვლევებისას, გვამის შინაგან ორგანოებს ათავსებენ კოლბში, თავზე ახურავენ თავსახურს, რომლის ქვედა ზედაპირზე მიმაგრებულია 2 ფილტრის ქაღალდის ზოლი: ერთი შესველებული ტყვიის აცეტატის ტუტიანი ხსნარით H_2S-ის აღმოსაჩენად და მეორე წითელი ლაკმუსის ქაღალდი ამიაკის არსებობის დასადგენად და ხრწნის პროცესის დასამტკიცებლად. ჰაერით გაჯერებული სისხლის სპექტროსკოპული გამოკვლევისას, *ოქსიჰემოგლობინის ორი ზოლის გარდა, შეიძლება შემჩნეული იქნას ახალი ზოლი სპექტრის წითელ ნაწილში C და O ხაზებს შორის.*

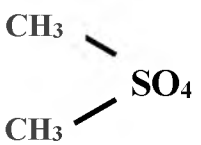
სპექტროსკოპული გამოკვლევა დამამტკიცებელი საბუთია მხოლოდ მაშინ, როდესაც სიკვდილი განვითარდა H_2S-ის შესუნთქვის შედეგად, ხოლო გამოკვლევა ჩატარდა სიკვდილის დადგომიდან რამდენიმე საათში, რადგან შემდგომ პერიოდში დამახასაითებელი სპექტრი ქრება. სისხლში H_2S-ის მცირე რაოდენობის არსებობისას, აღწერილი სპექტრი შეიძლება არც იყოს შემჩნეული.

<u>ჰაერში H_2S-ის აღმოჩენა</u> პირველ რიგში შეიძლება მისი დამახასითებელი სუნით. გარდა ამისა სათავსოში სადაც განვითარდა მოწამვლა, ჰკიდებენ ტყვიის აცეტატის ტუტიან ხსნარში შესველებულ ფილტრის ქაღალდებს. ქაღალდების გაშავების სისწრაფისა და ინტენსივობის მიხედვით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ და შევაფასოთ H_2S-ის რაოდენობა ჰაერში (ბევრია, ცოტაა თუ კვალის სახითაა).

H_2S-ის აღმოსაჩენად აგრეთვე იყენებენ ამიაკის ხსნარით შეტუტიანებული ნატრიუმის ნიტროპრუსიდის ($Na_2[Fe(CN)_5NO]$) განზავებული ხსნარით შესველებულ ქაღალდებს. H_2S-თან ურთიერთმოქმედებისას ქაღალდები იძენენ იისფერ-ვარდისფერ შეფერილობას.

<u>H_2S-ის რაოდენობრივი შემცველობის განსაზღვრა ჰაერში ემყარება</u> Ag_2S-ის მიღებას და განსაზღვრას. AgS-ის რაოდენობის მიხედვით, ხსნარი ღებულობს მეტად ან ნაკლებად ინტენსიურ მურა ფერს.

§4. დიმეთილსულფატი



დიმეთილსულფატი წარმოადგენს სითხეს დუღილის ტემპერატურით 188°C, 20°C-ზე ქროლდება 3.3მგ/ლ. გამოიყენება საღებავების და სხვა ნივთიერებების წარმოებაში.

ნესტის ზემოქმედებით განიცდის ჰიდროლიზს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მეთილის სპირტი და გოგირდმჟავა. იგი აღიზიანებს თვალებს და ზემო სასუნთქი გზების ლორწოვან გარსს. ყველაზე ხშირად ამ ნივთიერებით გამოწვეული სიკვდილის მიზეზი არის ფილტვების შეშუპება. კანზე მოხვედრისას იწვევს ნეკროზს, შესაძლებელი კანის გზით მოხვდეს სისხლში. დიმეთილსულფატის სასიკვდილო დოზაა 1-5 გ დაახლოებით 70 კგ წონის ადამიანზე. მოწამვლა შეიძლება განვითარდეს მისი ორთქლის ჩასუნთქვით და კანის გზით შეწოვისას.

<u>მოწამვლის კლინიკური სურათი</u> – დიმეთილსულფატის ორთქლის ზემოქმედების შედეგად ძალიან ღიზიანდება თვალები, ცხვირის და საყლაპავის ლორწოვანი გარსები. აღინიშნება ცრემლდენა, ჰიპერემია, ცოტა მოგვიანებით ვითარდება ფილტვების შეშუპება, ადგილი აქვს ღვიძლის და თირკმელების დაზიანებას. შარდში ჩნდება ერითროციტები და ცილა.

<u>გადაუდებელი დახმარება და მკურნალობა</u> – დაზარალებული უნდა მოვაშოროთ მოწამვლის არიდან და ლორწოვანი გარსები გამოვრეცხოთ წლის დიდი რაოდენობით. სუნთქვის დარღვევისას უნდა ვასუნთქოთ ჟანგბადი, საჭიროა მკაცრი წოლითი რეჟიმი და სამედიცინო დაკვირვების ქვეშ ყოფნა.

§5. გოგირდნახშირბადი (CS_2)

გოგირდნახშირბადი – CS_2 სითხეა, რომელიც დუღს 42°C და ალდება 117°C, ორგანიზმში მოხვედრისას, მისი 1 გ წარმოადგენს სასიკვდილო დოზას 70 კგ წონის ადამიანისთვის. შეიძლება გამოიწვიოს, როგორც ინჰალაციური, ასევე პერორალური მოწამვლა.

<u>CS_2-ის ორთქლის შესუნთქვისას</u>, 0.3-დან 3მგ/ლ კონცენტრაციით ვითარდება ლორწოვანი გარსების გაღიზიანება, გულისრევა, ღებინება, თავის ტკივილი, გრძნობის დაკარგვა და სიკვდილი სუნთქვის დამბლის გამო. თუ ავადმყოფი არ დაიღუპა, გამოჯანმრთელების პერიოდში აღინიშნება გაღიზიანებადობა და ფსიქიკური დარღვევები. CS_2 შეიძლება გახდეს, ქრონიკული მოწამვლის მიზეზიც. ამ დროს აღინიშნება სხვადასხვა სიმპტომები, რომლებიც მიუთითებენ ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებაზე. კანთან შეხებისას მან შესაძლოა გამოიწვიოს დამწვრობა.

§6. მეთილმერკაპტანი (CH_3SH) და ეთილმერკაპტანი (C_2H_5SH)

მეთილმერკაპტანი და ეთილმერკაპტანი წარმოადგენს აირებს, რომელთა შესუნთქვისას ვითარდება მოწამვლა. იწვევენ ციანოზს, ცხელებას, კრუნჩხვებს და კომას. ამ ნივთიერებათა ტოქსიკური კონცენტრაციები მნიშვნელოვნად სჭარბობს კონცნტრაციებს, რომლებსაც ახასიათებთ მკვეთრი სუნი. აღნიშნულიდან გამომდინარე მეთილმერკაპტანით და ეთილმერკაპტანით მოწამვლა ნაკლებად მოსალოდნელია.

§7. ჰალოგენები (ქლორი, ბრომი, იოდი)

ჰალოგენების ჯგუფის ნივთიერებებიდან მხოლოდ ქლორი არის აირი. ბრომი უაღრესად აქროლადი სითხეა, ამიტომ მოწამვლას იწვევს მისი ორთქლი. იოდი კი კრისტალური ნივთიერებაა, გამოიყენება სპირტხსნარის სახით. მოწამვლა შეიძლება გამოიწვიოს როგორც მისმა ნაყენმა, ასევე იოდის ორთქლმაც.

<u>ქლორი -</u> თავისუფალი ქლორი ფართოდ გამოიყენება ტექნიკაში. ქლორის იონი შედის რეაქციაში ორგანიზმში არსებულ ნაერთებთან და წარმოქმნის ქლორწყალბადმჟავას მარილებს, რომლებიც ორგანიზმის ნორმალური შემადგენელი ნაწილებია. წყალი ქლორზე ძალიან ნელა მოქმედებს, მაგრამ ადვილად დაჟანგვადი ნივთიერებების თანაობისას ქლორი ძალიან სწრაფად განიცდის ჰიდროლიზს, რაც განაპირობებს დაჟანგვის პროცესს.

$$Cl_2+H_2O \rightarrow HCl+HOCl$$

ამასთან დაკავშირებით თავისუფალი ქლორის აღმოჩენა გვამის შინაგან ორგანოებში შეუძლებელია. ზოგჯერ, გარდაცვალებიდან პირველი ორი დღის განმავლობაში გვამისთვის დამახასიათებელია ქლორის სუნი. სავარაუდოდ ეს განპირობებულია ქლორის ჰიდროლიზის პროდუქტებით – ქლორწყალბადმჟავითა და ქვექლოროვანი მჟავით, ან მისი მარილებით, რომლებიც ადვილად განიცდიან ჰიდროლიზს. მათ ახასიათებთ ქლორის სუნი. ეს შუალედური პროდუქტები – ქვექლოროვანი მჟავას მარილები ე.წ. ჰიპოქლორიტები სწრაფად ქრებიან,

<u>ქვექლოროვანი მჟავას აღმოსაჩენად,</u> რასაც ადგილი აქვს ქლორით, ან მათეთრებელი კირით (ქვექლოროვანი კირის, კალციუმის ქლორიდის და კალციუმის ჰიდროქლორიდის ნარევი) მოწამვლისას, გამოსაკვლევ ობიექტს

აწვრილმანებენ, ათავსებენ კოლბში, კოლბს თავზე ახურავენ ორმილიან საცობს. ნახშირორჟანგის მისაღებად, პირველ შუშაში ასხამენ წყალს, ხოლო მეორეში ვერცხლის ნიტრატის ($AgNO_3$) ხსნარს. მეორე მილი, რომელიც მოთავსებულია *სადგამის ქვეშ*, შეერთებულია დრექსელის ორ შუშასთან, რომლებიც შეიცავენ კალიუმის იოდიდის ხსნარს შერეულს სახამებლის ბუბკოსთან. კოლბს ობიექტით სუსტად აცხელებენ წყლის აბაზანაზე და მასში ფრთხილად უშვებენ ნახშირორჟანგს (CO_2). თუ არ წარმოიქმნა ლურჯი შეფერილობა, ეს მიუთითებს, რომ ობიექტში არ არის არც ქვექლოროვანი მჟავა და არც ქლორი, ბრომი და იოდი. ლურჯი შეფერვის გაჩენისას CO_2-ის ნაკადს ატარებენ ისევ წყალში, რომელიც შეიცავს გოგირდმჟავას (წყალს აჯერებენ გოგირდოვანი ანჰიდრიდით):

$$NaHSO_3 + H_2SO_4 \rightleftarrows NaHSO_3 + H_2SO_3$$

CO_2-ის გატარების დამთავრების შემდეგ სითხეს შეათბობენ გოგირდოვანი მჟავას ნაჭარბის მოცილებამდე და ხსნარში აღმოაჩენენ ქლორის იონს ვერცხლის ნიტრატის დახმარებით. მიღებული ნალექის (ან შემღვრევის) ფერს ადარებენ ვერცხლის ქლორიდის ნალექის (ან სიმღვრივის) ფერს. გამოყოფილ ჟანგბადს გოგირდოვანი მჟავა გადაჰყავს გოგირდმჟავაში.

<u>ქლორის რაოდენობრივ განსაზღვრა</u> შესაძლებელია არგენტომეტრული ტიტვრის მეთოდით.

<u>ქლორის აღმოჩენა ჰაერში</u>:

1. ქლორის შემცველ ჰაერს ატარებენ კალიუმის იოდიდის ხსნარში, რომელიც შეიცავს სახამებლის ბუბკოს. ხსნარი ლურჯდება იოდის გამოყოფის გამო:

$$Cl_2 + 2KI \rightarrow 2\,KCl + I_2$$

ასეთ გალურჯებას განაპირობებენ სხვა ჰალოგენებიც (Br_2, I_2), აგრეთვე აზოტის ოქსიდები და ოზონი.

2. ქლორი ურთიერთქმედებს ორთოტოლუიდინთან; რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება პროდუქტი, რომელიც ხსნარს შეფერავს ყვითლად.

§8. ქლორამინები

ქლორამინები წარმოადგენენ პარასულფონმჟავას ამიდებს ტოლუოლთან ან ბენზოლთან, რომელშიც ამიდოჯგუფის წყალბადის ერთი ან ორი ატომი არის ჩანაცვლებული ქლორის ატომით და ჰიდროლიზისას იძლევა ქვექლოროვან მჟავას – ძლიერ დამჟანგველს.

$CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_2NCl_2+2H_2O= CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot SO_2NH_2+2HOCl$

ქლორამინები – კრისტალური ნაერთებია, იხსნებიან წყალში (ჰიდროლიზს განიცდიან ნელა) და ეთილის სპირტში. სპირტიანი ხსნარები იწვევენ მოწამვლას, სპირტიანი სასმელების მაგივრად შეცდომით, მათი გამოყენების შედეგად.

<u>თვისობრივი აღმოჩენა:</u>

1. ქლორამინის ხსნარზე კალიუმის იოდიდის დამატებისას გამოიყოფა იოდი.
2. ქლორამინის ხსნარს წინასწარ იკვლევენ ვერცხლის ნიტრატის რეაქციით ქლორ იონის არსებობაზე, შემდეგ ამატებენ გოგირდოვანი ანჰიდრიდით გაჯერებულ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარს, შეამჟავებენ აზოტმჟავით და ამატებენ ვერცხლის ნიტრატს - წარმოიქმნება თეთრი, ხაჭოსებრი ნალექი, რომელიც არ იხსნება აზოტმჟავაში.

ქლორამინების აღმოჩენა გვამში თითქმის შეუძლებელია, რადგან მათი ჰიდროლიზის პროდუქტი – ქვექლორმჟავა ორგანიზმში აღდგება ქლორ იონად. შეიძლება ვცადოთ HOCl-ის გადადენა ნახშირორჟანგის ნაკადით.

<u>**ბრომი**</u> **-** ბრომის ორთქლით მწვავე მოწამვლები უფრო იშვიათად გვხვდება, ვიდრე ქლორით. ბრომით მოწამვლას უმეტეს შემთხვევაში ადგილი აქვს ლაბორატორიაში, მასთან გაუფრთხილებლად მოქცევის შემთხვევაში. ბრომით ქრონიკული მოწამვლის შემთხვევები არ არის აღწერილი. ეს შესაძლოა განპირობებული იყოს მისი შედარებით ნაკლები შხამიანობით, უმეტესად კი ბრომთან იშვიათად მუშაობის გამო.

გვამის შინაგან ორგანოებში თავისუფალ ბრომს იშვიათად აღმოაჩენენ. ბრომი ორგანიზმის შემადგენელი ნაწილია, მაგრამ მისი რაოდენობა არ აღემატება მილიგრამის მეათედ ნაწილს. ეს საშუალებას იძლევა ბრომის მარილები განსაზღვრული იქნას გვამის შინაგან ორგანოებში მოწამვლის შემდეგ ან სამკურნალო საშუალების სახით მათი მიღების შემდეგ. ბრომიდების გამოკვლევას აწარმოებენ მხოლოდ სამედიცინო დაწესებულებების და სასამართლო-საგამოძიებო ორგანოების მოთხოვნისას, საქმის ვითარებიდან გამომდინარე.

<u>თვისობრივი აღმოჩენა:</u> 1) ბრომის ორთქლს ჰაერის საშუალებით გამოდევნიან ობიექტიდან და შემდგომში ხდება მისი შთანთქმა სახამებლის ბუბკოს შემცველ კალიუმის იოდიდის ხსნარში (ბრომის არსებობის შემთხვევაში ადგილი აქვს იოდის გამოძევებას რაც იწვევს სახამებლის გალურჯებას).

ანალოგიური პროცესი შეიძლება გამოიწვიოს ქლორმა, იოდმა, აზოტის ოქსიდებმა. რეაქციას მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ უარყოფითი შედეგის მიღების დროს.

2) ფენოლის ხსნართან ბრომი წარმოქმნის ტრიბრომფენოლის თეთრ ნალექს ან შემღვრევას.

გვამის შინაგან ორგანოებში, შარდში და სხვა ობიექტებში ბრომიდების აღმოსაჩენად მათ კარგად (ძლიერად) ატუტიანებენ მწვავე ნატრიუმით, ააქროლებენ, გამოაშრობენ და წვავენ რაც შეიძლება დაბალ ტემპერატურაზე. ნაცარს წვლილავენ ცხელი წყლით. გამონაწვლილს აქროლებენ მცირე მოცულობამდე.

1. გამონაწვლილის ნაწილს ურევენ 5-10 მლ ქლორიან წყალს და ქლოროფორმს. ქლოროფორმის ფენა იფერება ყვითლად ან მურა ყვითლად ბრომის დიდი რაოდენობით შემცველობის დროს.

2. გამონაწვლილის მეორე ნაწილს აქროლებენ 1 მლ-მდე. მოათავსებენ პატარა სინჯარაში, შეურევენ 1 გ მოსრესილ კალიუმის ბიქრომატს და გამყოფი ძაბრიდან ფრთხილად წვეთობით დაამატებენ 10 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას, სინჯარას თავზე ახურავენ ფლუორესცეინის განზავებული ტუტიანი ხსნარით შესველებულ ფილტრის ქაღალდს – მიიღება ვარდისფერი ან წითელი შეფერვა (ეოზინის წარმოქმნა).

ჰაერში <u>ბრომის ორთქლის რაოდენობრივი</u> განსაზღვრისთვის, იქცევიან ისევე, როგორც ქლორის შემთხვევაში.

<u>იოდი -</u> <u>თვისებითი აღმოჩენა</u> – სასიკვდილო მოწამვლებისას თავისუფალი იოდი შეიძლება აღმოჩენილი იქნას წინასწარი სინჯებით მხოლოდ გამონაკლის შემთწვევაში. გამოკვლევებისას საუკეთესო ობიექტს წარმოადგენს ახალნაღებინები მასა. თავისუფალი იოდის ორთქლი ობიექტისაგან შეიძლება გამოძევებული იქნას მისი სუსტად გაცხელების გზით, ორთქლს შთანთქავენ განზავებული სახამებლის ბუბკოთი, რომლის გალურჯება მიუთითებს ობიექტში იოდის არსებობაზე.

თავისუფალი იოდი ადვილად უერთდება ცილებსა და ტუტეებს. ბიოლოგიურ მასალაში იოდის მარილების აღმოსაჩენად მას ატუტიანებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდით და წვავენ. დაწვის შემდეგ დარჩენილ ნაცარს წვლილავენ ცხელი წყლით, ხსნარს ფილტრავენ, აქროლებენ მცირე მოცულობამდე, ამატებენ ნატრიუმის ნიტრიტის ხსნარს, შეამჟავებენ განზავებული გოგირდმჟავით და შეთბობით გადადენიან იოდს სახამებლის ბუბკოს ხსნარში ან ქლოროფორმში.

სახამებლის ბუბკოს ათავსებენ დრექსელის ორ შუშაში; მეორე შუშას იყენებენ შთანთქმის საკონტროლოდ. სახამებლის ბუბკოთი შთანთქმულ იოდს ტიტრავენ 0.1 N ან 0.01 N ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარით. მცირე რაოდენობით არსებობისას საზღვრავენ კოლორიმეტრულად, ადარებენ რა იოდის შესაბამის ხსნარს.

იოდს შეიცავს ფარისებრი ჯირკვალი და უმნიშვნელო რაოდენობით სხვა ორგანოებიც. იოდით მოწამვლის დროს გამოსაკვლევ ობიექტში იოდი აღმოჩნდება იოდიდების სახით ნორმაზე მეტი რაოდენობით.

<u>იოდის ლაქების გამოკვლევა თავისუფალ იოდის არსებობაზე</u> – იოდით მოწამვლაზე ეჭვის დროს საკვლევი ობიექტზე, თეთრეულზე, კანზე და ა.შ შესაძლებელია იყოს მურა ფერის ლაქები. იოდით გამოწვეული ლაქები ქრება ამიაკის, ნატრიუმის ჰიდროქსიდის, ნატრიუმის თიოსულფატის ხსნარით ზემოქმედებით და ლურჯდება სახამებლის ბუბკოს ზემოქმედებით.

იოდიდების აღმოჩენა შარდში: შარდის 20-100 მლ ამჟავებენ განზ. გოგირდმჟავით, ამატებენ ნატრიუმის ნიტრიტს და შეანჯღრევენ ქლოროფორმის მცირე რაოდენობასთან ერთად. მიიღება იისფერი შეფერილობა. რეაქციის უფრო მაღალი მგრძნობელობისათვის შარდს წინასწარ ასქელებენ, რაც შეიძლება მცირე მოცულობამდე და შეტუტიანების შემდეგ აქროლებენ, დარჩენილ ნაშთს წვავენ და იქცევიან ისე, როგორც გვამის შინაგანი ორგანოების გამოკვლევისას.

თავი 11.

შხამები, რომლებსაც საზღვრავენ უშუალოდ ბიოლოგიურ მასალაში ობიექტებიდან მათი გამოყოფის გარეშე

ზოგიერთი ტოქსიკური ნივთიერების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზს ხშირად ატარებენ მათი ბიოლოგიური მასალიდან წინასწარი გამოყოფის (იზოლირების) გარეშე, ე.ი. ატარებენ უშუალოდ ბიოლოგიურ მასალაში.

ნივთიერებების რიცხვი, რომელთა აღმოჩენას და რაოდენობრივ განსაზღვრას ატარებენ უშუალოდ ბიოლოგიურ მასალაში ძალიან შეზღუდულია. მათ რიცხვს მიეკუთვნება ნახშირბადის (II) ოქსიდი (CO), ე.წ. "მხუთავი გაზი" და ზოგიერთი სხვა ნივთიერება.

"მხუთავ გაზზე" გამოსაკვლევ ობიექტს ძირითადად წარმოადგენს გვამის სისხლი და ჰაერი, რომელიც მას შეიცავს, კერძოდ სამრეწველო ობიექტების და საცხოვრებელი ბინების ჰაერი.

§1. ნახშირბადის (II) ოქსიდი – CO

ნახშირბადის (II) ოქსიდი ნახშირწყალბადების, ხის, ქვის ნახშირის და მრავალი სხვა საწვავის არასრული წვის პროდუქტია.
ის შედის ავტომობილების გამონაბოლქვში, დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება ხანძრის, აფეთქების და ა.შ. შემთხვევებში. ხშირია მოწამვლები ცუდი ვენტილაციის მქონე სათავსოებში.

ნახშირბადის (II) ოქსიდი უფერო, უსუნო აირია, რომლის ნარევი ჰაერთან ფეთქებადია ოთახის ტემპერატურაზე, როცა მასში CO შემცველობა 16-75% კონცენტრაციის ფარგლებშია.

CO სისხლში ხვდება სასუნთქი გზებით და სისხლის ჰემოგლობინთან (Hb) წარმოქმნის საკმაოდ მტკიცე ნაერთს – კარბოქსიჰემოგლობინს (COHb). CO-ს კავშირი ჰემოგლობინთან 300-ჯერ უფრო მდგრადია, ვიდრე ჰემოგლობინის კავშირი ჟანგბადთან.

ნახშირბადის (II) ოქსიდით მოწამლული ადამიანების სისხლში არის ჰემოგლობინის შემდეგი ნაერთები: ჰემოგლობინი, რომელიც არ არის დაკავშირებული ჟანგბადთან და CO-თან, ანუ ე.წ. დეზოქსიჰემოგლობინი (Hb), ოქსიჰემოგლობინი (OHb) ანუ ჰემოგლობინი, რომელიც დაკავშირებულია ჟანგბადთან და კარბოქსიჰემოგლობინი (COHb) ანუ ჰემოგლობინი, რომელიც დაკავშირებულია

CO-თან. გარდა ამისა სისხლი შესაძლოა შეიცავდეს მეტჰემოგლობინის (MtHb) გარკვეულ რაოდენობას. მოწამვლებისას მეტჰემოგლობინი არ უკავშირდება CO-ს.

ნახშიბადის (II) ოქსიდის ქცევის ძირითადი კანონზომიერებანი და ტოქსიკური მოქმედება მოცემულია ცხრილში 11.1.

ამრიგად, CO-თი მოწამლული ადამიანების ქსოვილები შეიცავენ დეზოქსიჰემოგლობინს – Hb, ოქსიჰემოგლობინს – OHb და კარბოქსიჰემოგლობინს – CO-Hb. **სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის აღმოჩენა CO-თი მოწამვლის დამადასტურებელია**.

კარბოქსიჰემოგლობინის აღმოსაჩენად და რაოდენობირივი განსაზღვრისათვის გამოიყენება სპექტროსკოპიული, სპექტროფოტომეტრიული, ფოტოკოლორიმეტრიული, გაზურ-ქრომატოგრაფიული, ქიმიური და სხვა მეთოდები.
სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის რაოდენობითი განსაზღვრისათვის უმეტესად გამოიყენება სპექტროფოტომეტრიული და გაზურ-ქრომატოგრაფიული მეთოდები.

ცხრილი 11.1. ნახშიბადის (II) ოქსიდის ("მხუთავი გაზის") ქცევის ძირითადი კანონზომიერებანი და ტოქსიკური მოქმედება

პროცესი	მოქმედება
ორგანიზმში მოხვედრის გზები	სასუნთქი ორგანოებიდან
ქცევა	სისხლის ჰემოგლობინთან წარმოქმნის კარბოქსიჰემოგლობინს
გამოყოფის გზები	სასუნთქი ორგანოებიდან
ტოქსიკური მოქმედება	იწვევს მწვავე ჰემიკურ ჰიპოქსიას. ტოქსიკური მოქმედება დამყარებულია სისხლის ჰემოგლობინის ურთიერთქმედებაზე CO-თან და კარბოქსიჰემოგლობინის პათოლოგიური სეგმენტის წარმოქმნაზე, რომელსაც არა აქვს ჟანგბადის გადატანის უნარი; უერთდება ქსოვილის სუნთქვით ფერმენტს, რომელიც შეიცავს Fe^{2+}.
მოწამვლის ძირითადი მიზეზები	ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვი აირების, ყოფაცხოვრებაში არასწორი (გაუმართავი) გამათბობლების ექსპლუატაციის და ხანძრის დროს მავნე აირების შესუნთქვა

§2. ნახშირბადის (II) ოქსიდის – CO – აღმოჩენა სისხლში სპექტროსკოპიული მეთოდით

CO-თი მოწამლული პირების სისხლში არსებული ჰემოგლობინი მთლიანად არ გარდაიქმენება კარბოქსიჰემოგლობინად. სიკვდილი დგება ბევრად უფრო ადრე, ვიდრე ოქსიჰემოგლობინი სრულად გარდაიქმნება კარბოქსიჰემოგლობინად. კარბოქსიჰემოგლობინის აღმოჩენა სისხლში შესაძლებელია **სპექტროსკოპით**, რომელიც წარმოადგენს ხელსაწყოს რიგი ნივთიერებების, მათ შორის კარბოქსიჰემოგლობინის, ვიზუალური სპექტრული განსაზღვრისათვის.

სპექტროსკოპში სისხლის დათვალიერებისას აღინიშნება ხაზები და ზოლები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან გაკეთდეს დასკვნა კარბოქსიჰემოგლობინის არსებობაზე ან მის არარსებობაზე.

გამოსაკვლევ სისხლს ანზავებენ წყლით მანამ, სანამ არ მიიღებენ ღია ვარდისფერ ხსნარს. ამ ხსნარის სპექტროსკოპიული გამოკვლევისას ნათლად ჩანს შესაბამისი სპექტრული ზოლები.

სისხლის ოქსიჰემოგლობინს აქვს შთანთქმის ორი ზოლი, ფრაუნჰოფერის* D და E ხაზებს შორის – 577-589 ნმ და 536-556 ნმ ტალღებს შორის. კარბოქსიჰემოგლობინს აქვს შთანთქმის ორი ზოლი 564-576 ნმ და 523-536 ნმ ტალღებზე.

გამოსაკვლევი სისხლის წყლიანი ხსნარის 4 მოცულობაზე ერთი მოცულობა ახლად მომზადებული ამონიუმის სულფიდის ($(NH_4)S$-ის) ან სხვა აღმდგენელების (ჰიდრაზინჰიდრატის, ნატრიუმის დითიონიტის – ($Na_2S_2O_4 \cdot 2H_2O$) და სხვების) ხსნარების დამატების შემდეგ ოქსიჰემოგლობინი (OHb) გარდაიქმნება დეზოქსიჰემოგლობინად (Hb), რომლის სპექტრში არის შთანთქმის ერთი ფართო ზოლი 543 ნმ – 596 ნმ ტალღებზე.

კარბოქსიჰემოგლობინი ამონიუმის სულფიდით და სხვა აღმდგენელებით არ აღდგება, ამიტომ აღმდგენელების დამატების შემდეგ კარბოქსიჰემოგლობინის შთანთქმის ზოლები არ ქრება.

ამრიგად, ამონიუმის სულფიდის სისხლზე დამატების შემდეგ, რომელიც თავის მხრივ შეიცავს ოქსი- და კარბოქსიჰემოგლობინებს, რჩება მხოლოდ კარბოქსიჰემოგლობინის ორი ზოლი, მაგრამ ქრება ოქსიჰემგლობინის შთანთქმის ზოლები და მათ ნაცვლად სპექტრში ჩნდება დეზოქსიჰემოგლობინის შთანთქმის ფართო ზოლი. სისხლის სპექტრში შთანთქმის შესაბამისი ზოლების არსებობის მიხედვით აკეთებენ დასკვანას CO-თი მოწამვლის შესახებ.

სპექტრული მეთოდი ამართლებს თავის დანიშნულებას ისეთი სისხლის გამოკვლევისას, რომელიც კარბოქსიჰემოგლობინს შეიცავს 10-30%-ის რაოდენობით.

§3. ნახშირბადის (II) ოქსიდის – CO – აღმოჩენა სისხლში ქიმიური მეთოდებით

ნახშირბადის (II) ოქსიდის სისხლში აღმოჩენის ქვემოთ აღწერილი მეთოდები დამყარებულია ნორმალური სისხლის ფერის შედარებაზე კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლის ფერთან, რომელიც წარმოიქმნება მათზე შესაბამისი რეაქტივების დამატების შემდეგ.

კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლი ჩამოთვლილი რეაქტივების დამატების შემდეგ არ იცვლის ფერს (ან უმნიშვნელოდ იცვლება), მაშინ როდესაც ნორმალური სისხლი, რომელიც არ შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინს, ამ რეაქტივების ზემოქმედებისას მნიშვნელოვანად იცვლის შეფერილობას.

კარბოქსიჰემოგლობინზე მოყვანილი ყველა რეაქციის ჩატარებისას პარალელურად ატარებენ ორ ცდას: პირველი ცდის ჩასატარებლად იღებენ ნორმალურ სისხლს და ნახშირბადის (II) ოქსიდით მოწამლული პირის სისხლს. ორივეს ამატებენ ერთნაირი მოცულობის რეაქტივებს და აკვირდებიან ფერის შეცვლას ორივე შემთხვევაში:

<u>1. ჰოპპე-ზეილერის სინჯი</u> – <u>რეაქცია ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნართან</u>: სისხლის გარკვეულ რაოდენობას ამუშავებენ თანაბარი ან ორმაგი რაოდენობა ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 30%-იანი ხსნარით. სისხლი, რომელიც შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინს რჩება მკვეთრად წითელი, ხოლო სისხლი, რომელიც არ შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინს ხდება მურა ფერის - მუქდება.

აღსანიშნავია, რომ გახრწნისას ფერშეცვლილმა სისხლმა ტუტის მოქმედებით შეიძლება მიიღოს მკვეთრი წითელი ფერი კარბოქსიჰემოგლობინის არ არსებობის დროსაც, რაც განპირობებულია ჰემოქრომოგენის წარმოქმნით.

<u>2. სალკოვსკი-კეტაიამას სინჯი-რეაქცია ამონიუმის სულფიდთან:</u> 10მლ გამოხდილ წყალს ამატებენ 5 წვეთ სისხლს და 5 წვეთ ამონიუმის სულფიდის ახლად მომზადებულ ხსნარს. ნარევს ფრთხილად შეანჯღრევენ, ამატებენ 30% ძმარმჟავას ხსნარს სუსტ მჟავა რეაქციამდე და ისევ ფრთხილად შეანჯღრევენ. სისხლი, რომელიც შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინს იღებს ჟოლოსფერ-წითელ ფერს, ხოლო სისხლი, რომელიც არ შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინს იძენს მორუხო – მწვანე ფერს.

3. <u>ხოროშკევიჩ-მარქსის სინჯი – რეაქცია ქინაქინთან და ამონიუმის სულფიდთან:</u> 2მლ სისხლს ამატებენ 4 მლ 8%-იან ქინაქინის ქლორიდის ხსნარს. ნარევს ადუღებენ მცირე ხნით. გაცივების შემდეგ ნარევს ამატებენ ამონიუმის სულფიდის ახლად მომზადებული ხსნარის 2-3 წვეთს და ძლიერად შეანჯღევენ.

კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველ სისხლს აქვს ღია-წითელი ფერი, ხოლო სისხლი, რომელიც არ შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინს იღებს ჭუჭყიან მურა წითელ ფერს.

4. ბიურკერის სინჯი – რეაქცია კალიუმის ჰექსაციანოფერატთან (III):

5მლ სისხლს ამატებენ წყალს 500მლ-მდე და შეანჯღევენ. მიღებულ ხსნარის 5-10მლ ამატებენ 5 წვეთ კალიუმის ჰექსაციანოფერატის (III) ($K_3[Fe(CN)_6]$) 1%-იან ხსნარს. კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლი რჩება წითელი, ხოლო რომელიც არ შეიცავს ხდება მოყვითალო.

5. სიდოროვის სინჯი – რეაქცია კალიუმის ჰექსაციანოფერატთან (III) და კალიუმის დიქრომატთან:

1 მლ სისხლს ანზავებენ 10 მლ-მდე წყლით. მიღებული სისხლის ხსნარის 2 მლ ამატებენ 3-5 წვეთ კალიუმის ჰექსაციანოფერატის (III) 20%-იანი ხსნარს და იმავე მოცულობა კალიუმის დიქრომატის 0.01%-იან ხსნარს. სისხლის და რეაქტივების ნარევს მსუბუქად ანჯღრევენ. კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლი იძენს ღია წითელ ფერს, ხოლო რომელიც არ შეიცავს – მოყვითალო-მწვანე ფერს.

6. ვეტცელის სინჯი – რეაქცია კალიუმის ჰექსაციანოფერატთან (III) და ძმარმჟავასთან:

10 მლ სისხლს ამატებენ 90 მლ წყალს, მიღებული ხსნარის 10 მლ ამატებენ 20%-იანი კალიუმის ჰექსაციანოფერატის (III) ხსნარის 5 მლ და 1მლ ყინულოვან ძმარმჟავას. კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლიდან გამოიყოფა **კარმინო-წითელი ნალექი**, ხოლო რომელიც არ შეიცავს – მორუხო-ყავისფერი ნალექი.

7. კუნკელ-ვეტცელის სინჯი – რეაქცია ტანინთან:

სისხლს ანზავებენ ხუთმაგი რაოდენობა გამოხდილი წყლით. სინჯში შეაქვთ ამ სისხლის 5 მლ, ამატებენ 15 მლ ტანინის 3 % წყლიან ხსნარს და სინჯის შეგთავსს კარგად შეანჯღევენ.

კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლიდან გამოილექება ღია კარმინო-წითელი ფერის ნალექი, ხოლო რომელიც არ შეიცავს – მორუხო-ყავისფერი ნალექი.

ამ რეაქციის შესრულებისას სისხლს წყლით ანზავებენ 100-ჯერ და ამატებენ ტანინის 3% წყლიან ხსნარს.

8. ლიბმანის სინჯი – რეაქცია ფორმალდეჰიდთან:

5 მლ განუზავებელ სისხლს, ამატებენ 5 მლ ფორმალინს (ფორმალდეჰიდის 40% ხსნარი) და ძლიერად ანჯღრევენ. კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლი

ინარჩუნებს თავის წითელ ფერს, ხოლო რომელიც არ შეიცავს რამდენიმე წუთში ხდება მოყავისფრო-შავი ფერის.

თუ რეაქციის შესრულების დროს გამოვიყენებთ 20%-იან ფორმალდეჰიდის ხსნარს - ფერის ცვლილება ხდება 40-60 წუთის შემდეგ.

9. <u>რუბნერის სინჯი</u> - რეაქცია ტყვიის აცეტატთან:

5 მლ განუზავებელ სისხლს, ამატებენ 5% ტყვიის ფუძე აცეტატის 20მლ და 1სთ-ის განმავლობაში ძლიერ ანჯღრევენ. კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლი ინარჩუნებს თავის წითელ ფერს, ხოლო რომელიც არ შეიცავს ხდება ყავისფერი.

10. <u>ზალესკის სინჯი</u> - რეაქცია სპილენძის სულფატთან:

1 მლ სისხლს ამატებენ 100მლ გამოხდილ წყალს და კარგად ანჯღრევენ. მიღებული ხსნარის 5 მლ ამატებენ 10% სპილენძის სულფატის 5მლ-ს. ნარევს კარგად შეანჯღრევენ. კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლი ხდება მეწამული წითელი, ხოლო რომელიც არ შეიცავს – მომწვანო ფერის.

ლიტერატურაში აღწერილია კარბოქსიჰემოგლობინის აღმოსაჩენი სხვა რეაქციებიც. აღსანიშნავია, რომ სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის არსებობაზე **დასკვნის გაკეთება არ შეიძლება ჩამოთვლილი რეაქციებიდან ერთ რომელიმე რეაქციაზე დაყრდნობით. დასკვნა უნდა ეყრდნობოდეს ამ რეაქციების უმრავლესობის შედეგს**.

ჩამოთვლილი რეაქტივები რეაქციას იძლევიან სისხლთან, რომელიც არ შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინს. სისხლი, რომელიც მას შეიცავს, ამ რეაქტივების ზემოქმედებისას თითქმის არ იცვლება.

ნახშირბადის (II) ოქსიდით მსუბუქი მოწამვლისას სისხლი შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინის უმნიშვნელო რაოდენობას. ასეთი პირების ჰემოგლობინის დიდი რაოდენობა არ არის დაკავშირებული ნახშირბადის (II) ოქსიდთან. ამიტომ კარბქსიჰემოგლობინის მცირე რაოდენობით შემცველი სისხლი იძლევა იგივე რეაქციას ჩამოთვლილ რეაქტივებთან რასაც სისხლი, რომელიც მას არ შეიცავს. ამდენად, აღწერილი მეთოდები არ გამოდგება სისხლში მცირე რაოდენობის კარბოქსიჰემოგლობინის აღმოსაჩენად.

<u>**მიკროდიფუზიის მეთოდი**</u> – კარბოქსიჰემოგლობინის აღმოჩენა სისხლში შესაძლებელია მიკროდიფუზიის მეთოდით, რომელიც დამყარებულია პალადიუმის ქლორიდთან რეაქციაზე (იხ. მიკროდიფუზიის მეთოდი).

§4. ნახშირბადის (II) ოქსიდის – CO – რაოდენობრივი შემცველობის განსაზღვრა სისხლში

ნახშირბადის (II) ოქსიდის შემცვლეობას სისხლში საზღვრავენ კარბოქსიჰემოგლობინის რაოდენობის განსაზღვრის მიხედვით. ამ მიზნით შესაძლებელია გამოვიყენოთ ვ.ფ. კრამარენკოს და სხვების მიერ მოწოდებული სპექტროფოტომეტრიული მეთოდი.

ორგანიზმში მოხვედრილი ნახშირბადის (II) ოქსიდი უკავშირდება დეზოქსი და ოქსიჰემოგლობინს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კარბოქსიჰემოგლობინი (COHb). სისხლში ნახშირბადის (II) ოქსიდს არ უკავშირდება მეტჰემოგლობინი, თუმცა ლაბორატორიულ პირობებში ნატრიუმის დითიონიტის ($Na_2S_2O_4 \cdot 2H_2O$) ან სხვა დამჟანგველების საშუალებით შეიძლება მეტჰემოგლობინის გადაყვანა დეზოქსიჰემოგლობინში.

ლიტერატურაში ნატრიუმის დითიონიტი გვხვდება "ნატრიუმის ჰიდროსულფიტის" სახელწოდებით.

ჰემოგლობინის ჩამოთვლილი ყველა ნაერთი - დეზოქსიჰემოგლობინი, ოქსიჰემოგლობინი და კარბოქსიჰემოგლობინი) შეიძლება აღმოჩენილი იქნან თავისი შთანთქმის სპექტრებით ხილვად უბანში 450 ნმ-დან 620 ნმ ტალღების უბანში. ოქსიჰემოგლობინის და კარბოქსიჰემოგლობინის შთანთქმის სპექტრები <u>უმნიშვნელოდ</u> განსხვავდებიან ერთმანეთისგან. ამდენად რთულია ამ ნივთიერებების სპექტრული მახასიათებლების გამოყენება მათი რაოდენობითი განსაზღვრისათვის. დეზოქსიჰემოგლობინის და კარბოქსიჰემოგლობინის შთანთქმის სპექტრები კი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისგან. ამიტომ, <u>განსხვავება მათ სპექტრებს შორის გამოყენებულია კარბოქსიჰემოგლობინის რაოდენობითი განსაზღვრისათვის</u>.

ნახშირბადის (II) ოქსიდის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის, კარბოქსიჰემოგლობინის მიხედვით, ამზადებენ რიგ ხსნარებს: A ხსნარს – საკვლევი სისხლის ხსნარი, B ხსნარს – სისხლის ხსნარი, რომელიც შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინის და დეზოქსიჰემოგლობინის ნარევს; C ხსნარს - სისხლის ხსნარია, რომელშიც ჰემოგლობინის ყველა ფორმა (დეზოქსიჰემოგლობინი, ოქსიჰემოგლობინი და მეტჰემოგლობინი) გადაყვანილია კარბოქსიჰემოგლობინში.

კარბოქსიჰემოგლობინის ნაწილობრივი დაშლის თავიდან ასაცილებლად, მის შემცველ ხსნართან მუშაობა უნდა წარმოებდეს ბუნებრივი და ხელოვნური განათების წყაროებიდან მოშორებით უჰაერო სივრცეში (ჰაერის მინიმალური რაოდენობის პირობებში).

A ხსნარის მომზადება – საკვლევი გვამის 1მლ სისხლს (რომელიც არ შეიცავს სისხლის კოლტებს) ათავსებენ 100 მლ მოცულობის გამზომ კოლბში და ამატებენ ფოსფატური ბუფერის ხსნარს (pH 7.38). სითხეს შეანჯღრევენ და მისი მოცულობა ფოსფატური ბუფერით აჰყავთ ჭდემდე. ამ დროს მიღებული სისხლის ხსნარი უნდა იყოს გამჭვირვალე.

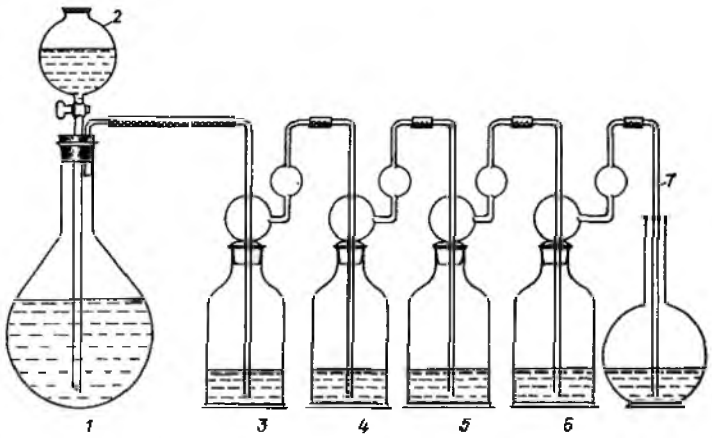
B ხსნარის მომზადება – B ხსნარს ამზადებენ A ხსნარისგან უშუალოდ სპექტროფოტომეტრის კიუვეტში ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრის წინ. ამ მიზნით კიუვეტში შეაქვთ A ხსნარი ისეთი რაოდენობით, რომ კიუვეტის სახურავით დახურვისას მასსა და სითხეს შორის ჰაერი არ იყოს. კიუვეტში შეტანილ A ხსნარს ამატებენ 3-4 მგ ნატრიუმის დითიონიტს. კიუვეტის შიგთავსს საგულდაგულოდ შეურევენ მინის წკირით. ამ დროს ოქსიჰემოგლობინი და მეტჰემოგლობინი აღდგებიან დეზოქსიჰემოგლობინამდე, ხოლო კარბოქსიჰემოგლობინი ნატრიუმის დითიონიტთან არ რეაგირებს. ნატრიუმის დითიონიტის მიმატებისას ხსნარი უნდა დარჩეს გამჭვირვალე.

C ხსნარის მომზადება – ამ ხსნარს ღებულობენ სპეციალურ ხელსაწყოში, რომელიც მოთავსებულია ნახ. 1-ზე. ამ მიზნისთვის გამოყენებული ხელსაწყო შედგება კოლბისაგან (1), რომელიც დახურულია წვეთოვანი ძაბრით (2), რომელსაც აქვს საცობი და აღჭურვილია გადამყვანი მილით კოლბიდან CO-ს გამოსაყვანად, დრექსელის ოთხი ჭურჭლისგან (3, 4, 5, 6) და გადამყვანი მილისგან (7). კოლბს და დრექსელის ჭურჭლებს აერთებენ ერთმანეთთან რეზინის მილით. დრექსელის ჭურჭლის უქონლობისას, ისინი შეიძლება შეიცვალოს 50მლ მოცულობის კოლბებით, რომლებიც დახურულია ორი მინის მილით აღჭურვილი საცობებით.

კოლბი 1-ში შეაქვთ 50 მლ კონც. გოგირდმჟავა, საწვეთურიან ძაბრში (2) 10 მლ ჭიანჭველმჟავა. შუშაში (3) შეაქვთ 10%-იანი ნატრიუმის ჰიდროქსიდი, (4) და (6) შუშაში გამოხდილი წყალი, (5) შუშაში გამოსაკვლევი სითხის A ხსნარი ფოსფატურ ბუფერში. 3, 4, 5 და 6 შუშებში შეაქვთ იმდენი სითხე, რომ მილები სითხეში ჩაშვებული იქნენ 2 სმ-ზე.

საწვეთური ძაბრიდან (2) შემთბარ კოლბში (1) წვეთობოთ ამატებენ ჭიანჭველმჟავას. ნახშირბადის (II) ოქსიდის გამოყოფის ინტენსივობას არეგულირებენ ჭიანჭველმჟავას დამატების სიჩქარით. ჭიანჭველმჟავას ხარჯვის მიხედვით გაზის გამოყოფა მცირდება. ცდის დაწყებისას ნახშირბადის (II) ოქსიდის გამოყოფის სიჩქარის გასაზრდელად კოლბს (1) ფრთხილად ათბობენ გაზის სანათურის დაბალ ალზე.

ნახშირბადის (II) ოქსიდის მაღალი ტოქსიკურობის გათვალისწინებით, მასთან მუშაობისას აუცილებელია სიფრთხილე. ნახშირბადის (II) ოქსიდის მიღება და სისხლის ამ გაზით (აირით) გაჯერება უნდა ტარდებოდეს კარგად მომუშავე ამწოვ კარადაში.



ნახ. 1 – სისხლის ნახშირბადის (II) ოქსიდით გასაჯერებელი აპარატი
1 – კოლბი 50 მლ კონც. გოგირდმჟავით; 2 – წვეთოვანი ძაბრი ჭიანჭველმჟავით; 3 – შუშის ჭურჭელი 10% NaOH-ით; 4-6 – შუშის ჭურჭელი გამოხდილი წყლით; 5 – შუშის ჭურჭელი საკვლევი სისხლის, A ხსნარის და ფოსფატური ბუფერის ნარევით

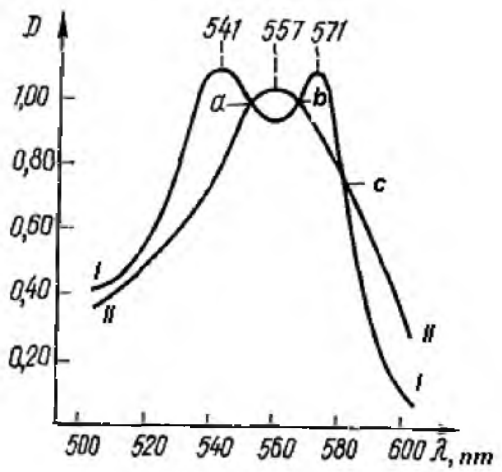
ნახშირბადის (II) ოქსიდს კოლბი 1-დან დრექსელის შუშაში ატარებენ 15 წუთის განმავლობაში. ამ დროში სისხლის ოქსიჰემოგლობინი სავსებით გარდაიქმნება კარბოქსიჰემოგლობინად. თუმცა ამ დროს ხსნარში შეიძლება დარჩენილი იყოს მეტჰემოგლობინის რაღაც რაოდენობა, რომელიც უნდა გადაყვანილ იქნეს, ჯერ დეზოქსიჰემოგლობინში, ხოლო შემდეგ კარბოქსიჰემოგლობინში. აღნიშნული მიზნით, ნახშირბადის (II) ოქსიდის 5 წუთიანი გატარების შემდეგ ხელსაწყოდან გამორთავენ მე-5 შუშას, რომელშიც შეაქვთ 5-7 მგ ნატრიუმის დითიონატი და სითხეს კარგად შეანჯღევენ (**ფრთხილად! არ შეისუნთქოთ ნახშირბადის (II) ოქსიდი!**). შემდეგ მე-5 შუშას ისევ მიაერთებენ ხელსაწყოს და 5 წუთის განმავლობაში ისევ ატარებენ მასში ნახშირბადის (II) ოქსიდს. ნახშირბადის (II) ოქსიდით სისხლის გაჯერების შემდეგ კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველი სისხლი გამჭვირვალე უნდა იყოს.

ნახშირბადის (II) ოქსიდის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის აუცილებელია განისაზღვროს კარბოქსიჰემოგლობინის და დეზოქსიჰემოგლობინის ნარევის შემცველი სისხლის ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე, შემდეგ კი გაიზომოს ნახშირბადის (II) ოქსიდის შემცველი სისხლის ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე. ეს უკანასკნელი არ უნდა შეიცავდეს დეზოქსიჰემოგლობინს, ოქსიჰემოგლობინს და მეტჰემოგლობინს.

დეზოქსიჰემოგლობინს შთანთქმის მაქსიმუმი აქვს 557 ნმ ტალღაზე, ხოლო კარბოქსიჰემოგლობინს – 541 და 571 ნმ სიგრძის ტალღაზე. კარბოქსიჰე-

მოგლობინის და დეზოქსიჰემოგლობინის სპექტრალური მრუდეების ერთ გრაფიკზე ერთმანეთზე დალაგებისას აღინიშნება **იზობესტური წერტილების** (a, b, c) გამოჩენა 550, 565 და 580 ნმ სიგრძის ტალღაზე. სპექტრალური მრუდეების გადაკვეთის ამ წერტილებში კარბოქსიჰემოგლობინის და დეზოქსიჰემოგლობინის ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივეები ერთნაირია (ნახ. 2).

მანამ, სანამ შევუდგებოდეთ კარბოქსიჰემოგლობინის რაოდენობით განსაზღვრას სპექტროფოტომეტრული მეთოდით, გრაფიკზე, რომლებზეც შეტანილია კარბოქსიჰემოგლობინის და დეზოქსიჰემოგლობინის შთანთქმის სპექტრები, აუცილებელია მოიძებნოს ტალღის სიგრძე, რომელზეც ორივე სპექტრალურ მრუდებს (კარბოქსიჰემოგლობინის და დეზოქსემოგლობინის) შორის მანძილი იქნება ყველაზე ახლოს კარბოქსიჰემოგლობინის შთანთქმის I მაქსიმუმთან (541 ნმ-თან). ქსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე ამ ყველაზე დიდ სხვაობას კარბოქსიჰემოგლობინის და დეზოქსიჰემოგლობინის ხსნარების ოპტიკურ სიმკვრივეებს შორის ადგილი აქვს 538 ნმ ტალღის სიგრძეზე.



ნახ. 2 – კარბოქსიჰემოგლობინის (I) და დეზოქსიჰემოგლობინის (II) შთანთქმის სპექტრები

სპექტროფოტომეტრის კიუვეტში, რომლის ფენის სისქე 1 სმ ტოლია, შეაქვთ გამოსაკვლევი სისხლის ხსნარი (*a* ხსნარი), ამატებენ 3-4 მგ ნატრიუმის დითიონიტს და იქცევიან ისე, როგორც მითითებულია *b* ხსნარის მისაღები ხერხის აღწერაში. ამ ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს ზომავენ 538 ნმ და 558 ნმ

ტალღის სიგრძეზე. შემდეგ საზღვრავენ ოპტიკურ სიმკვრივეს სისხლის იმ ხსნარისა, რომელშიც ჰემოგლობინი მთლიანად არის გადაყვანილი კარბოქსიჰემოგლობინში (*c* ხსნარი) 538 ნმ ტალღის სიგრძეზე. სისხლის ორივე ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივის გაზომვისას შესადარ ხსნარს წარმოადგენს წყალი.

<u>ამონიუმის სულფიდის (NH_4S) ხსნარის მომზადება</u> – 60 მლ 2M ამონიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარში 15-20 წთ-ის მანძილზე ატარებენ გოგირდწყალბადს. ამის შემდეგ კიდევ ამატებენ 40 მლ 2 M ამონიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარს.

<u>ფოსფატური ბუფერული ხსნარის (pH=7.38) მომზადება კარბოქსიჰემოგლობინის განსასაზღვრავად</u> – ამ ხსნარის მოსამზადებლად იყენებენ ნატრიუმის მონოჰიდროფოსფატს და კალიუმის დიჰიდროფოსფატს.

კოლბი №1-ში შეაქვთ ერთ ლიტრ გამოხდილ წყალში გახსნილი 11.87 გ ნატრიუმის მონოჰიდროფოსფატი. კოლბი №2-ში კი ერთ ლიტრ გამოხდილ წყალში გახსნილი 9.078 გ კალიუმის დიჰიდროფოსფატი. 500 მლ-იან გამზომ კოლბში შეაქვთ 20 მლ ნატრიუმის მონოჰიდროფოსფატის ხსნარი და 5 მლ კალიუმის დიჰიდროფოსფატის ხსნარი და შეავსებენ გამოხდილი წყლით ჭდემდე. გამოსაკვლევ სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველობის (P) გამოანგარიშება პროცენტებში ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$P = 100 - \frac{(D_{COHb} - D_{HbCOHb}) \cdot 100}{D_{HbJ} \cdot k}$$

სადაც, D_{COHb} – არის სისხლის C ხსნარის ოპტიკური სიმკვირვე, რომელიც დამატებით გაჯერებულია ნახშირბადის (II) ოქსიდით (538 ნმ ტალღაზე);

D_{HbCOHb} – ოპტიკური სიმკვრივე სისხლის B ხსნარის, რომელიც დამუშავებულია ნატრიუმის დითიონიტით და რომელიც შეიცავს დეზოქსი- და კარბოქსიჰემოგლობინის ნარევს (538 ნმ);

D_{HbJ} – სისხლის B ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე იზობესტურ წერტილში (550 ნმ ტალღაზე);

k – კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია 0.372

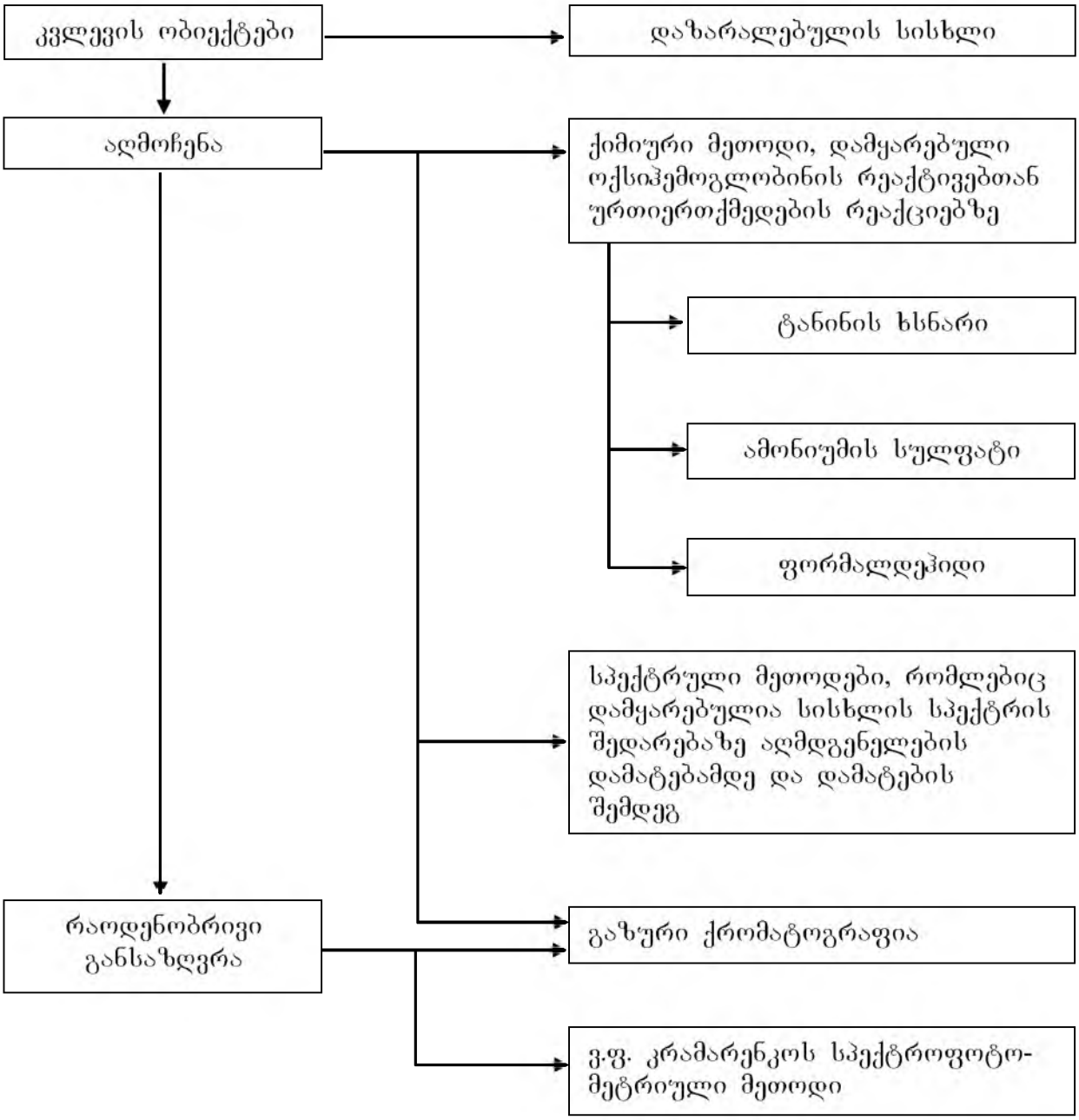
კარბოქსიჰემოგლობინის განსაზღვრის ცდომილების სიდიდე 3-20%-მდე კონცენტრაციის ფარგლებში შეადგენს ±3 %, 20 %-ზე მაღალი კონცენტრაციებისას ცდომილება დაახლოებით ±5%-ის ტოლია.

სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის სპექტროფოტომეტრული განსაზღვრის მეთოდის ვარიანტი მოწოდებული იქნა ლ. ბუკინას და ლ. უშაკოვას (ჟურნალი "Судебно-медицинская экспертиза, М. 1979. № 2) მიერ. მათ მიერ მოწოდებული ვარიანტი ანალოგიურია ზემოთ აღწერილი ვარიანტისა, მაგრამ ხსენებული ავტორების მიერ მოწოდებული ვარიანტით სისხლის გაჯერება ნახშირბადის (II) ოქსიდით კარბოქსიჰემოგლობინის ყოველი განსაზღვრის დროს საჭირო არ არის.

სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის რაოდენობითი განსაზღვრის შედეგების სასამართლო-სამედიცინო შეფასება გ. ა. სიციანკოს (სსრკ ჯანდაცვის სამინისტროს სასამართლო მედიცინის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი) მიხედვით მოყვანილია ქვემოთ.

კარბოქსიჰემოგლობინის შემცველობა სისხლში პირველ რიგში დამოკიდებულია ნახშირბადის (II) ოქსიდის კონცენტრაციაზე შესუნთქულ ჰაერში და მისი ზემოქმედების დროზე ორგანიზმზე: კარბოქსიჰემოგლობინის კონცენტრაცია სისხლში მით უფრო მეტია, რაც უფრო მაღალია ნახშირბადის (II) ოქსიდის პარციალური წნევა ალვეოლურ ჰაერში ჟანგბადის პარციალურ წნევასთან შედარებით. ბიოლოგიური ობიექტების "მხუთავი გაზით" მოწამვლის ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევის თანმიმდევრობა მოცემულია სქემაზე 11.1.

სქემა 11.1. ბიოლოგიური ობიექტების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევა "მხუთავი გაზით" მოწამვლის დროს



ერთი და იგივე დროში, სხვა თანაბარ პირობებში, ორგანიზმში ხვდება ნახშირბადის (II) ოქსიდის მით მეტი რაოდენობა, რაც მეტია სუნთქვის წუთმოცულობა. კარბოქსიჰემოგლობინის აბსორბციის ზოლების შუალედური სივრცის ხასიათის დამოკიდებულება (საანალიზო სისხლზე აღმდგენელის დამატების შემდეგ) ჰემოგლობინის ნახშირბადის (II) ოქსიდით გაჯერების ხარისხზე იხილეთ ცხრილში 11.2.

სიმპტომები, სიმძიმე და მოწამვლის გამოსავალი, რომელიც განპირობებულია სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის სხვადასხვა კონცენტრაციით, მოცემულია ცხრილი 11.3-ში. ამ მონაცემებს საორიენტაციო მნიშვნელობა აქვთ.

ცხრილი 11.2. კარბოქსიჰემოგლობინის აბსორბციის ზოლების შუალედური სივრცის ხასიათის დამოკიდებულება* ჰემოგლობინის ნახშირბადის (II) ოქსიდით გაჯერების ხარისხზე

შუალედური სივრცის ხასიათი	კარბოქსიჰემოგლობინი, %
სავსებით სუფთა (შეუმღვრეველი)	66
ძალიან სუფთა	60-66
ოდნავ შემღვრეული	50-60
შემღვრეული	30-50
ძალიან შემღვრეული	20-30
ოდნავ შესამჩნევი სიმღვრივე	10-20

*საანალიზო სისხლზე აღმდგენელის დამატების შემდეგ

ცხრილი 11.3. მოწამვლების სიმპტომების დამოკიდებულება სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის რაოდენობაზე

სისხლში კარბოქსიჰემოგლობინის რაოდენობისა და ჰემოგლობინის საერთო რაოდენობებს შორის თანაფარდობა %-ში	მოწამვლების სიმპტომები
0-10	არავითარი
10-20	შუბლის არეში წნევის შეგრძნება, შესაძლებელია აგრეთვე თავის მსუბუქი ტკივილი, კანის სისხლძარღვების გაფართოება
20-30	თავის ტკივილი, საფეთქლის არეში პულსაციის შეგრძნება
30 - 40	თავის ძლიერი ტკივილი, სისუსტე, თავბრუსხვევა, თვალების დაბინდვა, გულისრევა და ღებინება, კოლაფსი
40 - 50	მსგავსი სიმპტომები, კოლაფსი უფრო გამოხატულია, სუნთქვის და პულსის გახშირება
50 - 60	პულსის და სუნთქვის გახშირება, კომა, დროგამოშვებით კრუნჩხვები, ჩეინ-სტოქსის სუნთქვა
60 - 70	მსგავსი სიმპტომები, სუნთქვის და გულის მოქმე-დების შესუსტება, შეიძლება სიკვდილის დადგომა
70 - 80	სუსტი პულსი, სუნთქვის შენელება, შეჩერება და სიკვდილი

დაკვირვება და სპეციალური გამოკვლევები გვაჩვენებენ, რომ კარბოქსი-ჰემოგლობინის კონცენტრაციასა და მოწამვლების სიმძიმეს შორის შესაბამისობას ყოველთვის არა აქვს ადგილი. ეს განსაკუთრებით ნათლად მჟღავნდება ჯგუფური მოწამვლების დროს.

კარბოქსიჰემოგლობინის სასიკვდილო კონცენტრაცია საშუალოდ დაახლო-ებით 60%-ის ტოლია, მაგრამ იგი შეიძლება იყოს 40-დან 80%-მდე და მეტიც. ეს მერყეობა განპირობებულია როგორც გარემო პირობებით, ასევე ორგანიზმის თავისებურებებით.

ასეთივე მეთოდს იყენებენ <u>CO-ს რაოდენობრივი განსაზღვრისთვის ჰაერში</u> – CO-ს ჰაერში განსაზღვრისთვის შეიძლება გამოყენებული იქნას ჰაერიდან ცხოველის სისხლში მისი შთანთქმა. 20 ლიტრ ჰაერს ასპირატორის საშუალებით ჯერ შეიწოვენ ტიშჩენკოს შუშის მილში, რომელშიც მოთავსებულია რკინის ჰიდროქსიდის სუსპენზია, შემდეგ 5 მლ ცხოველის განზავებულ სისხლში. ასეთნაირად დამუშავებულ სისხლებს იკვლევენ სპექტროსკოპულად და ქიმიურად, საკონტროლო სისხლითან შედარებით, რომელიც არ შეიცავს კარბოქსიჰემოგლობინს.

ჰაერში CO-ს რაოდენობითი ანალიზის მეთოდი დამყარებულია CO-ს დაჟანგვაზე I_2O_5-ით და წარმოქმნილი CO_2-ის განსაზღვრაზე. რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგი ტოლობით: $I_2O_5 + 5CO = 5CO_2 + I_2$

მიღებულ CO_2-ს შთანთქავენ $Ba(OH)_2$-ის ხსნარით:

$$\mathbf{Ba(OH)_2 + CO_2 = BaCO_3\downarrow + H_2O}$$

$Ba(OH)_2$ ჭარბ რაოდენობას ტიტრავენ (მიკროტიტრაცია) მარილმჟავით:

$$\mathbf{Ba(OH)_2 + 2HCl = BaCl_2 + H2O}$$

<u>§5. ნახშირბადის (II) ოქსიდის – CO -ის ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა</u>

ნახშირბადის (II) ოქსიდით მოწამვლა ხშირია. ყოფაცხოვრებაში CO-თი მოწამვლის მიზეზი შეიძლება გახდეს ღუმელის ნაადრევი ჩაკეტვა, თუჯის ღუმელები, რომლებიც გარემოში წარმოქმნიან გავარვარებულ CO-ს, ბუხრები, რომლებიც აღჭურვილი არიან ჩამკეტით, სხვადასხვა კონსტრუქციის და დანიშნულების გაზის გამათბობლები, მანქანის გამონაბოლქვი.

CO-თი პროფესიული მოწამვლის მიზეზი შეიძლება იყოს CO_2-ის აღდგენა მისი გავარვარებულ ნახშირზე გატარებისას, რასაც ადგილი აქვს მეტალურგიული ქარხნის ბრძმედებში, ჩამოსასხმელ საამქროსა და სხვა წარმოებებში:

$$\mathbf{CO_2 + C = 2CO}$$

წყლის გაზებში CO-ის რაოდენობა შესაძლოა აღწევდეს 50%.

პიროქსილინის დაშლისას, რასაც შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს საარტილერიო ჭურვების და ნაღმების აფეთქებისას წარმოიქმნება აირები, რომლებიც 30%-მდე შეიცავენ CO-ს, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს მასობრივი მოწამვლა.

ტრანსპორტის რაოდენობის გაზრდა იწვევს ქალაქში გამონაბოლქვი აირების, მათ შორის CO-ს, რაოდენობის გაზრდას, რაც მავნებელია ადამიანის ორგანიზმისთვის.

თავი 12.

შხამები, რომელთა იზოლირებას ბიოლოგიური მასალიდან ახდენენ წყლით გამოწვლილვით – დიალიზის მეთოდი

ამ ჯგუფის შხამებს მიაკუთვნებენ მინერალურ მჟავებს: გოგირდმჟავას, აზოტმჟავას, მარილმჟავას; ტუტეებს – მწვავე ნატრიუმის და კალიუმის ტუტეებს; $Ca(OH)_2$, ამიაკის წყლიან ხსნარს და მარილებს, რომლებსაც სადღეისოდ ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა აქვთ – ნატრიუმის ნიტრიტს, ნატრიუმის და ამონიუმის ნიტრატებს, კალიუმის ქლორატს. ზოგიერთი მათგანის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და გამოყენება მოცემულია ცხრილში 12.1.

ამ ნივთიერებების გამოკვლევას აწარმოებენ საქმის ვითარებიდან და წინასწარი გამოკვლევებიდან გამომდინარე. გამოკვლევის ობიექტები ამ შემთხვევაში არის კუჭი თავისი შიგთავსით, ნაღებინები მასები, საჭმლის ნარჩენები, ტანსაცმლის ნაწილები. მარილებზე გამოკვლევებისას ამ ობიექტებს ემატება ღვიძლიც. (იხ. სქემა 12.1.). მინერალური მჟავების, მწვავე ტუტეების და მარილების ორგანიზმში მოხვედრის გზები, სასიკვდილო დოზები და ტოქსიკური მოქმედების მექანიზმი მოცემულია ცხრილში 12.2.

<u>**იზოლირების მეთოდი**</u> – საკვლევ ობიექტებს აქუცმაცებენ, ამატებენ წყალს და ურევენ სქელი ფაფის მიღებამდე. ნარევს ტოვებენ 1-2 საათი. შემდეგ ფილტრავენ (ფილტრაციის ნაცვლად შეიძლება ნარევის ცენტრიფუგირება). ცილოვანი ბუნების ნივთიერებების მოსაცილებლად ახდენენ ფილტრატის დიალიზს. დიალიზს ატარებენ 2-3-ჯერ (თითოეულს 4-6 საათის განმავლობაში). დიალიზატებს შეაგროვებენ ერთად, აქროლებენ წყლის აბაზანაზე 5-10 მლ მოცულობამდე და იკვლევენ მჟავებზე, ტუტეებზე და მარილებზე. ამ დროს შეიძლება ელექტროდიალიზის ჩატარებაც.

ტანსაცმლის და ზოგიერთი სხვა ობიექტის გამოკვლევისას იღებენ წყლიან გამონაწვლილს დიალიზის ჩატარების გარეშე.

<u>**დიალიზატის გამოკვლევა**</u> – დიალიზატის მინერალურ მჟავეებზე გამოსაკვლევად პირველ რიგში ადგენენ მის pH-ს სხვადასხვა ინდიკატორის გამოყენებით.

დიალიზატის მცირე მოცულობას ამატებენ რამდენიმე წვეთ ინდიკატორს, რომლის ფერის შეცვლა მიუთითებს მჟავის არსებობაზე. მაგალითად მეთილიისფერის (pH-ის ცვლილების ინტერვალია 0.1-1.5 და 1.5-3.2). თუ საკვლევი ობიექტის pH მერყეობს 1.5-3.2 ინტერვალში, ინდიკატორის მწვანე ფერი გადავა იისფერში, pH=3.0-4.4-ის დროს მეთილნარინჯის წითელი შეფერვა გადავა ყვითელ ფერში, pH=3.0-5.2-ის დროს კონგო წითელის მოლურჯო იისფერი გადადის წითელში.

დიალიზატების მჟავიანობის დასადგენად და pH-ის საორიენტაციო განსაზღვრის მიზნით შესაძლებელია უნივესალური ინდიკატორის გამოყენებაც.

თუ გამოსაკვლევ ხსნარებს აშკარა მჟავე რეაქცია აქვს, ატარებენ მათ გამოკვლევას ზემოთ აღნიშნულ მჟავათა ანიონების აღმოსაჩენად, მჟავათა ანიონების აღმოჩენა ჯერ კიდევ არ მიუთითებს მჟავებით მოწამვლაზე, რადგან ამ მჟავათა ანიონები ორგანიზმში შეიძლება იყვნენ როგორც ორგანოების და ქსოვილების შემადგენელი ნაწილები.

ცხრილი 12.1. ბიოლოგიური მასალიდან წმლით იზოლირებადი ნივთიერებების ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და გამოყენება

ნივთიერების სახელწოდება	ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები	გამოყენება
გოგირდმჟავა H_2SO_4	სუფთა სახით უფერო, ზეთის მაგვარი სითხეა. წყალს ერევა ყველა თანაფარდობით. წყალთან შერევისას გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბო. ჰიგროსკოპულია. აქვს დამახასიათებელი მძაფრი სუნი და მჟავა გემო.	სასუქების, საპონის, ფერადი და თხევადი ლითონების წარმოებაში; ქიმიურ, ლაქის სააღებავების, ტყავის მრეწველობაში
აზოტმჟავა HNO_3	უფერო ან მოყვითალო ფერის, მძაფრი მახრჩობელა სუნის და მჟავა გემოს სითხეა. წყალს ერევა ყველა თანაფარდობით სითბოს გამოყოფით. ჰიგროსკოპულია.	სასუქების, ფეთქებადი ნივთიერებების, ლაქის საღებავების და გალვანურ მრეწველობაში, პოლიგრაფიაში
ქლორწყალბადმჟავა HCl	უფერო ან ყვითელი ფერის ქლორწყალბადის ხსნარი წყალში. მჟავა გემოს, მძაფრი, სპეციფიკური სუნით.	სამედიცინო პრაქტიკაში, ჰიდრომეტალურგიაში, გალვანოპლასტიკაში, საკონსერვო და საფეიქრო მრეწველობაში
ნატრიუმის ჰიდროქსიდი NaOH	თეთრი, კრისტალური ნივთიერება, იხსნება წყალში, სპირტში	ხელოვნური ბოჭკოს, საპნის, ქაღალდის და ნავთობის მრეწველობაში

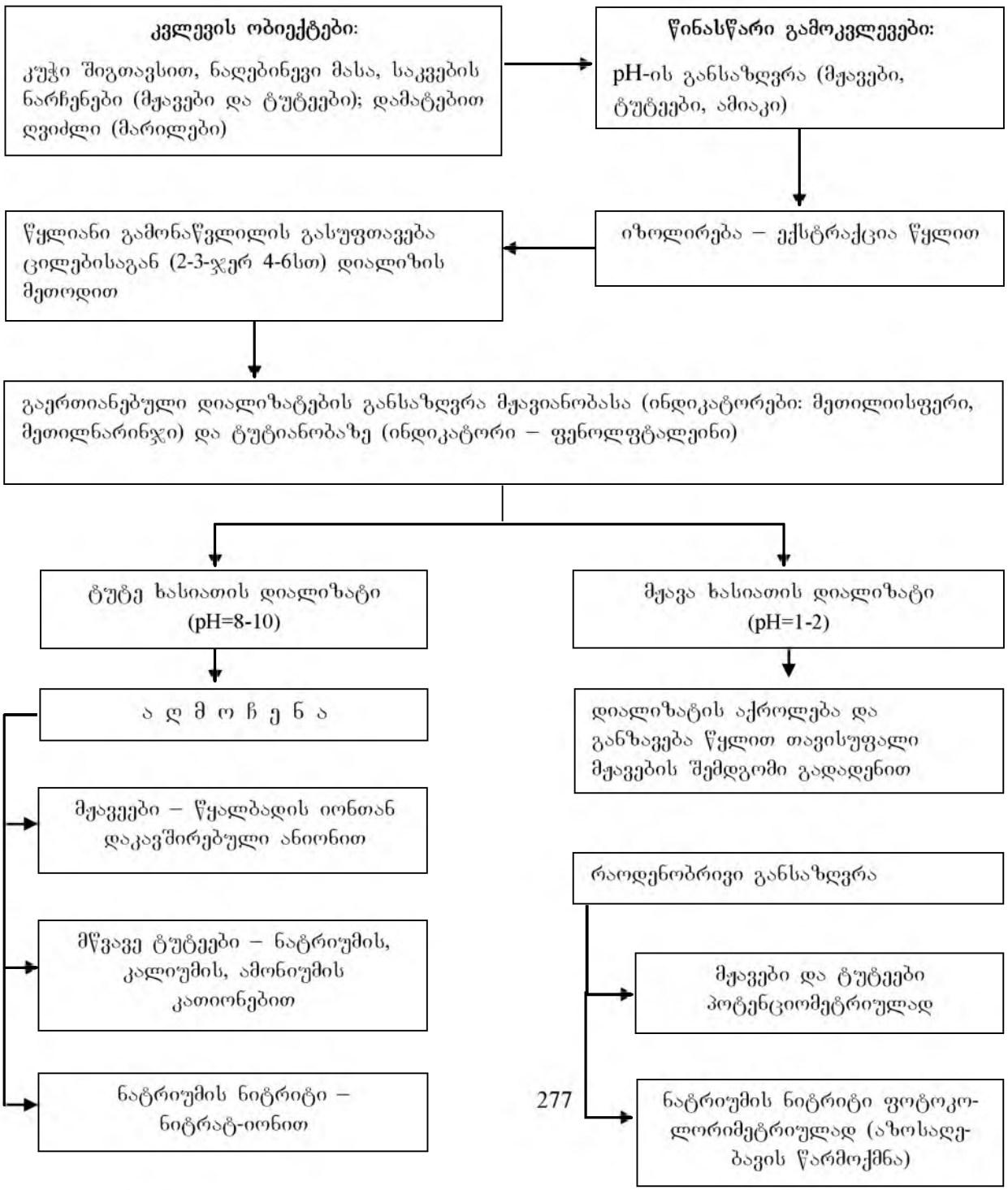
კალიუმის ჰიდროქსიდი KOH	თეთრი კრისტალური ნივთიერება, იხსნება წყალში, სპირტში	საპნის წარმოებაში, კალიუმის და მჟაუნმჟავას ნაერთების მისაღებად
ამონიუმის ჰიდროქსიდი NH_4OH	უფერო, მძაფრი სუნის სითხე	ქიმიურ სინთეზში, მაცივრების წარმოებაში, მოვერცხლისათვის
ნატრიუმის ნიტრიტი $NaNO_2$	მარილიანი გემოს, უფერო ან მოყვითალო ფერის კრისტალები. ჰიგროსკოპულია, კარგად იხსნება წყალში. ზომიერად დამჟანგველია, მჟავეების მოქმედებით იშლება აზოტის ჟანგეულების გამოყოფით	საღებავების დასამზადებლად, მედიცინაში – შარდმდენი, გულ-სისხლძარღვთა გამაფართოებელი საშუალება. ანტიდოტი ციანწყალბადმჟავით მოწამვლისას

ცხრილი 12.2. მინერალური მჟავების, მწვავე ტუტეების და მარილების ორგანიზმში მოხვედრის გზები, სასიკვდილო დოზები და ტოქსიკური მოქმედების მექანიზმი

შხამის სახელწოდება	ორგანიზმში მოხვედრის გზები	სასიკვდილო დოზები	ტოქსიკური მოქმედების მექანიზმი
გოგირდმჟავა	პირის გზით	5-10 გ	წყალბადის პროტონი იწვევს ცილების კოაგულაციას (ვითარდება ქსოვილების და ლორწოვანი გარსების ნეკროზი)
აზოტმჟავა	პირის და სასუნთქი ორგანოების გზით	8-10 გ	
ქლორწყალბადმჟავა	პირის და სასუნთქი ორგანოების გზით	10-15 გ	
ნატრიუმის ჰიდროქსიდი	პირის და სასუნთქი ორგანოების გზით მტვრის სახით	5-10 გ	ჰიდროქსილის იონები იწვევენ ცილების კოაგულაციას (სველი ნეკროზი)
კალიუმის ჰიდროქსიდი	პირის და სასუნთქი ორგანოების გზით მტვრის სახით	5-10 გ	
ამონიუმის ჰიდროქსიდი	პირის გზით ხსნარების სახით, სასუნთქი ორგანოების გზით - ამიაკის ორთქლი	10 მლ 25%-იანი ხსნარი	

ნატრიუმის ნიტრიტი	პირის გზით	0.18-2.5 გ	მონაწილეობს აზო-ნაერთების წარმოქმნის რეაქციაში; მეტჰემოგლობინის წარმოქმ-ნის პროცესში

სქემა 12.1. ბიოლოგიური მასალის ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი მინერალურ მჟავეებსა, მწვავე ტუტეებსა და მარილებზე (ნატრიუმის ნიტრიტზე)



§1. მინერალური მჟავეები

მინერალური მჟავეებით მოწამვლის დასადგენად აუცილებელია დიალიზატის გადადენა. ამ დროს გადაიდენება მხოლოდ თავისუფალი მჟავები. მჟავათა მარილები, რომლებიც გამონაწვლილში (დიალიზატში) ხვდებიან საკვლევი ობიექტებისაგან, არ გადაიდენებიან. იმის გათვალისწინებით, რომ ზოგიერთი მჟავა (გოგირდმჟავა და აზოტმჟავა) გადაიდენება ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე, ხშირად ახდენენ მათ აღდგენას უფრო აქროლად ნივთიერებებამდე, რომლებიც გადადენის პროცესში ადვილად გადადიან დისტილატებში. ასე მაგალითად გოგირდმჟავა გადაყავთ გოგირდოვან მჟავაში, რომელიც ქროლდება SO_2-ის სახით. აზოტმჟავა გადაყავთ აზოტის ჟანგეულებში. ქლორმჟავა აქროლადია თავისთავად და არ საჭიროებს უფრო აქროლად ნივთიერებაში გადაყვანას.

1.1. გოგირდმჟავა (H_2SO_4)

გოგირდმჟავით მოწამვლაზე შეიძლება მიუთითებდეს საკვლევი ობიექტების გარეგნული სახე. მაგალითად იმ პირებს, რომლებმაც მიიღეს ეს მჟავა დაზიანებული ექნებათ ტუჩები, ენა, საყლაპავი, კუჭი და ა.შ. (<u>მიღებული ექნებათ შავი ფერი</u>). გოგირდმჟავას <u>დამახასიათებელია ნახშირწყალბადების</u> დანახშირება – შავი შეფერვა, ხოლო ტანსაცმელი, რომელზეც მოხვდა გოგირდმჟავა დამწვარი იქნება. გოგირდმჟავით მოწამვლის დამადასტურებელია მისი აღმოჩენა დიალიზატების გადადენისას მიღებულ დისტილატში.

დისტილატში გოგირდმჟავას აღმოსაჩენად გამოიყენება რეაქციები – ბარიუმის ქლორიდთან, ტყვიის აცეტატთან და ნატრიუმის როდიზონატთან:

- **რეაქცია ბარიუმის ქლორიდთან** - 3-5 წვეთ დისტილატს ამატებენ 5% ბარიუმის ქლორიდის ხსნარის 1-2 წვეთს. თეთრი ნალექის წარმოქმნა მიუთითებს გოგირდმჟავას არსებობაზე. წარმოქმნილი ნალექი არ იხსნება აზოტმჟავაში, მარილმჟავაში და ტუტეებში.

  $$BaCl_2+H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow+2HCl$$

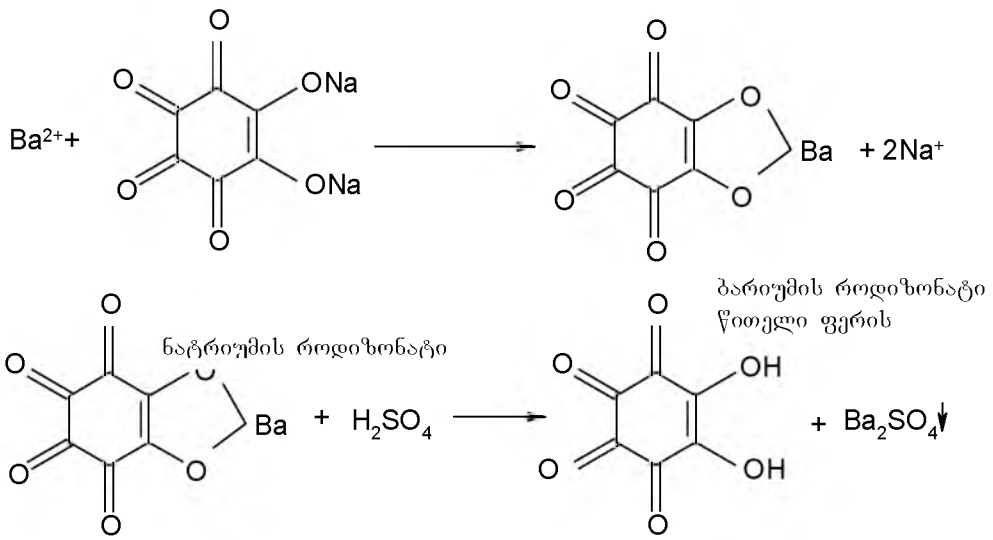
- **რეაქცია ტყვიის აცეტატთან** – დისტილატის რამდენიმე წვეთს ამატებენ 3% ტყვიის აცეტატის ხსნარის 2-3 წვეთს. გოგირმჟავას არსებობისას

გამოილექება თეთრი ნალექი, რომელიც არ იხსნება აზოტმჟავაში, იხსნება მწვავე ტუტეებში და ამონიუმის აცეტატის ხსნარში გაცხელებისას:

$$PbSO_4+4NaOH \rightarrow Na_2PbO_2+Na_2SO_4+2H_2O;$$

$$2PbSO_4+2CH_3COONH_4 \rightarrow [Pb(CH_3COO)_2PbSO_4]+(NH_4)_2SO_4$$

- **რეაქცია ნატრიუმის როდიზონატთან** დამყარებულია იმაზე, რომ ნატრიუმის როდიზონატი ბარიუმის მარილებთან წარმოქმნის წითელი ფერის ბარიუმის როდიზონატს, რომელიც გოგირდმჟავას ან სულფატების დამატებისას იშლება. ამ დროს წარმოქმნილ ბარიუმის სულფატის ნალექს აქვს თეთრი ფერი, ბარიუმის როდიზონატის წითელი ფერი კი ქრება:



თეთრი ფერის

რეაქციის ჩასატარებლად ფილტრის ქაღალდზე აწვეთებენ ბარიუმის ქლორიდის 1%-იანი ხსნარის წვეთს და ნატრიუმის როდიზონატის ახლადმომზადებული 0.2% ხსნარის წვეთს. ამ დროს ქაღალდზე არსებული ლაქა **გაწითლდება.** ამ წვეთზე ამატებენ 1-2 წვეთ დისტილატს. დისტილატში გოგირდმჟავას არსებობისას ლაქის ფერი ქრება. <u>ეს რეაქცია სპეციფიკურია სულფატებზე და გოგირდმჟავაზე</u>.

რაოდენობითი განსაზღვრა – დიალიზატის გარკვეულ რაოდენობას ტიტრავენ 0.1 M NaOH –ის ხსნარით. ინდიკატორი – მეთილნარინჯი. სტანდარტისა და საანალიზო

დიალიზატის რაოდენობრივი განსაზღვრის შედეგად მიღებული H_2SO_4-ის დადგენილ რაოდენობებს ერთმანეთს ადარებენ.

1.2. აზოტმჟავა (HNO_3)

აზოტმჟავით მოწამვლისას ზიანდება ენის, საყლაპავის ქსოვილები, კუჭის ლორწოვანი, ზოგჯერ სახის კანი. დაზიანებული ადგილები ყვითლად არიან შეფერილი. თუ აზოტმჟავას კონცენტრაცია 20%-ზე ნაკლებია ყვითელი შეფერვა არ აღინიშნება.

<u>აზოტმჟავას გამოსაყოფად ბიოლოგიური მასალიდან</u> – გვამის ორგანოებიდან და ქსოვილებიდან იზოლირების მიზნით, ობიექტებს აწვრილმანებენ, ასხამენ გამოხდილ წყალს. მიღებულ ნარევს აყოვნებენ 1-2 სთ განმავლობაში, შემდეგ ფილტრავენ, ახდენენ ფილტრატის დიალიზს. აზოტმჟავას არსებობისას მიღებულ დიალიზატს უნდა ჰქონდეს მჟავა რეაქცია და იძლეოდეს დადებით რეაქციას ნიტრატ იონზე.

დისტილატში ნიტრატ იონის აღმოჩენა ჯერ კიდევ არ არის აზოტმჟავით მოწამვლის დამამტკიცებელი, რადგან ამ იონებს შეიცავს არა მარტო აზოტმჟავა, არამედ მისი მარილებიც. ამიტომ, აზოტმჟავას გადადენიან დიალიზატიდან და შემდეგ განსაზღვრავენ მას დისტილატში. აზოტმჟავას მარილები არ გადაიდენება, ამიტომ ისინი არ იქნება დისტილატში.

<u>აზოტმჟავის გადადენა დიალიზატიდან</u> – განზავებული ხსნარიდან აზოტმჟავა მაშინვე არ გადაიდენება. ჯერ გადაიდენება წყალი და ბოლოს გადაიდენება აზოტმჟავაც. ამიტომ, მჟავას შემცველ დიალიზატებს გადადენიან ხოლმე თითქმის ამოშრობამდე. დიალიზატებზე სპილენძის ნაქლიბის დამატება ხელს უწყობს აზოტმჟავას გადადენას. ამ დროს წარმოიქმნება აზოტის (II) ოქსიდი, რომელიც ჰაერის ჟანგბადით იჟანგება აზოტის ოქსიდამდე (IV). აზოტის (IV) ოქსიდი მიმღებში რეაგირებს წყალთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება აზოტის და აზოტოვანი მჟავები:

$$2HNO_3+3Cu \rightarrow 2NO+CuO+H_2O$$

$$3CuO+6HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2+3H_2O$$

$$2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2$$

$$2NO_2+H_2O \rightarrow HNO_2+HNO_3$$

მიმღებში წარმოქმნილ აზოტმჟავას საზღვრავენ ქვემოთ მოყვანილი რეაქციებით:

- <u>რეაქცია დიფენილამინთან</u> დამყარებულია აზოტმჟავით დიფენილამინის დაჟანგვაზე. ამ დროს თავდაპირველად წარმოიქმნება უფერო დიფენილბენზიდინი, რომელიც შემდგომი დაჟანგვისას გარდაიქმნება **ლურჯად** შეფერილ ნაერთად.

რეაქციას ატარებენ კარგად გარეცხილ და შემდეგ გამომშრალ საათის მინაზე ან ფირფიტაზე. დააწვეთებენ 4-5 წვ დიფენილამინის 1% ხსნარს კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში და ამატებენ დისტილატის ერთ წვეთს. აზოტმჟავას არსებობის შემთხვევაში **წარმოიქმნება ლურჯი ფერი**. აზოტმჟავას გარდა ამ რეაქციას იძლევიან ნიტრატები, ნიტრიტები, ქრომატები და ზოგიერთი სხვა დამჟანგველი.

- <u>რეაქცია ბრუცინთან</u> – საათის მინაზე ან ფირფიტაზე ათავსებენ დისტილატის რამდენიმე წვეთს და ამატებენ 3 წვ ახლადმომაზდებულ ბრუცინის 0.02%-იანი ხსნარს კონც. გოგირდმჟავაში. საკვლევ ხსნარში აზოტმჟავას არსებობისას **წარმოიქმნება წითელი შეფერვა**. ბრუცინთან იმავე შეფერვას იძლევიან ნიტრიტები, პეროქსიდები და ზოგიერთი სხვა დამჟანგველები.
- <u>შალეულის შეფერვა</u> - კონც. აზოტმჟავა თეთრი ფერის შალის ძაფს **აყვითლებს**. ამიაკის მიმატებით ძაფის ყვითელი შეფერვა გადადის **ნარინჯისფერში**.

<u>ნიტრიტების მოცილება საკვლევი ხსნარიდან</u> - აზოტმჟავაზე დიფენილამინთან და ბრუცინთან ზემოთ აღწერილ რეაქციებს იძლევა აზოტოვანი მჟავაც. ამიტომ აზოტმჟავაზე რეაქციების ჩატარებემდე საკვლევი ხსნარი უნდა შემოწმდეს აზოტოვანი მჟავისა და მისი მარილების არსებობაზე.

<u>აზოტოვანი მჟავას არსებობისას საჭიროა მისი მოცილება ხსნარიდან და შემდეგ რექციების ჩატარება აზოტმჟავაზე.</u>

<u>ხსნარიდან აზოტოვანი მჟავას მოსაცილებლად</u> მოწოდებულია რამდენიმე ხერხი, რომლებიც ემყარება ამ მჟავას შარდოვანით ($O=C(NH_2)_2$), სულფამინური (ამიდოსულფონის - $HOSO_2NH_2$) მჟავით, ამონიუმის მარილებით, ნატრიუმის აზიდით

(NaN_3)და სხვებით დაშლაზე. ყველა ამ რეაქციებისას მიმდინარეობს აზოტოვანი მჟავის დაშლა აზოტის გამოყოფით:

$$2HNO_2+O=C(NH_2)_2 \rightarrow 2N_2+CO_2+3H_2O$$

$$HNO_2+HOSO_2NH_2 \rightarrow N_2+H_2SO_4+H_2O$$

$$HNO_2+NH_4Cl \rightarrow N_2+2H_2O+HCl$$

$$HNO_2+NaN_3+CH_3COOH \rightarrow N_2+N_2O+CH_3COONa+H_2O$$

აზოტოვანი მჟავის დაშლა მოსახერხებელია <u>სულფამინის მჟავასთან რეაქციით</u>: <u>რეაქციის შესრულება</u> - 1-2 წვ დისტილატს ამატებენ ძმარმჟავის 2 M ხსნარის 0.5 მლ-ს და სულფამინის მჟავას რამდენიმე კრისტალს. ხსნარში აზოტოვანი მჟავას არსებობისას მაშინვე, რამდენიმე წუთში მიმდინარეობს აზოტის მძაფრად გამოყოფა. როდესაც აზოტის გამოყოფა დამთავრდება, ხსნარს კიდევ ამატებენ სულფანილის მჟავის 1-2 კრისტალს. გაზის გამოყოფის შეწყვეტა მიუთითებს აზოტმჟავას სრულ დაშლაზე.

ხსნარზე, რომელიც უკვე აღარ შეიცავს აზოტოვან მჟავას, ატარებენ ზემოთ აღწერილ რეაქციებს აზოტმჟავის აღმოსაჩენად.

<u>1.3. ქლორწყალბადმჟავა (HCl)</u>

თავისუფალ მარილმჟავას მცირე რაოდენობით შეიცავს კუჭის წვენი, ხოლო მის მარილებს ორგანიზმის ქსოვილები.

ბიოლოგიური მასალის გამოკვლევისას მარილმჟავას არსებობაზე საკვლევ ობიექტს აწვრილმანებენ, მასზე ასხამენ გამოხდილ წყალს, დააყოვნებენ 1-2სთ და ფილტრავენ, შემდეგ კი ახდენენ ფილტრატის დიალიზს.

დიალიზატს ამოწმებენ მარილმჟავას არსებობაზე ვერცხლის ნიტრატთან რეაქციით (ვერცხლის ქლორიდის (AgCl) თეთრი, ხაჭოსებრი ნალექის წარმოქმნა). დიალიზატიდან ახდენენ მარილმჟავას გადადენას, მისი მარილები კი რჩებახსნარში.

მარილმჟავა თავისი ძალიან განზავებული წყლიანი ხსნარებიდან არ გადაიდენება. ჯერ გადადენიან წყალს, ხოლო როდესაც მარილმჟავას კონცენტრაცია 10%-ს მიაღწევს, მაშინ იწყება უკვე მარილმჟავას გადადენის პროცესი. ამიტომ, საკვლევ დიალიზატს, რომელიც შეიცავს მარილმჟავას, გადადენიან თითქმის ამოშრობამდე.

მარილმჟავა დიალიზატიდან შეიძლება გადაიდენოს იმ შემთხვევაშიც, როცა მოწამვლა განვითარდა არა მარილმჟავით, არამედ გოგირდმჟავით, რომელიც ქლორიდებთან ურთიერთქმედების დროს (რომელიც არის ბიოლოგიურ მასალაში) იძლევა მარილმჟავას.

ამიტომ მარილმჟავაზე რეაქციების ჩატარებამდე, დიალიზატში იკვლევენ გოგირდმჟავას არსებობას. დიალიზატში გოგირდმჟავას არარსებობისას, იკვლევენ მარილმჟავას არსებობას.

<u>რეაქცია ვერცხლის ნიტრატთან</u> – 1-2 მლ დისტილატს ამატებენ 1-2 წვ 5% ვერცხლის ნიტრატის ხსნარს და 1 მლ განზავებულ აზოტმჟავას. ვერცხლის ქლორიდის თეთრი ნალექის წარმოქმნა, რომელიც იხსნება ამიაკში, მიუთითებს დისტილატში მარილმჟავას არსებობაზე.

<u>რეაქცია კალიუმის ქლორატთან</u> – 1 მლ დისტილატს ამატებენ კალიუმის ქლორატის ($KClO_3$), რამდენიმე კრისტალს და აცხელებენ. დისტილატში მარილმჟავას არსებობისას გამოიყოფა თავისუფალი ქლორი, რომელიც შეიძლება აღმოვაჩინოთ იოდსახამებლიანი ქაღალდის გალურჯებით:

$$6HCl+KClO_3 \rightarrow 3Cl_2+KCl+3H_2O$$

$$Cl_2+2KJ \rightarrow J_2+2KCl$$

<u>იოდსახამებლიანი ქაღალდის მომზადება</u> – ბრინჯის ან კარტოფილის სახამებლის მცირე რაოდენობას ამატებენ ასევე მცირე რაოდენობით წყალს და კარგად შეურევენ. მიღებულ სუსპენზიას მცირე ულუფებით ასხამენ მდუღარე წყალში აგრძელებენ შერევას და დუღებას გამჭვირვალე ხსნარის მიღებამდე. სახამებლის გაცივებულ ხსნარს ამატებენ მცირე რაოდენობით კალიუმის იოდიდს. ამ ხსნარით გაჟღინთავენ ფილტრის ქაღალდს და აშრობენ.

§2. მწვავე ტუტეები და ამიაკი

ტუტეებიდან ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს კალიუმის და ნატრიუმის ჰიდროქსიდებს და ამიაკს. სხვა ტუტეებით მოწამვლა გვხვდება შედარებით იშვიათად.

მწავავე ტუტეებით მოწამვლის დასტურია ბიოლოგიური მასალიდან მიღებული გამონაწვლილების აშკარად გამოხატული ტუტე რეაქცია და მასში შესაბამისი ლითონების კათიონების არსებობა. საკვლევი ობიექტის არის ტუტიანობას საზღვრავენ ფენოლფტალეინის მეშვეობით, რომელიც ხდება ჟოლოსფერი pH 8-10 დროს. ფენოლფტალეინის ფერის შეცვლა განპირობებულია, არა მარტო მწავავე ტუტეებით, არამედ ტუტე ლითონების კარბონატების ზეგავლენით, რომელთა ჰიდროლიზის დროს გამოიყოფიან მწავავე ტუტეები. ამიტომ, გამონაწვლილის მწავავე ტუტეებზე გამოკვლევისას ამოწმებენ pH-ს და ტუტე და ტუტე-მიწათა ლითონების კარბონატების არსებობას.

ბიოლოგიური მასალის წყლიანი გამონაწვლილების ნაწილს ამატებენ ბარიუმის ქლორიდის 5%-იანი ხსნარის რამდენიმე წვეთს და 2-3 წვ ფენოლფტალეინის სპირტიან ხსნარს.

გამონაწვლილში ტუტე ლითონების კარბონატების არსებობისას გამოილექება **$BaCO_3$-ის თეთრი ნალექი** და ქრება ხსნარის ვარდისფერი ან ჟოლოსფერი შეფერვა (ფენოლფტალეინის შეფერვა).

თუ გამონაწვლილში არის მწავავე ტუტეები და არ არის კარბონატები, მაშინ ბარიუმის ქლორიდის დამატების შემდეგ $BaCO_3$-ის თეთრი ნალექის წარმოქმნას ადგილი არ ექნება, მაგრამ შენარჩუნდება გამონაწვლილების ვარდისფერი ან ჟოლოსფერი შეფერილობა.

წყლიან გამონაწვლილებში ტუტე ლითოენების კარბონატების და მწავავე ტუტეების ნარევის არსებობისას, $BaCl_2$-ის დამატების შემდეგ წარმოიქმნება $BaCO_3$-ის თეთრი ნალექი და შენარჩუნდება გამონაწვლილის ვარდისფერი და წითელი შეფერილობა.

<u>ბიოლოგიური მასალიდან მწავავე ტუტეების გამოყოფა</u> – საკვლევ ობიექტებს აწვრილმანებენ, ამატებენ გამოხდილ წყალს და აყოვნებენ 2-3 სთ. შემდეგ მიღებულ ნარევს ფილტრავენ, ფილტრატს ამატებენ ფენოლფტალეინის სპირტიანი

ხსნარის 2-3 წვეთს. ვარდისფერი ან ჟოლოსფერი შეფერვის წარმოქმნა მიუთითებს გამონაწვლილებში მწვავე ტუტეების ან ტუტე ლითონების კარბონატების არსებობაზე. ამის შემდეგ, გამონაწვლილებს ამოწმებენ ტუტე ლითონების კარბონატების (ბარიუმის ქლორიდთან რეაქციით) და მათში კალიუმის, ნატრიუმის და ამონიუმის კათიონების არსებობაზე.

2.1. კალიუმის ჰიდროქსიდი (KOH)

ბიოლოგიური მასალის წყლიანი გამონაწვლილების და დიალიზატების აშკარა ტუტე რეაქცია, კარბონატების არ არსებობა და გამონაწვლილებში კალიუმის იონების არსებობა მიუთითებს ბიოლოგიურ მასალაში კალიუმის ჰიდროქსიდის შემცველობაზე.

დიალიზატში კალიუმის იონების აღმოსაჩენად იყენებენ ნატრიუმის ჰიდრო-ტარტრატთან - ($NaHC_4H_4O_6$) და ნატრიუმის კობალტნიტრატთან ($Na_3[Co(NO_2)_6]$) რეაქციებს. ეს რეაქტივები ნეიტრალურ ან სუსტ მჟავა ხსნარებში კალიუმის იონებთან გვაძლევენ ნალექს.

ვინაიდან ორივე რეაქტივი კალიუმის იონებთან გვაძლევს რეაქციას ნეიტრალურ და სუსტ მჟავა არეში, დიალიზატებს, რომლებსაც აქვთ ტუტე რეაქცია ძმარმჟავის ხსნარით ანეიტრალებენ და მიჰყავთ სუსტ მჟავა რეაქციამდე (pH=3-4). ამის შემდეგ იწყებენ კალიუმის იონების აღმოჩენას დიალიზატში:

<u>რეაქცია ნატრიუმის ჰიდროტარტრატთან</u> – ნატრიუმის ჰიდროტარტრატი ნეიტრალურ და ძმარმჟავა ხსნარებში კალიუმის იონებთან იძლევა **თეთრი ფერის $KHC_4H_4O_6$-ის კრისტალურ ნალექს**. ეს ნალექი იხსნება ცხელ წყალში, მინერალურ მჟავებსა და ტუტეებში. სინჯარის კედლის მინის წკირით გახეხვა აჩქარებს ნალექის გამოყოფას.

რეაქციას ატარებენ შემდეგნაირად: პატარა სინჯარაში შეაქვთ გამოსაკვლევი დიალიზატის 3-5 წვ, ამატებენ 4-4 წვ ნატრიუმის ჰიდროტარტრატის 1N ხსნარს და იმავე მოცულობის 2N ღვინის მჟავას ხსნარის და 2N ნატრიუმის აცეტატის ხსნარის ნარევის თანაბარ მოცულობის 3-4 წვეთს, სინჯარის კედელს ფრთხილად გახეხავენ მინის წკირით. კალიუმის იონების არსებობისას გამოიყოფა **თეთრი კრისტალური** ნალექი. რეაქციას ხელს უშლიან ამონიუმის იონები, რომლებიც ნატრიუმის ჰიდროტარტრატთან ასევე იძლევა ნალექს.

<u>რეაქცია ნატრიუმის კობალტნიტრიტთან</u> – ნატრიუმის კობალტნიტრიტი $Na_3[Co(NO_2)_6]$ ნეიტრალური და სუსტი მჟავა ხსნარებიდან ლექავს კალიუმის იონებს **$K_2Na[Co(NO_2)_6]$-ის ყვითელი კრისტალური** ნალექის სახით.

ძლიერ მჟავა არეში ადგილი აქვს რეაქტივის დაშლას არამდგრადი მჟავას $H_3[Co(NO_2)_6]$ წარმოქმნით, ხოლო ტუტე არეში რეაქტივის დაშლისას, წარმოიქმნება $Co(OH)_3$–ის ნალექი. სინჯარის კედლების გახეხვა მინის წკირით აჩქარებს ნალექის გამოყოფას. რეაქტივი უნდა იყოს ახლადმომზადებული.

<u>რეაქციას ატარებენ შემდეგნაირად</u>: საკვლევი დიალიზატის 3-5 წვ შეაქვთ პატარა სინჯარაში და ამატებენ ნატრიუმის კობალტნიტრიტის ხსნარის 2-3წვ. ყვითელი ნალექის წარმოქმნა მიუთითებს კალიუმის იონების არსებობაზე დიალიზატში. რეაქციის ჩატარებას ხელს უშლიან ამონიუმის იონები, იოდიდები და ზოგიერთი აღმდგენელები.

<u>ნატრიუმის კობალტ ნიტრიტის ხსნარის მომზადება:</u> 50 მლ წყალში ხსნიან 23 გ ნატრიუმის ნიტრიტს, მიღებულ ხსნარს ამატებენ 3 გ კობალტის (III) ნიტრიტს, 20 მლ 5 M ძმარმჟავას ხსნარს და წყალს 100 მლ-მდე. ტოვებენ 24 სთ-ის განმავლობაში, შემდეგ ფილტრავენ და იყენებენ მხოლოდ ახლადმომზადებულ ხსნარს.

<u>2.2. ნატრიუმის ჰიდროქსიდი (NaOH)</u>

ნატრიუმის ჰიდროქსიდით მოწამვლისას ბიოლოგიური მასალიდან წყლიან გამონაწვლილებს და დიალიზატებს აქვს აშკარად გამოხატული ტუტე რეაქცია და მათში არის ნატრიუმის იონები.

დიალიზატში ნატრიუმის იონების არსებობას საზღვრავენ კალიუმის ჰიდროქსისტიბიატთან (კალიუმის ანთიმონატთან) და თუთია-ურანილაცეტატთან რეაქციით.

<u>რეაქცია კალიუმის ჰიდროქსისტიბიატთან</u> – ნატრიუმის იონების აღმომჩენ ერთ-ერთ რეაქტივს წარმოადგენს კალიუმის ჰიდროქსისტიბიატი, რომელსაც სხვადასხვა ლიტერატურულ წყაროში რამდენიმე ფორმულით გამოსახავენ: $KSbO_3 \cdot 3H_2O$; KH_2SbO_4; $K[Sb(OH)_6]$.

ეს რეაქტივი ნეიტრალურ და სუსტ ტუტე არეში ნატრიუმის იონებთან იძლევა $Na[Sb(OH)_6]$ თეთრ კრისტალურ ნალექს.

ნატრიუმის ჰიდროქსისტიბიატის (ანთიმონატის) ნალექი იხსნება ცხელ წყალში და ტუტეებში. მჟავა არეში მიმდინარეობს რეაქტივის დაშლა მეტასტიბიუმის მჟავას ($HSbO_3$) ამორფული ნალექის წარმოქმნით.

მეტასტიბიუმის მჟავას ნალექის წარმოქმნამ შეიძლება მიგვიყვანოს მცდარ დასკვნამდე, რადგან $HSbO_3$ ნალექი შეიძლება მიჩნეული იყოს $Na[Sb(OH)_6]$ ნალექად. აღნიშნულიდან გამომდინარე, რეაქცია უნდა ჩატარდეს ნეიტრალურ არეში. ტუტე ხსნარებს ანეიტრალებენ ძმარმჟავით. სინჯარის კედლის მინის წკირით გახეხვა აჩქარებს ნალექის გამოყოფას.

რეაქცია ტარდება შემდეგნაირად – ძმარმჟავით განეიტრალებული დიალიზატის 3-5 წვეთს ამატებენ 2-3 წვეთ კალიუმის ჰიდროქსისტიაბიატის ხსნარს. სინჯარის კედლებს ხეხავენ მინის წკირით. **თეთრი ფერის კრისტალური ნალექის** წარმოქმნა მიუთითებს გამონაწვლილში ნატრიუმის იონების არსებობაზე.

ნატრიუმის იონების მცირე კონცენტრაციის დროს ნალექი შეიძლება წარმოიქმ-ნას გარკვეული დროის შემდეგ. ამიტომ ახდენენ მცირე რაოდენობით ნატრიუმის შემცველი ხსნარების წინასწარ კონცენტრირებას აქროლების დახმარებით. რეაქციას ხელს უშლიან ამონიუმის, მაგნიუმის, ლითიუმის და სხვათა იონები. ამონიუმის იონების არსებობისას წარმოიქმნება HSbO-ის ნალექი, ხოლო მაგნიუმის და ლითიუმის იონების არსებობისას – ამ იონების ანთიმონატების თეთრი ნალექი.

<u>კალიუმის ჰიდროქსისტიბიატის ხსნარის მომზადება</u> - კალიუმის ჰიდროქსისტი-ბიატის 2.2გ-ს ხსნიან 100 მლ ცხელ წყალში. მიღებულ ხსნარს ადუღებენ 2წთ განმავლობაში. გაცივების შემდეგ ხსნარს ამატებენ 3.5 მლ 6 M კალიუმის ჰიდროქ-სიდის ხსნარს, ტოვებენ 24 სთ განმავლობაში და შემდეგ ფილტრავენ.

<u>რეაქცია თუთია-ურანილაცეტატთან</u> - ურანილაცეტატი $UO_2(CH_3COO)_2$ ნეიტრა-ლურ ან ძმარმჟავა ხსნარში ნატრიუმის მარილებთან იძლევა **მომწვანო-ყვითელ კრისტალურ $NaUO_2(CH_3COO)_3$-ის ნალექს**.

ამ რეაქციის მგრძნობელობას ამაღლებს თუთიის ან მაგნიუმის იონების არსე-ბობა. ამიტომ ნატრიუმის იონებისათვის რეაქტივად იყენებენ თუთია-ურანილ-

აცეტატს ($Zn(UO_2)_3(CH_3COO)_8$). ეს რეაქტივი ნატრიუმის იონებთან წარმოქმნის **$NaZn(UO_2)_3(CH_3COO)_9$ კრისტალურ ნალექს.**

ნატრიუმის იონებზე რეაქცია შეიძლება შესრულდეს სინჯარაში და სასაგნე მინაზე. ამ რეაქციის შესასრულებლად იყენებენ ძმარმჟავით განეიტრალებულ დიალიზატს.

1. დიალიზატის 3-4 წვ შეაქვთ სინჯარაში, ამატებენ 8-10 წვეთ თუთია-ურანილ-აცეტატის ხსნარს. **მომწვანო-ყვითელი** ფერის ნალექის წარმოქმნა მიუთითებს დიალიზატში ნატრიუმის იონების არსებობაზე.
2. სასაგნე მინაზე აწვეთებენ დიალიზატის წვეთს, აქროლებენ ამოშრობამდე. მინის გაცივების შემდეგ მშრალი ნაშთის გვერდზე შეაქვთ 1-2 წვეთი თუთია-ურანილაცეტატის 1-2 წვეთი. მინის წკირის წვეტიანი ბოლოთი რეაქტივს შეურევენ მშრალ ნაშთს. ნატრიუმის იონების არსებობისას წარმოიქმნება ღია ყვითელი ან მომწვანო-ყვითელი ტეტრაედრის ან ოქტაედრის ფორმის კრისტალები.

ამონიუმის და კალიუმის იონები ამ რეაქციას ხელს უშლიან მაშინ, როდესაც მათი კონცენტრაცია ნატრიუმის იონების კონცენტრაციაზე 20-ჯერ მეტია. ამ რეაქციას ხელს უშლიან აგრეთვე არსენატები და ფოსფატები, რომლებიც შლიან რეაქტივს და იძლევიან თუთიის ფოსფატს ან არსენატს.

<u>თუთია-ურანილაცეტატის ხსნარის მომზადება</u>: 55 მლ წყალს ამატებენ 10 გ ურანილის აცეტატს, 30გ თუთიის აცეტატს და 9 მლ 6 M ძმარმჟავას ხსნარს. ამ ნარევს აცხელებენ რეაქტივის გახსნამდე და შემდეგ ამატებენ წყალს 100 მლ-მდე. 24 სთ-ის შემდეგ მიღებულ ხსნარს ფილტრავენ და იყენებენ რეაქტივის სახით.

<u>2.3. ამონიუმის ჰიდროქსიდი (ამიაკი) – (NH_4OH)</u>

ამიაკით მოწამვლაზე დასკვნის გაკეთების საფუძველს იძლევა გვამის ორგანოების წყლიანი გამონაწვლილის მკვეთრად გამოხატული ტუტე რეაქცია (ფენოლფტალეინით) და მასში ამონიუმის იონების არსებობა.

თუმცა, ბიოლოგიურ მასალაში ამიაკის აღმოჩენა ყოველთვის არ იძლევა საშუალებას დავასკვნათ, რომ მოწამვლა მოხდა ამ ნივთიერებით. ეს აიხსნება იმით, რომ გვამის ორგანოების გახრწნისას და ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტების ლპობისას ყოველთვის წარმოიქმნება ამიაკის გარკვეული რაოდენობა.

ბიოლოგიური მასალის ლპობისას ამიაკის გარდა წარმოიქმნება გოგირდწყალბადი და სხვა ნივთიერებები.

ამიტომ, ქიმიკოს-ექსპერტი ბიოლოგიური მასალის წყლიანი გამონაწვლილების ან დიალიზატების გამოკვლევამდე ვალდებულია შეამოწმოს ისინი გოგირდწყალბადის (როგორც ცილოვანი ნაერთების ლპობის ერთ-ერთი პროდუქტის) არსებობაზე. გოგირდწყალბადის აღმოჩენა მიუთითებს საკვლევ ობიექტში ლპობის პროცესის მიმდინარეობაზე, რომლის შედეგად წარმოიქმნება, როგორც გოგირწყალბადი, ასევე ამიაკი. ამიტომ გოგირდწყალბადის აღმოჩენისას ამიაკის აღმოჩენას აღარ აწარმოებენ. ამიაკის არსებობაზე ამოწმებენ გვამის მხოლოდ იმ ორგანოებს, რომლებშიც ლპობისთვის დამახასიათებელი ცვლილებები არ დაფიქსირებულა და რომლებიც არ შეიცავენ გოგირდწყალბადს.

გოგირდწყალბადის აღმოჩენა – ბიოლოგიურ მასალის წყლიანი გამონაწვლილის ან დიალიზატის 3-5 მლ შეაქვთ 50 მლ მოცულობის კოლბში, რომელსაც ამატებენ 10% მარილმჟავას ხსნარს მჟავა რეაქციის მიღებამდე (ლაკმუსის ქაღალდი უნდა გაწითლდეს). კოლბას მაშინვე ახურავენ საცობს, რომლის ქვედა მხარეს დამაგრებულია ტყვიის აცეტატში შესველებული ფილტრის ქაღალდი. გოგირდწყალბადის არსებობისას წარმოქმნება ტყვიის სულფიდი და ქაღალდი შავდება.

ტყვიის აცეტატით შესველებული ქაღალდის მომზადება – ტყვიის აცეტატის 5% ხსნარს ამატებენ ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 5%-იან ხსნარს მიღებული ნალექის გასახსნელად. მიღებულ ხსნარში 1-2 წთ ჩაყურსავენ ფილტრის ქაღალდის ნაჭერს და აშრობენ ჰაერზე.

რეაქცია სპილენძის სულფატთან და ლაკმუსთან - 50 მლ მოცულობის კოლბში შეაქვთ ბიოლოგიური მასალის წყლიანი გამონაწვლილის ან დიალიზატის 10-15 მლ. ახურავენ საცობს, რომელშიც ქვედა მხრიდან მიმაგრებულია ლაკმუსის და სპილენძის სულფატით შესველებული ფილტრის ქაღალდები. ბიოლოგიურ მასალაში ამიაკის არსებობის შემთხვევაში ორივე ფილტრის ქაღალდი ლურჯდება (სპილენძის სულფატთან წარმოიქმნება ლურჯი ფერის კომპლექსნაერთი – $[Cu(NH_3)_4]SO_4$). გალურჯება მიუთითებს ამიაკის არსებობაზე ბიოლოგიურ მასალაში. კოლბის წყლის აბაზანაზე შეთბობა აჩქარებს საინდიკატორი ქაღალდის ფერის ცვლილებას.

<u>რეაქცია ნესლერის რეაქტივთან</u> – ამიაკის შემცველ ბიოლოგიურ მასალაზე ნესლერის რეაქტივის დამატება იწვევს დიიოდმერკურ-ამონიუმის იოდიდის ნალექის გამოყოფას:

$$NH_4^+ + 2[HgJ_4]^{2-} + 2OH^- \rightarrow \left[{}^{JHg}_{JHg}{}^{\diagup\diagdown}NH_2\right]J + 5J^- + 2H_2O$$

<u>რეაქციას ატარებენ შემდეგნაირად</u>: სინჯარაში შეაქვთ საკვლევი გამონაწვლილის ან დიალიზატის 1-2 წვ, ამატებენ 3-5 წვ წყალს და 3-4 წვ ნესლერის რეაქტივს. ამიაკის არსებობისას გამოიყოფა **მოყვითალო მურა ან ნარინჯისფერ-ყვითელი ნალექი**. რეაქციას ხელს უშლის რკინის (III) იონები და სხვა იონები, რომლებიც ტუტეებთან იძლევიან ნალექს, აგრეთვე ვერცხლისწყლის (II), სტიბიუმის (III), კალას (II) იონები, რომლებიც რეაგირებენ იოდის იონებთან და შლიან ნესლერის რეაქტივს.

<u>ნესლერის რეაქტივის მომზადება</u> – 50 მლ წყალში ხსნიან 50 გ კალიუმის იოდიდს. მუდმივი მორევის პირობებში ამატებენ ვერცხლისწყლის (II) ქლორიდის ნაჯერ ხსნარს (6გ ვერცხლისწყლის (II) ქლორიდი 100 მლ წყალში) ვერცხლისწყლის (II) ქლორიდის მდგრადი ნალექის მიღებამდე. შემდეგ ამატებენ 200 მლ 6M KOH ხსნარს და 500 მლ მოცულობის კოლბას ავსებენ ჭდემდე წყლით. რეაქტივს ინახავენ სიბნელეში.

§3.ტუტე ლითონების მარილები

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ლაბორატორიებში გამოკვლევაზე შეიძლება მოხვდეს ტუტე ლითონების შემცველი ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტები. ამ მარილების გამოსაყოფად იყენებენ მეთოდს, რომელიც დამყარებულია ტოქსიკოლოგიურად მნიშვნელოვანი ნივთიერებების წყლით იზოლირებაზე. ასეთი ნივთიერებების რიცხვს განეკუთვნება ნიტრიტები და რიგი სხვა ნივთიერებები.

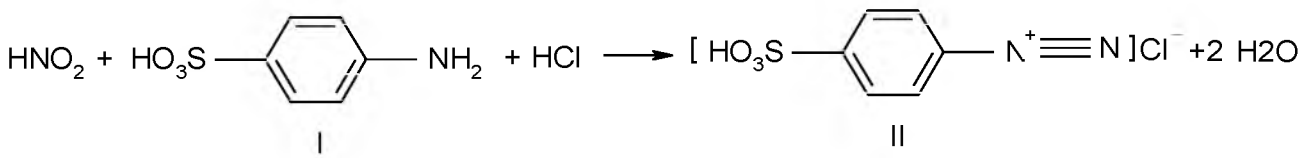
<u>§3.1. ნიტრიტები ($MeNO_2$)</u>

ნიტრიტების ბიოლოგიური მასალიდან გამოსაყოფად იყენებენ საკვლევი ობიექტების წყლით გამოწვლილვის მეთოდს, რომელიც გამოიყენება მინერალური მჟავეების და ტუტეების იზოლირების მიზნით.

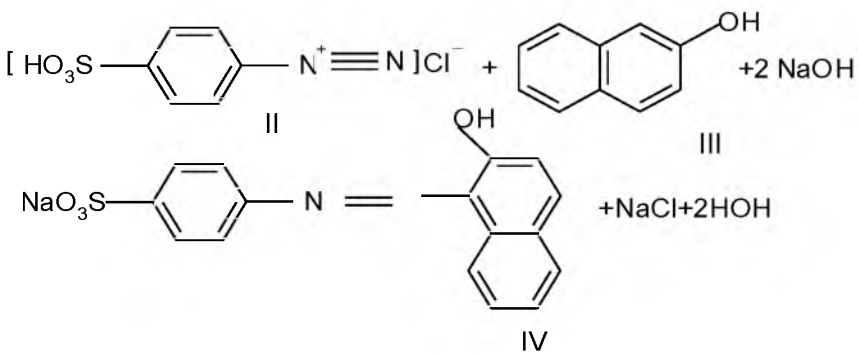
წყლიან გამონაწვლილებს ფილტრავენ, ახდენენ მიღებული ფილტრატის დიალიზს. დიალიზატები მიჰყავთ ნეიტრალურ რეაქციამდე და ახდენენ მათში ნიტრიტების აღმოჩენას დიაზოტირებული სულფანილის მჟავას რეაქციით და გრისის რეაქტივით.

<u>რეაქცია სულფანილის მჟავასა და β-ნაფტოლთან</u> – ნიტრიტების შემცველი დიალიზატების შემჟავების შემდეგ გამოიყოფა აზოტოვანი მჟავა – (HNO_2), რომელიც სულფანილის მჟავასთან (I) ან სხვა პირველად არომატულ ამინთან წარმოქმნის დიაზონიუმის (II) მარილს.

$NO_2+H^+ \rightarrow HNO_2$



მიღებული დიაზონიუმის მარილის β-ნაფტოლთან (III) შეერთებისას ტუტე არეში წარმოიქმნა აზოსაღებავი (IV):



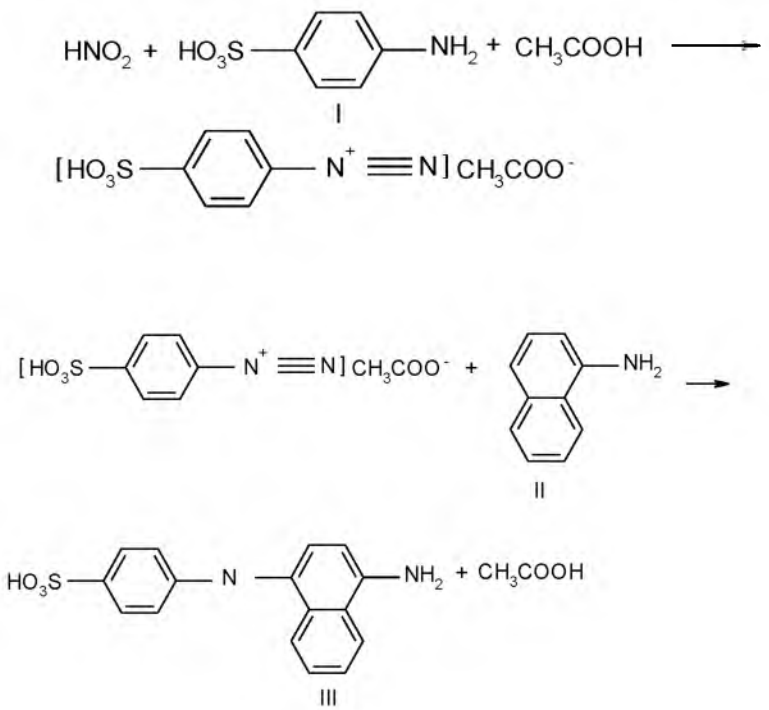
დიაზონიუმის მარილების ფენოლებთან და ამინებთან შეერთება ხდება ფენოლური ან ამინური ჯგუფების მიმართ პარამდგომარეობაში. თუ პარამდგომარეობა დაკავებულია, მაშინ შეერთება მიმდინარეობს ორთომდგომარეობაში.

<u>რეაქციის მსვლელობა</u> – მინის ფირფიტის ჩაღრმავებაში ან მინის სინჯარაში შეაქვთ 1-2 წვეთი განეიტრალებული დიალიზატი, ამატებენ 2-3 წვეთ 0.5% სულფანილის მჟავას 2% მარილმჟავაში. 3-5 წთ ამ ხსნარების ურთიერთშერევის შემდეგ ამატებენ β-ნაფტოლის ტუტე ხსნარის წვეთს.

საკვლევ ხსნარში ნიტრიტების არსებობისას წარმოიქმნება ინტენსიური ნარინჯისფერ-წითელი შეფერილობა. შეფერვის ინტენსივობა დამოკიდებულია სინჯში ნიტრიტების შემცველობაზე.

<u>β-ნაფტოლის ტუტიანი ხსნარის მომზადება</u> – 100 მლ მოცულობის გამზომ კოლბში ათავსებენ 40 მლ 10% ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარს, რომელშიც ხსნიან 2 გ β-ნაფტოლს და ამატებენ წყალს ჭდემდე. იყენებენ ახლადმომზადებულ ხსნარს.

<u>რეაქცია გრისის რეაქტივთან</u> – ეს რეაქტივი შედგება სულფანილის მჟავასა და α-ნაფტილამინისაგან. გრისის რეაქტივის ურთიერთმოქმედებისას ნიტრიტებთან წარმოიქმნება აზოსაღებავი:



<u>რეაქციის მსვლელობა</u> – სასაგნე მინის ჩაღრმავებაში ან მინის სინჯარაში შეაქვთ ნეიტრალიზირებული დიალიზატის რამდენიმე წვეთი, ამატებენ 3-4 წვეთ გრისის რეაქტივს. წყლიან გამონაწვლილში ნიტრიტების არსებობისას მაშინვე ან რამდენიმე ხნის შემდეგ წარმოიქმნება **ინტენსიური წითელი შეფერვა**. ფერის ინტენსივობა დამოკიდებულია სინჯში ნიტრიტების რაოდენობაზე.

<u>გრისის რეატივის მომზადება</u> – ამ რეაქტივის მისაღებად ამზადებენ 2 ხსნარს: 1% სულფანილის მჟავას ხსნარს 30% ძმარმჟავის ხსნარში (A ხსნარი) და 0.1% α-ნაფტილამინის ხსნარს 30% ძმარმჟავის ხსნარში (B ხსნარი). გამოყენების წინ ერთმანეთს შეურევენ A და B ხსნარების თანაბარ რაოდენობებს. რეაქტივს იყენებენ ნიტრიტების აღმოსაჩენად.

დიალიზატებში ნიტრიტების არსებობა აღნიშნული რეაქციების ჩატარებისას მტკიცდება მკვეთრად გამოხატული ფერების არსებობით.

თუ სულფანილის მჟავას ურთიერთქმედებისას გრისის რეაქტივთან წარმოიქმნა სუსტი ინტენსივობის შეფერვა, მაშინ ჩნდება კითხვა რამ განაპირობა ფერის წარმოქმნა – ნიტრიტებმა, რომლებმაც გამოიწვიეს მოწამვლა, თუ ნიტრიტებმა, რომლებიც არსებობს გარემომცველ არეში? ამ შემთხვევაში ახდენენ ნიტრიტების გადადენას დიალიზატებიდან ნახშირბადის (IV) ოქსიდის ნაკადში.

გამოსაკვლევი დიალიზატის ნაწილი შეაქვთ 50 მლ მოცულობის კოლბში და შეამჟავებენ ძმარმჟავით, რომელიც ნიტრიტებიდან აძევებს აზოტოვან მჟავას და არ აძევებს აზოტმჟავას ნიტრატებიდან. დიალიზატის შემჟავების შემდეგ კიპის აპარატიდან კოლბაში უშვებენ ნახშირბადის (IV) ოქსიდის ნაკადს, რომელსაც აზოტოვანი მჟავა ამ მისი ანჰიდრიდი გადააქვს 1%-იანი ნატრიუმის ჰიდროქსიდის შემცველ მიმღებში.

აზოტოვანი მჟავას გადადენის შემდეგ მიმღების შიგთავსს ანეიტრალებენ მარილმჟავას ან ძმარმჟავას 10%-იანი ხსნარით (არ შეიძლება ამ მჟავეების სიჭარბის დაშვება), ამის შემდეგ ნეიტრალიზებულ დისტილატში საზღვრავენ ნიტრიტების არსებობას ზემოთ აღნიშნული გრისის რეატივით, სულფანილის მჟავასა და β-ნაფტოლით, აგრეთვე იოდსახამებლიანი ქაღალდის დახმარებით.

<u>ნიტრიტების აღმოჩენა იოდსახამებლიანი ქაღალდის დახმარებით</u> – იოდსახამებლის ქაღალდზე აწვეთებენ 1% მარილმჟავას წვეთს და 3-4 წვეთ განეიტრალებული

დისტილატს. დისტილატში ნიტრიტების არსებობისას იოდსახამებლიანი ქაღალდი ლურჯდება.

<u>იოდსახამებლიანი ქაღალდის მომზადება</u> – ბრინჯის ან კარტოფილის სახამებელს საგულდაგულოდ შეურევენ მცირე რაოდენობა წყალთან, მიღებულ სუსპენზიას მცირე ულუფებით ჩაასხამენ მდუღარე წყალში, კარგად მოურევენ მინის წკირით და აგრძელებენ მის დუღილს გამჭვირვალე ხსნარის მიღებამდე. გაცივებულ ხსნარს ამატებენ მცირე ოდენობით კალიუმის იოდიდს. ამ ხსნარით გაუღანთავენ ფილტრის ქაღალდის ზოლებს და შემდეგ გააშრობენ.

სულფანილის მჟავასთან, გრისის რეაქტივთან და იოდსახამებლიან ქაღალდთან დისტილატის დადებითი რეაქციების შემთხვევაში აკეთებენ დასკვნას, რომ საკვლევი ბიოლოგიური მასალა შეიცავს ნიტრიტებს.

ზემოთ აღნიშნული რეაქციების დახმარებით აღმოჩენილი ნიტრიტების შემადგენლობას ადგენენ ნატრიუმის და კალიუმის კათიონებზე ჩატარებული რეაქციებით. ამ მიზნით იღებენ დიალიზატს და იქცევიან ისე როგორც ზემოთ არის მითითებული პარაგრაფებში §2.1. და §2.2.

მინერალური მჟავეების, მწვავე ტუტეების და მარილების აღმომჩენი რეაქციები სქემატურად მოცემულია ცხრილში 12.3.

ცხრილი 12.3. მინერალური მჟავების, მწვავე ტუტეების და მარილების აღმომჩენი რეაქციები

შხამიანი ნივთიერების სახელწოდება	ა ღ მ ო ჩ ე ნ ა
გოგირდმჟავა	– რეაქცია ბარიუმის ქლორიდან – რეაქცია ტყვიის აცეტატთან – რეაქცია ნატრიუმის როდიზონატთან
აზოტმჟავა	– რეაქცია დიფენილამინთან – რეაქცია ბრუცინთან – შალის ძაფის შეღებვის რეაქცია

ქლორწყალბადმჟავა	– რეაქცია ვერცხლის ნიტრატთან – რეაქცია კალიუმის ქლორატთან
კალიუმის ჰიდროქსიდი	– რეაქცია ნატრიუმის ჰიდროტარტრატთან – რეაქცია ნატრიუმის კობალტნიტრიტთან
ნატრიუმის ჰიდროქსიდი	– რეაქცია კალიუმის ჰიდროქსოსტიბიატთან – რეაქცია თუთია ურანილაცეტატთან
ამიაკი	– რეაქცია სპილენძის სულფატთან და ლაკმუსთან – რეაქცია ნესლერის რეაქტივთან
ნატრიუმის ნიტრიტი	– რეაქცია სულფანილის მჟავასა და β-ნაფტოლთან – რეაქცია გრისის რეაქტივთან – რეაქცია იოდსახამებლიან ქაღალდთან

თავი 13.

„სამკურნალო შხამები“- ნივთიერებათა ჯგუფი, რომელთა იზოლირებას ბიოლოგიური მასალიდან ახდენენ პოლარული გამხსნელებით

§1. ჯგუფის ზოგადი დახასიათება, ნივთიერებათა ფიზიკური და ქიმიური თვისებები. ტოქსიკოკინეტიკა

სამკურნალო ნივთიერებათა ჯგუფს, რომელთა იზოლირებას ბიოლოგიური მასალიდან ახდენენ პოლარული გამხსნელებით (წყლით, სპირტით) მიეკუთვნება მცენარეული წარმოშობის სამკურნალო ნივთიერებები (ალკალოიდები) და სინთეზური პრეპარატები (სალიცილის მჟავა და მისი წარმოებულები, ბარბიტურატები, პირაზოლონის, ფენოთიაზინის, 1,4-ბენზოდიაზეპინის და სხვათა წარმოებულები). “სამკურნალო შხამები” ორგანიზმზე სხვადასხვაგვარად მოქმედებენ. მათ შორის არის ნარკოტიკული და არანარკოტიკული ანალგეტიკები, ნეიროლეპტიკები, სპაზმოლიტიკები, ანესთეტიკები, საძილე და სხვა საშუალებები.

„სამკურნალო შხამებს“ ერთ-ერთი პირველი ადგილი უკავიათ ტოქსიკურ ნივთიერებათა შორის სასიკვდილო მოწამვლების რიცხვით, რაც განპირობებულია:

- მათი ხელმისაწვდომობით
- სამკურნალო პრეპარატების დოზების გადაჭარბებით
- ავადმყოფების თვითმკურნალობით
- ცალკეული პრეპარატების ინდივიდუალური აუტანლობით
- ალკოჰოლთან და სხვა სამკურნალო პრეპარატებთან ერთდროული მიღებით, რაც ანელებს მეტაბოლიზმს, იწვევს ტოქსიკური მოქმედების პოტენცირებას
- ნარკომანიის და ტოქსიკომანიის მოვლენებით
- სუიციდური მიზნით მიღების გამო

ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. „სამკურნალო შხამები“ – ძირითადად თეთრი ან ყვითელი კრისტალური ფხვნილებია, რომლებიც ხასიათდება სხვადასხვა ხსნადობით, მჟავურ-ფუძური თვისებებით.

პოლარულ გამხსნელებში – წყალში, სპირტში – კარგად იხსნება მჟავა და ფუძე ხასიათის ნივთიერებათა მარილები (ალკალოიდთა მარილები,

ბარბიტურატების იმიდოლური ფორმა), რომლებიც ხსნარებში წარმოქმნიან დამუხტულ იონებს.

ორგანულ გამხსენელებში – ქლოროფორმში, ეთერში – კარგად იხსნებიან სამკურნალო საშუალებები არაიონიზირებულ ფორმაში (ალკალოიდების ფუძეები, ბარბიტურატების იმიდური ფორმები).

ზოგიერთი „სამკურნალო შხამები“ ხასიათდება აქროლების უნარით მაგ. – პირიდინის და პიპერიდინის წარმოებულები).

<u>“სამკურნალო შხამების” ორგანიზმში მოხვედრის გზებია:</u>

- პერორალური (ტაბლეტები, ფხვნილები, მცენარეთა ნაწილები);
- სასუნთქი სისტემით (ნიკოტინი, ანაბაზინი – მოწევისას, კოკაინი – შესუნთქვისას);
- პარენტერალური (ინტრამუსკულარული, ინტრავენური, რექტალური, ვაგინალური, პერკუტანული).

შხამის შეწოვა, განაწილება და ლოკალიზაცია დამოკიდებულია მათ ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე:

- მჟავა ხასიათის ნივთიერებების (სალიცილატები, ბარბიტურატები) შეწოვა ხდება კუჭიდან (pH=1)
- ფუძე ხასიათის ნივთიერებების (ალკალოიდები, ფენოთიაზინის, პარაამინობენზოის მჟავას წარმოებულების) შეწოვა მიმდინარეობს წვრილი ნაწლავიდან (pH=5.07 – 7.07)
- ნიკოტინი და ანაბაზინი შეიწოვება პირის ღრუს ლორწოვანი გარსით და სასუნთქი გზებით

„სამკურნალო შხამების“ მეტაბოლიზმი ძირითადად ღვიძლში მიმდინარეობს. პრეპარატების ლოკალიზაცია და განაწილება დამოკიდებულია ორგანოების და ქსოვილების შემადგენლობასა და ფუნქციონალურ თავისებურებებზე. ლიპიდებში კარგად ხსნადი ნარკოტიკული და ფსიქოაქტიური ნივთიერებები (მაგ. ბარბიტურატები, ფენოთიაზინები) ადვილად აღწევენ უჯრედთა მემბრანებში, სწრაფად ნაწილდებიან ლიპიდებით მდიდარ ორგანოებსა და ქსოვილებში, რომლებიც უხვად მარაგდებიან სისხლით – თავის და ძვლის ტვინში.

ნივთიერებათა ლოკალიზაცია აგრეთვე დამოკიდებულია მოწამვლის ხასიათზე. **მწვავე მოწამვლების** დროს ისინი ნაწილდებიან კუჭში, ნაწლავებში, ღვიძლში, თირკმელებში, ქრონიკული მოწამვლისას თავის, ძვლის ტვინში.

“სამკურნალო შხამები” ნატიური და მეტაბოლიტების სახით ორგანიზმიდან გამოიყოფიან თირკმელებით, ნაწლავებით, კანით და ფილტვებით.

იმის გამო, რომ შხამები ორგანოებსა და ქსოვილებში არათანაბრად ნაწილდებიან, მათი თვისებებისა და ორგანოებში ქცევის ცოდნას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ობიექტების სწორად შერჩევისათვის.

1.1. ბიოლოგიური მასალიდან „სამკურნალო შხამების“ იზოლირების თანამედროვე - ზოგადი და კერძო მეთოდები

„სამკურნალო შხამების“ ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირებისათვის იყენებენ ზოგად და კერძო მეთოდებს. **იზოლირების ზოგად მეთოდებს** მიეკუთვნება: პოლარული გამხსნელებით, მჟაუნმჟავით შემჟავებული წყლით (ა.ა. ვასილიევას) ან სპირტით (სტას-ოტოს) ექსტრაქციის მეთოდები, ექსტრაქცია ამფიფილური გამხსნელებით-აცეტონიტრილით (სშედზინსკის მეთოდი) ან აცეტონით (ვ.ა. კარტაშოვის მეთოდი).

პოლარული გამხსნელებით, მჟაუნმჟავით შემჟავებული წყლით და სპირტით ექსტრაქციის მეთოდები ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის პრაქტიკაში ფართოდ არის დანერგილი; ამფიფილური გამხსნელებით ექსტრაქციის მეთოდები კი პერსპექტიული და განვითარებადია.

შხამების იზოლირება პოლარული გამხსნელებით ექსტრაქციის გზით მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

1. გამოკვლევისათვის **სინჯის მომზადებას**: გვამის ორგანოების დაწვრილმანება მაკრატლით, ჰომოგენიზატორის დახმარებით;
2. წონაკის აღებას (1-100 გ) ობიექტში შხამიანი ნივთიერების რაოდენობის და კვლევის მეთოდის მგრძნობელობის მიხედვით);
3. შხამის ექსტრაქციას 2-3-ჯერ, შემჟავებული ან შეუმჟავებელი გამხსნელით;
4. ექსტრაქტების გაერთიანებას, გაწურვას და ცენტრიფუგირებას;
5. შხამების ექსტრაქციას ორგანული გამხსნელებით მჟავა წყლიანი ფაზიდან - „მჟავა“ ქლოროფორმიანი გამონაწვლილის მიღებას;
6. შხამების ექსტრაქციას ორგანული გამხსნელებით ფუძე წყლიანი ფაზიდან - „ფუძე“ ქლოროფორმიანი გამონაწვლილის მიღებას.

ექსტრაჰენტის სახით სპირტის გამოყენებისას გათვალისწინებულია კონცენტრირებული სპირტიანი გამონაწვლილიდან ცილების დალექვა აბსოლუტური სპირტით, გამონაწვლილის შემდგომი ფილტრაცია და წყლით განზავება.

ექსტრაჰენტის სახით აცეტონიტრილის გამოყენებისას გათვალისწინებულია შხამების გამომარილება, რისთვისაც პოლარული და არაპოლარული გამხსნელებით (ჰექსანით, ეთერით, ქლოროფორმით) შხამების ექსტრაქციამდე აცეტონიტრილიან გამონაწვლილს ანზავებენ ნატრიუმის სულფატის ხსნარით.

ექსტრაჰენტის სახით აცეტონის გამოყენებისას, აცეტონური გამონაწვლილის ქლორწყალმჟავას ხსნარით განზავების შემდეგ, მინარევები ექსტრაჰირდებიან ჰექსანით. „სამკურნალო შხამები“ ქლოროფორმით ან აცეტონით ექსტრაჰირდებიან გამომმარილებლების – ნატრიუმის ქლორიდის ან ნატრიუმის სულფატის თანაობისას.

ა. ა. ვასილიევას მეთოდი მიუღებელია გახრწნილი ბიოლოგიური მასალის ანალიზისათვის. იმის გამო, რომ ამ შემთხვევაში ორგანული გამხსნელით წყლიანი გამონაწვლილებიდან ნივთიერებათა ექსტრაქციის სტადიაზე ადგილი აქვს მდგრადი ემულსიის წარმოქმნას და ექსტრაქტების არასაკმარის გასუფთავებას.

აღნიშნული მეთოდი ნაკლებად გამოსადეგია ბარბიტურატების და ისეთი ნივთიერებების ანალიზში, რომლებიც ცუდად იხსნებიან შემჟავებულ წყალში. ეს ნაკლოვანებები არ ახასიათებთ სტას-ოტოს, სშედზინსკის და კარტაშოვის მეთოდებს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ შემჟავებული წყლით იზოლირების მეთოდი უფრო იაფი და უსაფრთხოა. ვიდრე „სამკურნალო შხამების“ ორგანული ექსტრაჰენტებით იზოლირების მეთოდები და ფართოდ გამოიყენებიან გაუხრწნელი ობიექტების გამოკვლევებისას.

იზოლირების კერძო მეთოდებს იყენებენ მიმართული ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევების დროს, შხამების გარკვეულ ქიმიური ჯგუფების ან ინდივიდუალურ ნივთიერებათა იზოლირებისას, მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გათვალისწინებით.

ბიოლოგიური ობიექტებიდან ბარბიტურატების იზოლირებისათვის გამოიყენება ნ. ვალოვას (ექსტრაქცია ნატრიუმის ჰიდროქსიდის წყლიანი ხსნარით) და ვ. პოპოვას (ექსტრაქცია კონცენტრირებული გოგირდმჟავით შემჟავებული წყლით) მეთოდები, ექსტრაქტების მინარევებისაგან შემდგომი გასუფთავება გელ-ქრომატოგრაფიული მეთოდით.

ალკალოიდების იზოლირებისათვის იყენებენ ვ.ფ. კრამარენკოს მეთოდს –

ექსტრაქცია გოგირდმჟავით შემჟავებული წყლით.

ფენოთიაზინის წარმოებულების იზოლირებისათვის იყენებენ <u>სოლო-მატინის</u> – სტას-ოტოს (მჟაუნმჟავით შემჟავებული სპირტით ექსტრაქცია) და სშედზინსკის (ექსტრაქცია მარილმჟავით შემჟავებული აცეტონტრილით) მეთოდების მოდიფიკაციას.

1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებული მეტაბოლიტების იზოლირებისათვის გამოიყენება <u>ბ.ნ. იზოტოვის მეთოდი</u> – ჰიდროლიზატიდან ბენზოფენონების ექსტრაქცია ქლოროფორმის და პენტანოლის (9:1) ნარევით.

იზოლირების ზოგადი მეთოდების გამოყენებისას „სამკურნალო შხამებს“ ყოფენ ორ ქვეჯგუფად:

- ნივთიერებები, რომლებიც იზოლირდებიან ორგანული გამხსნელით „მჟავა“ წყლიანი არედან - <u>„მჟავა“ ქლოროფორმიანი გამონაწვლილი.</u>

„მჟავა“ ქლოროფორმიან გამონაწვლილში ხვდებიან მჟავა (სალიცილის მჟავა და მისი წარმოებულები, ბარბიტურატები), ნეიტრალური (პარაცეტამოლი), სუსტი ფუძე (პურინის და ინდოლის წარმოებული ალკალოიდები) და საშუალოდ ფუძე (პირაზოლონის, 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები) ხასიათის ნივთიერებანი, რომლებიც მჟავეებთან იძლევიან მდგრად მარილებს.

- ნივთიერებანი, რომლებიც იზოლირდებიან ორგანული გამხსნელებით ფუძე წყლიანი არედან - <u>„ფუძე“ ქლოროფორმიანი გამონაწვლილი.</u>

„ფუძე“ ქლოროფორმიან გამონაწვლილში ხვდებიან ფუძე ხასიათის (ალკალოიდები; ფენოთიაზინის, 1,4-ბენზოდიაზეპინის, პირაზოლონის, პარა-ამინობენზოის მჟავას წარმოებული) სინთეზური პრეპარატები.

<u>ნივთიერებათა იზოლირების ეფექტურობაზე მოქმედი ფაქტორები</u>

ბიოლოგიური ობიექტებიდან „სამკურნალო შხამების“ ექსტრაქციის ეფექტურობა დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე, რომლებიც იზოლირების ყველა სტადიაზე გავლენას ახდენენ შხამის და თანმხლები მინარევების ექსტრაქციის ხარისხზე.

იზოლირების პირობების შერჩევას განაპირობებს შხამის და მინარევების რაოდენობრივი თანაფარდობა, რადგან მინარევების მნიშვნელოვანი რაოდენობით არსებობა მოითხოვს მრავალსტადიანი გასუფთავების ჩატარებას, რომლის დროსაც იკარგება გამოსაკვლევი შხამიანი ნივთიერება.

ზოგადი და კერძო მეთოდებით იზოლირებისას შხამის ექსტრაქციის პროცესი ტარდება: I – სისტემაში მყარი სხეული–სითხე, ანუ შხამის ექსტრაქ-

ცია ბიოლოგიური ობიექტებისაგან; II – სისტემაში სითხე–სითხე, ანუ შხამის ექსტრაქცია მიღებული წყლიანი გამონაწვლილიდან ორგანულ გამხსნელში.

ბიოლოგიური მასალიდან შხამის ექსტრაქცია მრავალსტადიანი პროცესია. ამ პროცესის ძირითადი სტადიებია:

- ექსტრაჰენტის შეღწევა გვამური მასალის უჯრედებსა და ქსოვილებში, აგრეთვე სხვა ობიექტებში, რომლებშიც იმყოფება გამოსაკვლევი ნივთიერება.
- შხამის და მინარევების გახსნა ექსტრაჰენტში ან უჯრედებსა და ქსოვილებში; ბიოლოგიური მასალის ურთიერთქმედება ექსტრაჰენტთან.
- გახსნილი შხამებისა და მინარევების გადასვლა (უჯრედის გარსის გავლით) უჯრედშორის სივრცეში და უჯრედიდან გამოწვლილული ნივთიერებების შერევა ექსტრაჰენტის ძირითად მასასთან.

<u>ბიოლოგიური მასალიდან „სამკურნალო შხამების“ იზოლირების ხარისხზე მოქმედი ფაქტორებია:</u>

1. ბიოლოგიური მასალის დაწვრილმანების ხარისხი;
2. pH-ის მნიშვნელობა;
3. შხამების იზოლირებისათვის გამოყენებული სითხეების (ექსტრაჰენტების) ბუნება და თვისებები;
4. ექსტრაჰენტის შესამჟავებლად გამოყენებული მჟავას ბუნება;
5. ხსნარების იონური ძალა.

1. ბიოლოგიური მასალის დაწვრილმანების მიზნით იყენებენ მაკრატელს (0.3–0.5 სმ ზომის ნაჭრები), ხორცის მანქანას (0.05-0.1 სმ ზომის ნაჭრები), ჰომოგენიზატორს (0.01 სმ ზომის ნაჭრები). დაწვრილმანების ხარისხის შემცირება <u>იზოლირების ხარისხს ზრდის</u>, როგორც შხამების, ასევე მინარევებისთვის, ეს კი მნიშვნელოვანია იზოლირებისთვის, რაც მოითხოვს გამონაწვლილის მრავალსტადიან გასუფთავებას და, რა თქმა უნდა, საანალიზო ნივთიერებების შესაძლო დაკარგვას.

ბიოლოგიური მასალის დაწვრილმანებისათვის კარგ შედეგს იძლევა ობიექტის გაყინვა და მისი შემდგომი გალღობა. ამ დროს ხდება უჯრედების გახლეჩვა და ექსტრაქციისათვის მათი შიგთავსის განთავისუფლება.

2. <u>pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა</u>. რომლის დროსაც მაქსიმალურად ირღვევა კავშირი - „სამკურნალო შხამსა“ და ცილას შორის და შხამები ექსტრაჰირდებიან გამხსნელებით, არის 2-3. pH-ის შერჩევა ხდება ცილოვანი ნივთიერებების იზოელექტრული წერტილით, რომელიც დამოკიდებულია მათ ბუნებაზე.

ცილოვანი ნივთიერებები ამფოტერული ნაერთებია. pH-ის მიხედვით ისინი დისოცირდებიან როგორც მჟავები, ასევე ტუტეები. pH-ის გარკვეული მნიშვნელობისას (იზოელექტრული წერტილი) დადებითი და უარყოფითი მუხტები ცილაში ტოლი ხდება. ამ შემთხვევაში ცილის მუხტი ნულის ტოლი იქნება და ცილა ელექტრულ ველში უძრავია.

ალბუმინის იზოელექტრული წერტილი შეესაბამება pH 4.8; β-გლობულინისა – 5.2; γ-გლობულინისა – 6.4; ფიბრინოგენისა – 5.5; იზოელექტრულ წერტილზე მაღალი pH-ის დროს ცილას აქვს უარყოფითი მუხტი, ხოლო იზოელექტრულ წერტილზე ნაკლები pH-ის დროს – დადებითი მუხტი.

„სამკურნალო შხამების“ და ცილების ურთიერთქმედებისათვის ცოცხალ ორგანიზმში არსებობს აუცილებელი პირობები – სისხლის pH 7.35 – 7.40; ქსოვილებსა და ორგანოებში 6.8-7.2.

pH=2-3 შექმნით ბიოლოგიური ობიექტებიდან „სამკურნალო შხამების“ წყლით ექსტრაქციის დროს გამონაწვლილში იზრდება ცილოვანი მინარევების რაოდენობა, რაც გამოწვეულია ცილების, პეპტიდების, ამინომჟავების, პიგმენტების მოლეკულების ჰიდრატაციის გაზრდით და მათი წყალში ხსნადობის გაუმჯობესებით.

3. შხამების იზოლირებისათვის გამოყენებული სითხეების ბუნება განაპირობებს მათ უნარს:

- შეაღწიონ ბიოლოგიური მასალის უჯრედებსა და ქსოვილებში;
- გახსნან შხამიანი ნივთიერებები, მათი მეტაბოლიტები და მარილები;
- გახსნან მინარევების, რაც შეიძლება მცირე რაოდენობა, რომლებიც ბიოლოგიური მასალიდან გადადიან გამონაწვლილში;

შხამიანი ნივთიერების ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრისას ის შედის უჯრედის შიგნით, ნაწილდება უჯრედგარეთა სითხეში და ცხიმოვან ქსოვილში, თუ სიკვდილის შემდეგ შხამიანი ნივთიერება აღმოჩნდება უჯრედის შიგნით, მის გამოსაწვლილად ექსტრაჰენტი უჯრედის მემბრანის გავლით შედის უჯრედში და შეერევა უჯრედშიდა სითხეს.

იმის გათვალისწინებით, რომ უჯრედის ე.წ. პლაზმური მემბრანის შემადგენლობაში შედიან ცილები და ლიპიდები, დიდი მნიშვნელობა აქვს გამხსნელთა უნარს შეერიოს წყალს და ქსოვილთა და ორგანოთა ლიპიდებს, ანუ ჰიდრო-ლიპოფილურ თვისებებს, რის მიხედვითაც გამხსნელები იყოფიან სამ ჯგუფად:

1. <u>ჰიდროფილური გამხსნელები</u>, რომლებიც ერევიან წყალს და არ

ერევიან ლიპიდებს (მაღალპოლარული გამხსნელები – მჟავათა და ტუტეთა წყლიანი ხსნარები, ბუფერული ხსნარები).

2. ლიპოფილური გამხსნელები, რომლებიც ერევიან ლიპიდებს და არ ერევიან წყალს (მცირედ პოლარული გამხსნელები – ქლოროფორმი, ეთერი, ბენზოლი, ჰექსანი და სხვები).
3. ამფიფილური გამხსნელები, რომლებიც ერევიან როგორც წყალს, ასევე ლიპიდებს (მეთანოლი, ეთანოლი, აცეტონიტრილი, აცეტონი და სხვები).

მაშასადამე, უჯრედის მემბრანაში ყველაზე ადვილად შედიან ამფიფილური გამხსნელები, რადგან ისინი მსგავსნი არიან მემბრანის როგორც ჰიდროფილური (ცილოვანი), ასევე ჰიდროფობური (ლიპიდური-ცხიმოვანი) უბნებისა. ამასთან, ამფიფილური ექსტრაჰენტები ხსნიან მემბრანების ცილოვან და ცხიმოვან უბნებს; ასევე უჯრედის შიგთავსს, რაც გამონაწვლილში მნიშვნელოვნად ზრდის მინარევების რაოდენობას.

pH-ის მიხედვით მჟავა და ფუძე ხასიათის სამკურნალო საშუალებები ქსოვილებში შეიძლება იმყოფებოდნენ იონიზირებული და არაიონიზირებული (მოლეკულარული) ფორმით. იონიზირებული ფორმით ნივთიერებათა გამოსაწვლილად შეიძლება გამოყენებულ იქნან ჰიდროფილური და ამფიფილური გამხსნელები, ხოლო არაიონიზირებული ანუ მოლეკულური ფორმით, არსებული ნივთიერებების გამოსაწვლილად – ლიპოფილური და ამფიფილური გამხსნელები.

შხამების ხსნადობა დამოკიდებულია გამხსნელთა (ექსტრაჰენტთა) დიელექტრიკულ შეღწევადობაზე. ექსტრაჰენტების დიელექტრიკული შეღწევადობის შემცირებისას შხამიან ნივთიერებათა მოლეკულათა შორის მიზიდვის ძალები იზრდება, რაც აუარესებს მათ ხსნადობას.

4. ექსტრაჰენტის შესამჟავებლად გამოყენებული მჟავას ბუნება გავლენას ახდენს ფუძე ხასიათის ალკალოიდების და სინთეზური სამკურნალო საშუალებების ბიომასალიდან იზოლირების ხარისხზე, რაც განპირობებულია აზოტოვანი ფუძეების მარილების სხვადასხვა ხსნადობით სხვადასხვა მჟავეში. მაგალითად, - ძლიერი ფუძეების (ალკალოიდების) იზოლირებისათვის იყენებენ გოგირდმჟავით შემჟავებულ წყალს, რომელიც წარმოქმნის კარგად ხსნად მარილებს.

5. შხამიანი ნივთიერებების ხსნადობის გაზრდაზე გავლენას ახდენს ხსნართა იონური ძალა, რომელიც დამოკიდებულია ელექტროლიტების კონცენტრაციაზე ამ ხსნარებში – გამარილების ეფექტი.

<u>წყლიანი გამონაწვლილებიდან ორგანული გამხსნელებით ნივთიერებათა ექსტრაქციის ხასიათზე მოქმედი ფაქტორებია:</u>

- გამოსაწვლილი ნივთიერების ბუნება
- pH-ის მნიშვნელობა
- ექსტრაჰენტის ბუნება
- ტემპერატურა
- გამომმარილებელი აგენტის არსებობა
- წყლიანი და ორგანული ფაზების თანაფარდობა
- განმეორებით ექსტრაქციების რიცხვი

ექსტრაჰირებული ნივთიერებების რაოდენობა დამოკიდებულია წყლიან ფაზაში მის დისოციაციაზე: $HA \leftrightarrow H^+ + A^-$

$$Ka = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$$pKa=-lg[Ka] \quad pKa=-lg[H^+]- lg[A^-]+ lg[HA]$$

$$pKa=pH+ lg[HA]-lg[A^-]$$

ექსტრაქციის დროს არადისოცირებული მოლეკულები გადადიან ორგანულ ფაზაში, ხოლო იონები, რომლებიც კარგად არიან ჰიდრატირებული წყლის მოლეკულებით, რჩებიან წყლიან ფაზაში.

<u>წყლიანი ფაზის pH-ის შეცვლისას წყლიან</u> გამონაწვლილებში იცვლება „სამკურნალო შხამების“ იონიზირებული და მოლეკულური ფორმების თანაფარდობა, რაც გავლენას ახდენს ორგანული გამხსნელებით არაიონიზირებულ ფორმაში არსებული ნივთიერებების ექსტრაქციაზე.

<u>ექსტრაქციის ოპტიმალური</u> პირობების შერჩევა: pH, ორგანული გამხსნელის ბუნება – დამოკიდებულია შხამიანი ნივთიერებების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. მაგალითად, კოკაინის მაქსიმალური რაოდენობა წყლიანი ფაზიდან ექსტრაჰირდება ქლოროფორმით pH 7.0-8.5 (80-83%), მინიმალური რაოდენობა – დიეთილის ეთერით pH 8.0-8.5 (57-62%).

<u>ტემპერატურის შეცვლა გავლენას ახდენს:</u>

- <u>გამოსაწვლილი ნივთიერების განაწილების კონსტანტაზე</u> (მუდმივაზე). ტემპერატურის შეცვლისას შხამის და მინარევების ხსნადობა არაერთგვაროვნად იცვლება წყლიან და ორგანულ ფაზებში, იცვლება აგრეთვე ფაზების ურთიერთხსნადობა;

- ნივთიერებების დისოციაციის და ასოციაციის ცვლილებაზე შესაბამის ფაზაში;
- ექსტრაქციის თანმხლები მინარევების რაოდენობის ცვლილებაზე შხამების ექსტრაქციის პროცესის ჩასატარებლად ოპტიმალურ ტემპერატურად ითვლება 25°C, რადგან ტემპერატურის გაზრდით იზრდება მინარევების რაოდენობა.

გამომარილებლები ($NaCl$; Na_2SO_4, $(NH_4)_2$, SO_4) აგრეთვე ზრდის შხამების და მინარევების ექსტრაქციის ხარისხს.

ექსტრაქციის ხარისხის, განაწილების მუდმივას და განმეორებითი ექსტრაქციების რიცხვის გამოანგარიშებას, რომლებიც აუცილებელია ხსნარებიდან საკვლევი ნივთიერებების პრაქტიკულად სრული გამოწვლილვისათვის ახდენენ შემდეგი ფორმულების დახმარებით:

- განმეორებითი ექსტრაქციების რიცხვი (m)

$$m = \lg\frac{C_b}{[Am]_b} / \lg(1+\frac{P_o}{r}),$$ სადაც

C_b – ნივთიერების საწყისი კონცენტრაცია წყლიან ხსნარებში (მოლ/ლ);

$[Am]_b$ – წყლიან ხსნარში დარჩენილი ნივთიერებების კონცენტრაცია m-ჯერ ექსტრაქციის შემდეგ (მოლ/ლ);

P_o – განაწილების მუდმივა;

r – წყლიანი ფაზის მოცულობის ფარდობა ორგანული გამხსნელის მოცულობასთან (V_{aq}/V_o);

ექსტრაქციის ხარისხი (R) $$R = \frac{P_o \cdot 100}{P_o + r};$$

განაწილების მუდმივა (P_o) $$P_o = \frac{R \cdot r}{100 - R}.$$

გამონაწვლილების გასუფთავება მინარევებისაგან და გამოყოფილი ნივთიერებების კონცენტრირება

საწყისი ნივთიერებების ექსტრაქციის თანმდევი ნივთიერებებისაგან (ცილები, ცხიმები, პიგმენტები და სხვა) გასასუფთავებლად იყენებენ სხვადასხვა მეთოდებს:

- ფილტრაციას და ცენტრიფუგირებას
- ცილების დალექვას სხვადასხვა რეაქტივებით და ხერხებით

- ექსტრაქციას
- ქრომატოგრაფიას ქაღალდზე, კალონკაზე, სორბენტის თხელ ფენაზე (თფქ), გელქრომატოგრაფიას
- ელექტროფორეზს
- წყლის ორთქლით გადადენას
- აქროლებას
- დიალიზს

<u>ფილტრაცია და ცენტრიფუგირება</u>. ფილტრაცია საშუალებას იძლევა გამონაწვლილები გავასუფთაოთ მექანიკური დაჭუჭყიანებისაგან (ბიოლოგიური მასალის წვრილი ნაწილაკებისაგან). თუმცა გამონაწვლილების ფილტრაციის დროს შესაძლებელია შხამის აბსორბცია ფილტრზე და მისი ნაწილობრივი დაკარგვა, აგრეთვე გამონაწვლილების არასრული გასუფთავება მინარევებისაგან, რომელიც გაპირობებულია ფილტრის ფორების დიამეტრით. ამ ნაკლის აღმოსაფხვრელად ახდენენ <u>ცენტრიფუგირებას</u>.

<u>ცილების დალექვა სხვადასხვა რეაქტივით</u> განპირობებულია წყალში ცუდად ხსნადი კომპონენტების (ფოსფორვოლფრამის, ფოსფორმოლიბდენის, ვოლფრამის, სამქლორძმარმჟავისა და მეტაფოსფორ-მჟავების) წარმოქმნით ან ცილების კოაგულაციით (ეთანოლით, აცეტონით).

ცილების დალექვისათვის იყენებენ სხვადასხვა ხერხებს: გაცხელებას, გამომარილებას, pH-ის შეცვლას.

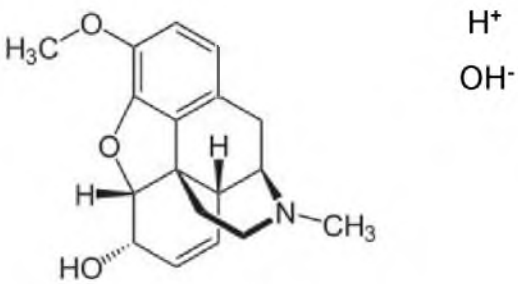
- <u>40°C-ზე ზევით ტემპერატურის მომატებისას</u> ადგილი აქვს ცილების დენატურაციას, მცირდება მათი ხსნადობა.
- <u>გამომარილების, როგორც გამონაწვლილის გასუფთავების მეთოდის</u> ეფექტურობა დამოკიდებულია ელექტროლიტის კონცენტრაციაზე და ბუნებაზე; დაბალი კონცენტრაციის დროს ელექტროლიტები (Na_2SO_4; NaCl; $(NH_4)_2SO_4$) ზრდიან ცილების ხსნადობას, რაც აიხსნება ცილების იონიზირებული (-COOH, -OH, -SH) ჯგუფების დისოციაციის ხარისხის ცვლილებით. მარილების კონცენტრაციის გაზრდა (ნაჯერი ხსნარები) იწვევს ცილების ჰიდრატულ გარსებში წყლის მოლეკულების და შეტანილი იონების Na^+; Cl^-, SO_4^{2}; NH_4^+ გადანაწილებას, რითაც მცირდება ცილების ხსნადობა.
- გამონაწვლილებიდან ცილების დალექვა შესაძლებელია <u>pH-ის შეცვლით</u> იმ მნიშვნელობამდე, რომელიც შეესაბამება ცილის იზოელექტრულ წერტილს, ამ დროს ცილის მოლეკულებს შორის ადგილი აღარა აქვს ელექტრო-

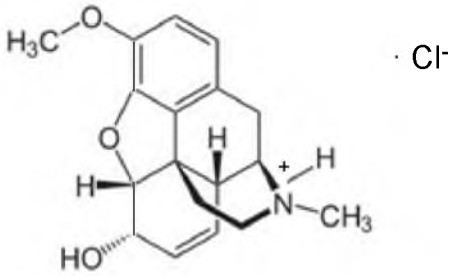
სტატიკურ განზიდვას, რაც ხელს უწყობს ცილების შეწებებას და წარმოიქმნება ნალექი.

- <u>ცილების დალექვის გზით გამონაწვლილების გასუფთავების მეთოდების ნაკლად ითვლება</u> მინარევების ნალექების უნარი თავის ზედაპირზე შთანთქან საანალიზო შხამები, რაც შეიძლება გახდეს გამოკვლევის დროს მათი დანაკარგის გაზრდის ერთ-ერთი მიზეზი.

<u>გასუფთავების ექსტრაქციულ მეთოდს</u> საფუძვლად უდევს ურთიერთშეურევად ხსნარებს შორის ნივთიერებათა განაწილების კანონი; კერძოდ, სამკურნალო შხამების უნარს ნატიური ფორმით გაიხსნან ორგანულ გამხსნელებში, ხოლო მარილების სახით – წყალში. მეთოდი ხელმისაწვდომი და ეფექტურია.

<u>ფუძე ხასიათის შხამების ექსტრაქციული გასუფთავების სქემა</u>



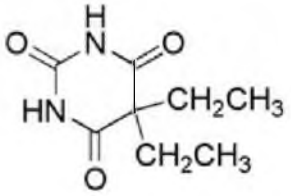


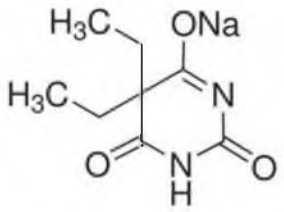
ფუძე კოდეინი
(pH 9-10 დროს – შხამის ექსტრაჰენტია – ქლოროფორმი, მინარევების ექსტრაჰენტი – წყალი)

კოდეინის ჰიდროქლორიდი-მარილი
(pH 2-3 დროს – მარილის ექსტრაჰენტია – წყალი, მინარევების ექსტრაჰენტი – ქლოროფორმი)

გამონაწვლილებიდან მინარევების ექსტრაქციისათვის აუცილებელია სარეაქციო არის შესაბამისი pH-ის მნიშვნელობის დამყარება და შესაბამისი გამხსნელის გამოყენება. ამ ფაქტორების არასწორი შერჩევისას მინარევებთან ერთად შესაძლებელია მოხდეს საანალიზო შხამების ექსტრაჰირებაც.

<u>მჟავა ხასიათის შხამების ექსტრაქციული გასუფთავების სქემა</u>





ბარბიტალი – იმიდური ფორმა (pH 2-3 დროს – შხამის ექსტრაჰენტია – ქლოროფორმი, მინარევების ექსტრაჰენტი – წყალი)	ნატრიუმის ბარბიტურატი – იმიდოლური ფორმა (pH 9-10 დროს – შხამის ექსტრაჰენ-ტია – წყალი, მინარევების ექსტრა-ჰენტი – ქლოროფორმი)

<u>ექსტრაქტების გასუფთავების თფქ – მეთოდს საფუძვლად უდევს შხამის განაწილება თხევად და მყარ ფაზებს</u> შორის. არჩევენ გამხსნელთა სისტემებს, რომლებშიც მინარევები რჩებიან სტარტზე ან გადაადგილდებიან გამხსნელის - ფრონტთან ერთად. მეთოდი მარტივი და ხელმისაწვდომია, იგი შხამების მინარევებისაგან არა მარტო გასუფთავების საშუალებას იძლევა, არამედ ერთდროულად შესაძლებელია მათი იგივეობის დადგენაც.

ლპობითი ცვლილებების სტადიაზე მყოფ ობიექტებისაგან მიღებული ექსტრაქტების გასასუფთავებლად ეფექტურია გასუფთავების ექსტრაქციული მეთოდის და თფქ-ის ერთდროული გამოყენება.

<u>ექსტრაქტების გასუფთავებისათვის ქაღალდზე ელექტროფორეზის გამოყენებას</u> საფუძვლად უდევს ნივთიერებების განაწილება ქაღალდზე, რომელიც მოთავსებულია ელექტრული ველის ზემოქმედების ქვეშ მყოფ ელექტროლიტში. გამოსაკვლევი ნარევის იონები გადაადგილდებიან საწინააღმდეგო ნიშნის მქონე ელექტროდისაკენ. თავისი ეფექტურობით მეთოდი უახლოვდება თფქ მეთოდს, მაგრამ საჭიროა სპეციალური აღჭურვილობა.

<u>ექსტრაქტების გასუფთავება გელ-ქრომატოგრაფიის</u> დახმარებით დამყარებულია მოლეკულების განსხვავებულ ქცევაზე გელების ფორების მიმართ: შხამის მცირე მოლეკულები შედიან ფორებში და შეკავდებიან მათში, მინარევების დიდი მოლეკულები გარს უვლიან ფორებს ან რჩებიან გელის ზედაპირზე. გელ-ქრომატოგრაფიული მეთოდი გამოიყენება წყლიანი გამონაწვლილების გასუფთავებისათვის, ის შრომატევადი, მაგრამ ეფექტურია.

<u>წყლის ორთქლით გადადენის და აქროლების მეთოდი</u> დამყარებულია შხამების მოცემული ჯგუფის (პირიდინის და პიპერიდინის წარმოებული ალკალოიდები, ბარბიტურატები) ცალკეული წარმომადგენლების აქროლების უნარზე. ეს მეთოდი მარტივია, მაგრამ მისი გამოყენება რაციონალურია შხამების დიდი რაოდენობის ანალიზის დროს, რაც იშვიათია ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში.

<u>დიალიზის მეთოდი</u> დამყარებულია ნახევარგამტარი მემბრანების გამოყენებაზე, რომელთა ფორებში გადიან ორგანული ნივთიერებების მცირე ზომის მოლეკულები მაშინ, როდესაც დიდი მოლეკულები (ცილები, პეპტიდები და სხვა) რჩებიან მემბრანის მეორე მხარეს. მეთოდის გამოყენება მოცემული ჯგუფის შხამების გასასუფთავებლად შეზღუდულია, რადგან მას სჭირდება დიდი დრო, და ამავდროულად შესაძლებელია საანალიზო ნაერთების მნიშვნელოვანი დანაკარგები.

ექსტრაქტების ანალიზის ჩასატარებლად აუცილებელია მათი <u>კონცენტრირება</u> (დიდ მოცულობებთან მუშაობა მოუხერხებელია). არსებობს ექსტრაქტების კონცენტრირების რამდენიმე მეთოდი:

- ექსტრაქციული;
- აქროლება ვაკუუმის ქვეშ;
- მყარ ადსორბენტზე შხამების ადსორბცია შემდგომი დესორბციით.

გასუფთავების მეთოდის შერჩევა დამოკიდებულია ობიექტის მდგომარეობაზე და საანალიზო შხამის ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირების მეთოდზე.

იზოლირების მეთოდები მოიცავს გასუფთავების ცალკეულ ეტაპებს, თუმცა ისინი ვერ უზრუნველყოფენ ექსტრაქტიდან მინარევების სრულად მოცილებას.

ამიტომ, პოლარული გამხსნელებით შხამების იზოლირების შემდეგ გამონაწვლილების გასუფთავებისთვის გამოიყენება ქვემოთ მოყვანილი მეთოდები (იხ. ცხრილი 13.1), რომელთა შორის ხშირად იყენებენ ექსტრაქციული გასუფთავების და თფქ მეთოდებს ან მათ ერთობლიობას.

ცხრილი 13.1 – "სამკურნალო შხამების" იზოლირების და მინარევებისგან გასუფთავების მეთოდები

№	იზოლირებადი შხამების ჯგუფი	იზოლირების მეთოდები	მინარევებისაგან გასუფთავების მეთოდები, რომლებიც შედიან იზოლირების მეთოდის შემადგენლობაში
1.	„სამკურნალო შხამები“	• მჟაუნმჟავით შემჟავებული წყლით (ა. ვასილიევას მეთოდი)	• გამოწურვა • ცენტრიფუგირება
2.	„სამკურნალო შხამები“	• მჟაუნმჟავით შემჟავებული სპირტით (სტას-ოტოს მეთოდი)	• გამონაწვლილის აქროლება სქელი სიროფის კონსისტენციამდე • სპირტით ცილების დალექვა • გაფილტვრა

3.	„სამკურნალო შხამები“	• აცეტონით (ე. კარტაშოვის მეთოდი)	• ცენტრიფუგირება • გაფილტვრა • მინარევების ექსტრაქცია ჰექსანით (pH 2-3)
4.	„სამკურნალო შხამები“ - კერძოდ ალკალოიდები	• გოგირდმჟავით შემჟავებული წყლით (ვ. კრამარენკოს მეთოდი)	• გამოწურვა • ცენტრიფუგირება • მინარევების გამომარილება $(NH_4)_2SO_4$ დახმარებით • მინარევების ეთერით ექსტრაქცია (pH 2 – 2.5)
5.	„სამკურნალო შხამები“ - კერძოდ ბარბიტურის მჟავას წარმოებულები (ბარბიტურატები)	• ნატრიუმის ჰიდროქსიდით შეტუტიანებული წყლით (პ. ვალოვის მეთოდი)	• გამოწურვა • ცენტრიფუგირება • ცილების დალექვა ნატრიუმის ვოლფრამატით • მინარევების ექსტრაქცია ეთერით (pH 2)
		• გოგირდმჟავით შემჟავებული წყლით (ვ. პოპოვას მეთოდი)	• გამოწურვა • ცენტრიფუგირება • გელ-ქრომატოგრაფია
6.	„სამკურნალო შხამები“ - კერძოდ ფენოთიაზინის წარმოებულები (ფენოთიაზინები)	• მჟაუნმჟავით შემჟავებული წყლით (სტას-ოტოს მეთოდის მოდიფიკაცია ე. სოლომატინის მიხედვით)	• გამონაწვლილის აქროლება სიროფის კონსისტენციამდე • ცილების დალექვა სპირტით • გაფილტვრა • მინარევების ექსტრაქცია ეთერით (pH 2-3)
		• ქლორწყალბადმჟავით შემჟავებული აცეტონიტრილით (სშედზინსკის მეთოდის მოდიფიკაცია ე. სოლომატინის მიხედვით)	• გაფილტრვა • მინარევების გამომარილება $(NH_4)_2SO_4$ დახმარებით • მინარევების ეთერით ექსტრაქცია (pH 2-3)
7.	„სამკურნალო შხამები“ - კერძოდ 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები (1,4-ბენზოდიაზეპინები)	• 1,4 – ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების მეტაბოლიტების იზოლირება (ბ. იზოტოვის მეთოდი)	• ორგანოების ქსოვილების დესტრუქცია მჟავური ჰიდროლიზით • ცენტრიფუგირება • გაფილტვრა

§2. „სამკურნალო შხამების“ იდენტიფიკაცია და რაოდენობითი ანალიზი

2.1. „სამკურნალო შხამების“ ანალიზის პრინციპული სქემა

„სამკურნალო შხამების“ ანალიზის პრინციპული სქემის შერჩევა დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე:

- საკვლევ ბიოლოგიურ ობიექტზე (ორგანოებზე და ქსოვილებზე, გვამისა და ცოცხალი პირების ბიოლოგიურ სითხეებზე);

- პრეპარატების მიმართული და არამიმართული ანალიზის ჩატარებაზე;
- სასამართლო-ქიმიური (ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური) ლაბორატორიების აღჭურვილობაზე (აპარატურაზე, გამხსენლებზე, რეაქტივებზე).

ზემოაღნიშნულ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით „სამკურნალო შხამების“ ანალიზს ატარებენ ორი მიმართულებით:

- <u>გვამიდან აღებული ბიოლოგიური მასალის</u> სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევა („სამკურნალო შხამების“ ანალიზი ტოქსიკურ და სასიკვდილო დოზებში – 10^{-4} – 10^{-6} გ სინჯში);
- <u>ცოცხალი პირების ბიოლოგიური სითხეების</u> ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევა („სამკურნალო შხამების“ ანალიზი თერაპიულ და ტოქსიკურ დოზებში – 10^{-6} – 10^{-12} გ სინჯში);

„სამკურნალო შხამების“ გამოკვლევის მეთოდების შერჩევა დამოკიდებულია ანალიზის მიმართულებაზე, ეტაპზე და მეთოდის მგრძნობელობაზე (სქემა 13.1.).

სქემა 13.1. „სამკურნალო შხამების“ გამოკვლევის ზოგადი სქემა

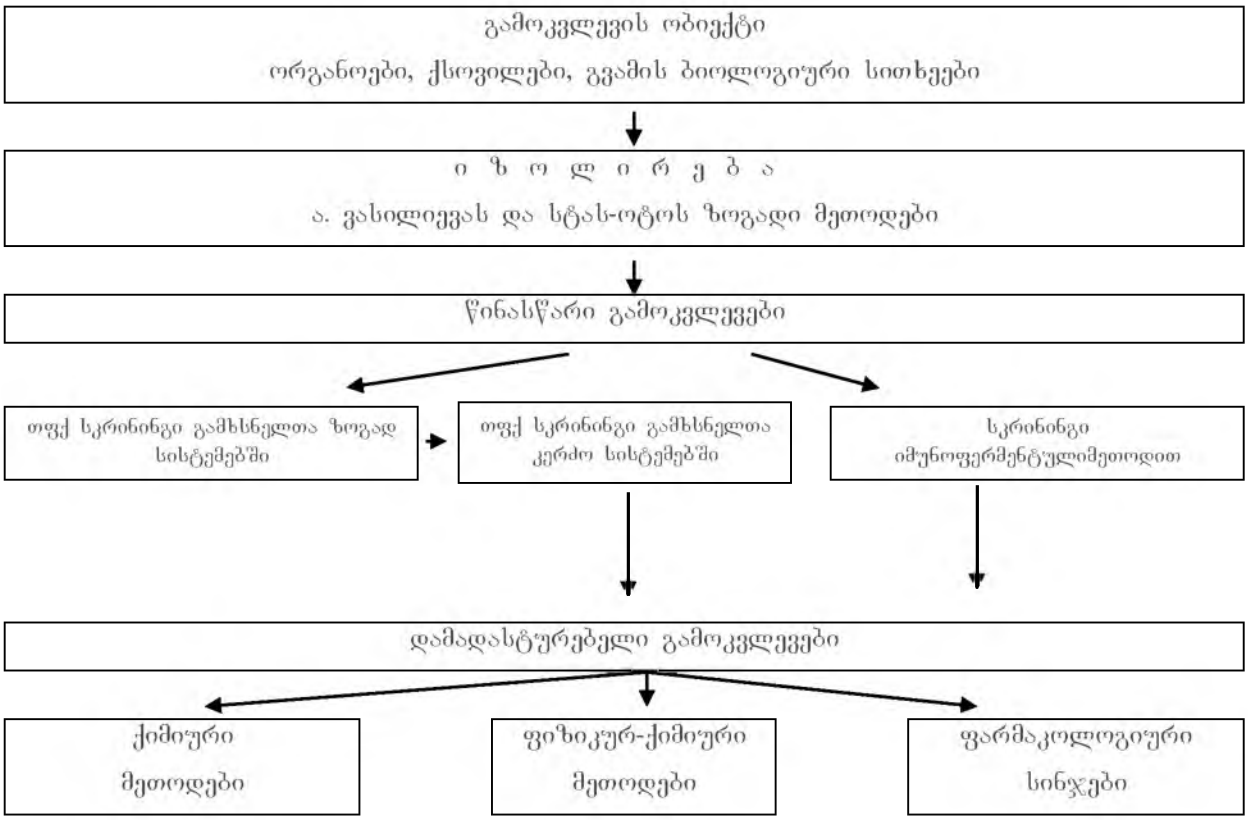
გვამის ბიოლოგიური მასალის სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევა	ეტაპები	ცოცხალი პირის ბიოლოგიური სითხეების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევა
ქაღალდზე ქრომატოგრაფია		თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია
თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია		გაზურ-სითხოვანი ქრომატოგრაფია
ექსტრაქცია		მაღალეფექტური სითხოვანი ქრომატოგრაფია
ქიმიური მეთოდები		ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები
ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები		იმუნოქიმიური მეთოდები
ფარმაკოლოგიური გამოკვლევები ცხოველებზე		
ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები	შხამის შემცველობის განსაზღვრა	ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები იმუნოქიმიური მეთოდები

სხვადასხვა მეთოდების შეფასება მგრძნობელობის მიხედვით:

- ქიმიური მეთოდები – 10^{-4} – 10^{-6} გ სინჯში;

- ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები – უი სპექტრომეტრია 10^{-6} – 10^{-7} გ სინჯში; თფქ – 10^{-6} – 10^{-7} გ სინჯში; გსქ – 10^{-8} – 10^{-10} გ სინჯში; მესქ – 10^{-8} – 10^{-10} გ სინჯში;
- იმუნოქიმიური მეთოდები – 10^{-10} – 10^{-12} გ სინჯში.

სქემა 13.2. ბიოლოგიური ობიექტში „სამკურნალო შხამების“ არამიმართული გამოკვლევის სქემა



2.2. „სამკურნალო შხამების“ თფქ სკრინინგი

მოწამვლის გამომწვევი უცნობი სამკურნალო ნივთიერების იდენტიფიკაციის პროცესი შედგება ორი ეტაპისაგან: წინასწარი და დამადასტურებელი.

- წინასწარი ეტაპი საშუალებას იძლევა შხამი მივაკუთვნოთ ქიმიური ნაერთების განსაზღვრულ ჯგუფს და დამყარებულია თფქ მეთოდის და „სკრინინგის“ სისტემის გამოყენებაზე ანუ შერჩევის, გაცხრილვის სისტემაზე.

არამიმართული გამოკვლევისას „სამკურნალო შხამის“ ძიებისათვის თფქ-მეთოდის შერჩევა განპირობებულია მეთოდის მრავალი ფუნქციებით:

- პრეპარატების და მისი მეტაბოლიტების დაყოფა;
- მინარევებისაგან გასუფთავება;
- ნივთიერებათა ჯგუფის ან ინდივიდუალური ნივთიერების იდენტიფიკაცია;

- საანალიზო პრეპარატის რაოდენობრივი შეფასება;

პირველი ეტაპი - წინასწარი კვლევა შედგება ორი სტადიისაგან.

<u>I სტადია</u> – გამოიყენება გამხსნელთა ზოგადი სისტემები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან საანალიზო ნივთიერებანი დაიყონ გარკვეულ ქრომატოგრაფიულ ზონებში ლოკალიზებად ჯგუფებად. გამხსნელთა ზოგადი სისტემების გამოყენების დროს დადებითი შედეგების მიღების შემთხვევაში გადადიან II სტადიაზე.

<u>II სტადია</u> – გამოიყენება გამხსნელთა კერძო სისტემები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ეფექტურად დავყოთ ამა თუ იმ ქრომატოგრაფიულ ზონაში შემავალი ნაერთები.

- <u>**დამადასტურებელი ეტაპი**</u> – წინასწარი კვლევის ორი სტადიის ჩატარების შემდეგ ატარებენ დამადასტურებელ გამოკვლევას, რომელიც მოიცავს ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების კომპლექსს, აგრეთვე ფარმაკოლოგიურ სინჯებს.

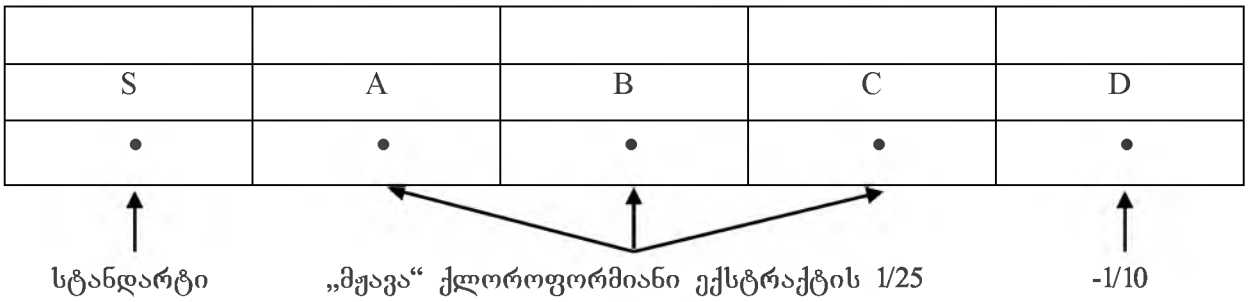
წინასწარი კვლევის უარყოფითი შედეგი, თვით პირველ სტადიაზეც კი, მიუთითებს ბიოლოგიური მასალის ექსტრაქტებში სამკურნალო პრეპარატების ტოქსიკური დოზების არარსებობაზე.

წინასწარი ქრომატოგრაფიული გამოკვლევა ეფექტურია გაუხრწნელი ბიოლოგიური მასალის გამოკვლევისას.

<u>**მჟავა და სუსტი-ფუძე ხასიათის ნივთიერებათა თფქ სკრინინგის პირობები:**</u>

- გამხსნელთა ზოგადი სისტემა – აცეტონი-ქლოროფორმი (1:9)
- ქრომატოგრაფიული ფირფიტები სილიკაგელის დამაგრებული ფენით
- გამხსნელთა გარბენის სიგრძე – 10 სმ
- გამხსნელთა სისტემით კამერის გაჯერების დრო 15-20 წთ.

ქრომატოგრაფიული ფირფიტა იყოფა 5 ვერტიკალურ ზოლად



სტანდარტის სახით გამოყენებულია ციკლობარბიტალი. ქრომატოგრა-ფირების ჩატარების და გამოშრობის შემდეგ ახდენენ ბარბიტურატების,

სალიცილატების, პირაზოლონების, პურინის და ინდოლის წარმოებული ალკალოიდების, 1,4-ბენზოდიაზეპინების გამჟღავნებას;

გამოსამჟღავნებელ რეაქტივებად იყენებენ:

- <u>ბარბიტურატებისათვის</u> – თანმიმდევრობით H_2SO_4 5% ხსნარს და დიფენილკარბაზონის 0.1%-იან ხსნარს ქლოროფორმში (მიიღება მოლურჯო-იისფერი ან მოწითალო-იისფერი ლაქები – S და A ზოლი).
- <u>სალიცილატების და პირაზოლონების აღმოსაჩენად იყენებენ</u> – $FeCl_3$-ის 5 და 10% ხსნარების (მიიღება მოლურჯო-იისფერი ან მოწითალო-იისფერი ლაქები – B ზოლი).
- <u>ალკალოიდების და 1,4 ბენზოდიაზეპინებისათვის</u> – დრაგენდორფის რეაქტივს მუნიეს მოდიფიკაციით (მიიღება ნარინჯისფერი, მოწითალო-ნარინჯისფერი ლაქები – C ზოლი).

Rf-ის მნიშვნელობების მიხედვით ქრომატოგრამაზე ნივთიერებებს ყოფენ სამ ქრომატოგრაფიულ ზონად:

1. ზონა *Rf* – 0.00 – 0.25 პირაზოლონის წარმოებულები, ალკალოიდები;
2. ზონა *Rf* – 0.31 – 0.41 – ბარბიტურატები, 1,4-ბენზოდიაზეპინები;
3. ზონა *Rf* – 0.41 – 0.64 – 1,4- ბენზოდიაზეპინები.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდით (თფქ) ანალიზის დროს სარწმუნო მახასიათებელის სახით იყენებენ Rs-ის მნიშვნელობას.

<u>***Rs*** - არის საანალიზო ნივთიერებების *Rf*-ის მნიშვნელობის ფარდობა სტანდარტული ნივთიერების *Rf*-ის მნიშვნელობასთან.</u>

სტანდარტად ირჩევენ იმ ნივთიერებას, რომლის *Rs*-ის მნიშვნელობა კონკრეტულ საანალიზო პირობებში 0.5-2-ის ფარგლებშია. *Rs*-ის მნიშვნელობა ნაკლებ მგრძნობიარეა ექსპერიმენტის შემთხვევითი გადახრების მიმართ, ამიტომ იგი უფრო ზუსტად აფასებს ქრომატოგრაფიულ ძვრადობას ვიდრე *Rf*.

სორბენტის ფენას გაუმჟღავნებელი D ზონიდან, რომელიც მდებარეობს სხვა ზონაში მოთავსებული საანალიზო ექსტრაქტის შეფერილი ლაქას დონეზე. ჩამოფხეკენ სკალპელის საშუალებით და ახდენენ საანალიზო ნივთიერების ელუირებას:

- I ქრომატოგრაფიული ზონიდან – მეთანოლით
- II და III ზონიდან – აცეტონით.

ელუატებს იკვლევენ გამხსნელთა კერძო სისტემებში:

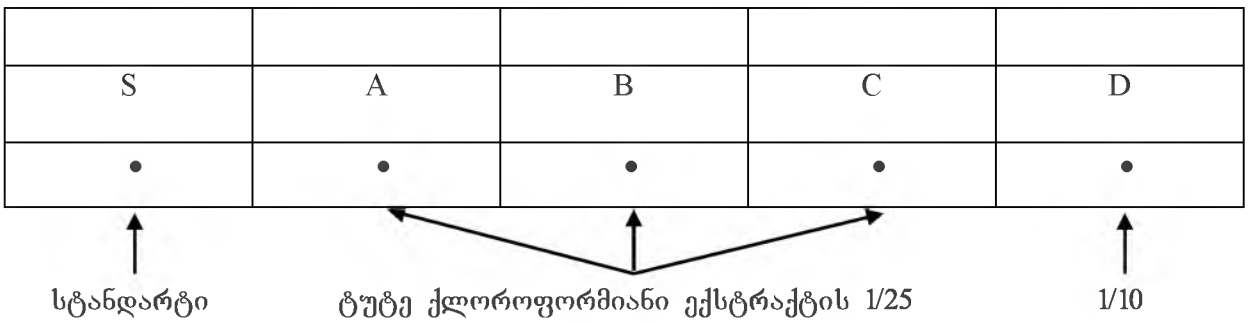
- <u>პირაზოლონებს და ალკალოიდებს</u> (I ზონა) – აცეტონი – ციკლოჰექსანი (5:1), სორბენტი – ალუმინის ფუძე – ჟანგი.
- <u>ბარბიტურატებს, 1,4-ბენზოდიაზეპინებს</u> (II) ზონა: ქლოროფორმი – ბუთანოლი – 25% ამიაკის ხსნარი (70 : 40 : 5); სორბენტი – ბორის მჟავით დაბუფერებული სილიკაგელი *КСК*.
- <u>1,4-ბენზოდიაზეპინებს</u> (III) ზონა – ეთილაცეტატი-ბენზოლი*-ეთანოლი - ამიაკის – 25% ხსნარი (90 : 15 : 5 : 2.5), სორბენტი – სილიკაგელი *КСК*.

<u>*ბენზოლს, მაღალი ტოქსიკურობის გამო იყენებენ მხოლოდ უკიდურესი საჭიროების შემთხვევაში</u>

<u>ფუძე და სუსტი ფუძე ხასიათის ნივთიერებათა თფქ სკრინინგის პირობები:</u>

- გამხსნელთა ზოგადი სისტემები-ქლოროფორმი-დიოქსანი-აცეტონი-ამიაკის 25% ხსნარი (45 : 47.5 : 5 : 2.5).
- სილიკაგელის დამაგრებულ ფენიანი ქრომატოგრაფიული ფირფიტები
- გამხსნელთა გარბენის სიგრძე – 10 სმ.
- გამხსნელთა ორთქლით კამერის გაჯერების დრო – 15-20 წუთი.

ქრომატოგრაფიული ფირფიტა იყოფა 5 ვერტიკალურ ზოლად.



სტანდარტის სახით გამოიყენება ეტაპერაზინი. ქრომატოგრაფირებისა და ფირფიტის გაშრობის შემდეგ ახდენენ ალკალოიდების, ფენოთიაზინების, 1,4-ბენზოდიზეპინების, პარა-ამინობენზოის მჟავას და პირაზოლონის წარმოებულების გამჟღავნებას.

გამოსამჟღავნებლად იყენებენ:

- <u>ფენოთიაზინის წარმოებულებისათვის</u> – გოგირდმჟავას 10% ხსნარს ეთანოლში (წარმოიქმნება წითელი და იისფერი ლაქები – S და A ზოლი).

- <u>ფენოთიაზინის და პირაზოლონის წარმოებულებისათვის</u> – $FeCl_3$-ის 5 და 10% ხსნარებს (წარმოიქმნება მოლურჯო-იისფერი ან მოწითალო-იისფერი ლაქები – B ზოლი).
- <u>ალკალოიდებისათვის, 1,4 ბენზოდიაზეპინის, პარა-ამინობენზოის მჟავას წარმოებულებისათვის</u> – დრაგენდორფის რეაქტივს მუნიეს მოდიფიკაციით (მიიღება ნარინჯისფერი, მოწითალო-ნარინჯისფერი ლაქები – B ზოლი).

Rf-ის მნიშვნელობების მიხედვით ნივთიერებებს ქრომატოგრამაზე ყოფენ ოთხ ქრომატოგრაფიულ ზონად:

I. *Rf* – 0.12 – 0.36 ალკალოიდები;

II. *Rf* – 0.50 – 0.58 – პურინები, პირაზოლონისა და ფენოთიაზინის წარმოებულები;

III. *Rf* – 0.69 – 0.83 – 1,4-ბენზოდიაზეპინის და პარა-ამინოდიაზეპინის წარმოებულები;

IV. *Rf* – 0.67 – 0.98 – ალკალოიდები, 1,4-ბენზოდიაზეპინის და ფენოთიაზინის წარმოებულები.

გაუმჟღავნებელი D ზონის სორბენტის ფენას, რომელიც მოთავსებულია სხვა ზონებზე მდებარე საანალიზო ექსტრაქტიან შეფერილი ლაქის დონეზე ფხეკენ სკალპელის დახმარებით და ახდენენ საკვლევი ნივთიერებების ელუირებას:

- I ქრომატოგრაფიული ზონიდან – მეთანოლი-დიეთილამინის (9:1) ნარევით;
- II და III ქრომატოგრაფიული ზონიდან – მეთანოლი – 25% ამიაკის ხსნარის (9:1) ნარევით;.

ელუენტებს იკვლევენ გამხსნელთა კერძო სისტემებში:

- <u>ალკალოიდებს</u> (I ზონა) – ქლოროფორმი-დეთილამინი (9:1, სორბენტი – სილიკაგელი *КСК*.
- <u>პირაზოლონის და ფენოთიაზინის წარმოებულებს</u> (II ზონა). ქლოროფორმი – ეთანოლი (5:1); სორბენტი – ალუმინის ნეიტრალური ჟანგი.
- <u>1,4-ბენზოდიაზეპინის, ფენოთიაზინის, პარა-ამინობენზოის მჟავას წარმოებულებს</u> (III ზონა) – ქლოროფორმი – ეთანოლი (20:1), სორბენტი – ალუმინის ფუძე-ოქსიდი.
- <u>ალკალოიდებს, 1,4 ბენზოდიზეპინის და ფენოთიაზინის წარმოებულებს</u>

(IV ზონა). ციკლოჰექსანი – აცეტონი (5:1), სორბენტი ალუმინის ფუძე ჟანგი.

წინასწარი ქრომატოგრაფიული კვლევის შედეგებს ადასტურებენ ანალიზის ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით.

2.3. „სამკურნალო შხამების“ კვლევის ქიმიური მეთოდები:

„სამკურნალო შხამების“ აღმოსაჩენად გამოიყენება შემდეგი ქიმიური რეაქციები: - ფერადი, დალექვის და მიკროკრისტალოსკოპური.

ფერად რეაქციებს – საფუძვლად უდევთ შემდეგი პროცესები:

- წყლის წართმევა (კონცენტრირებული H_2SO_4-ის დახმარებით)
- პრეპარატის დაჟანგვა ($K_2Cr_2O_7$-ით კონც. H_2SO_4 თანაობისას)
- ერთდროულად დაჟანგვა და წყლის წართმევა
- ალდეჰიდებთან კონდენსაცია წყლის მშთანთქმელი ნივთიერებების თანაობისას

ფერადი რეაქციები სრულდება ქლოროფორმის მოცილების შემდეგ მშრალ გაცივებულ ნალექებზე, რისთვისაც იყენებენ შემდეგ რეაქტივებს: კონცენტრირებულ მჟავეებს (კონც. H_2SO_4, HNO_3, HCl), მარკის (კონც. H_2SO_4 და ფორმალდეჰიდი), ფრედეს (კონც. H_2SO_4 და ამონიუმის მოლიბდატი), ერდმანის (კონც. H_2SO_4 და კონც. HNO_3) და მანდელინის (კონც. H_2SO_4 და ამონიუმის ვანადატი).

ფერადი რეაქციების შედეგების შეფასება:

- შესაძლებელია გამოირიცხოს ცალკეული სამკურნალო შხამები და მათი ჯგუფები, რაც საშუალებას იძლევა შეირჩეს ქლოროფორმიანი გამონაწვლილების ანალიზის რაციონალური სქემა.
- შესაძლებელია აღმოჩენილი იქნას ცალკეული შხამები და მათი ჯგუფები (მაგ. მარკის რეაქტივით შეიძლება ორიენტირება იზოქინოლინის წარმოებული ალკალოიდების ძიებაზე).
- ნაკლოვანებაა: არასპეციფიკურობა, დაბალი მგრძნობელობა, მიღებული ფერის არამდგრადობა, რომელიც შეიძლება შეიცვალოს ან გაქრეს ჰაერის დამჟანგველების და სინათლის მოქმედებით.
- ფერადი რეაქციების ჩატარების მთავარი პირობაა ქლოროფორმიანი გამონაწვლილების სისუფთავის მაღალი ხარისხი, რადგან ცილების ნაშთები გოგირდმჟავას მოქმედებით ნახშირდებიან, აზოტმჟავით იჟანგებიან, რის გამოც ხდება ძირითადი შედეგების შენიღბვა.

დალექვის რეაქციებს საფუძვლად უდევთ შემდეგი პროცესები:

- წყლიან არეში ცუდად ხსნადი მარილების წარმოქმნა (ალკალოიდების ურთიერთქმედებისას ფოსფორმოლიბდენის მჟავასთან – ზონენშეინის რეაქტივი; ფოსფორვოლფრამის მჟავასთან – შეიდლერის რეაქტივი; პიკრინის მჟავასთან, მთრიმლავ მჟავეებთან – ტანინთან და სხვა);
- მძიმე მეტალებთან წყლიან არეში ცუდად ხსნადი კომპლექსების წარმოქმნა (ალკალოიდების ურთიერთქმედებისას დრაგენდორფის, მარმეს, მაიერის რეაქტივებთან).

დალექვის რეაქციების შედეგების შეფასება:

- ჯგუფური დამლექი ყველა რეაქტივი ალკალოიდებთან, მათ სინთეზურ ანალოგებთან და სხვა ფუძე ხასიათის ორგანულ ნივთიერებებთან იძლევიან ამორფულ ნალექებს.
- ალკალოიდების დამლექი ზოგადი რეაქციების ღირსებად ითვლება მათი მაღალი მგრძნობელობა (ყველაზე მაღალი მგრძნობელობით ხასიათდება ფოსფორმოლიბდენის და ფოსფორვოლფრამის მჟავეები და დრაგენდორფის რეაქტივი, ყველაზე ნაკლებით – ტანინი).
- დალექვის რეაქციის ნაკლოვანებაა არასპეციფიკურობა, რადგან ანალოგიური ნალექების მოცემა შეუძლია ცილებს. დალექვის რეაქციებს ალკალოიდების ჯგუფური დამლექავი რეაქტივებით აქვთ უარყოფითი ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური მნიშვნელობა.

<u>მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციები</u> – დამყარებულია საკვლევი ნივთიერებების დალექვაზე შესაბამისი რეაქტივების დახმარებით და წარმოქმნილი კრისტალების ფორმების განსაზღვრაზე.

<u>მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციების შედეგების შეფასება:</u>

- სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ წარმოქმნილი კრისტალების ფორმა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთა რიცხვს მიეკუთვნება: საკვლევი ნივთიერების და რეაქტივის კონცენტრაცია, საკვლევი ნივთიერების და რეაქტივის მოცულობათა ფარდობა, ტემპერატურა, pH, მინარევების არსებობა, წარმოქმნილი კრისტალების პოლიმორფიზმი და ა.შ.
- რეაქციები მაღალმგრძნობიარე და სპეციფიკურია

2.4. „სამკურნალო შხამების“ იდენფიტიკაცია (აღმოჩენა) ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით

- „სამკურნალო შხამების“ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში უპირატესად გამოიყენება სპექტრული (სპექტროსკოპია უი და იწ-უბნებში), ქრომატოგრაფიული მეთოდები (თფქ, გსქ, მესქ) და ელექტროფორეზი.

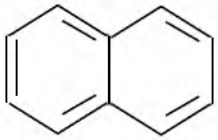
2.4.1. ანალიზის სპექტრული მეთოდები

შთანთქმის სპექტრს ხილვად და უი უბნებში, რაც განპირობებულია ელექტრონული გადასვლებით **ელექტრონულ სპექტრს** უწოდებენ.

ელექტრონული გადასვლების უბანი მოიცავს ელექტრომაგნიტური ტალღების სპექტრის ინტერვალს 100-დან 800 ნმ-მდე (10^6 – 10^4 სმ$^{-1}$). ეს უბანი იყოფა ორ: ხილვად (400-დან 800 ნმ-მდე) და ულტრაიისფერ (უი) (დიაპაზონით 200-დან 400 ნმ-მდე) უბნებად. ეს უკანასკნელი კი თავის მხრივ იყოფა ორ: ახლო (200-დან 400 ნმ-მდე) და შორ (ვაკუუმურ) (100-დან 200 ნმ-მდე) უბნებად.

ელექტრონები, რომლებიც შედიან ატომების და მოლეკულების შემადგენლობაში, განსხვავდებიან თავისი ენერგეტიკული მდგომარეობით (1s-, 2s-, 2p – ელექტრონები და სხვა). მათ აღსაგზნებად საჭიროა სხვადასხვა სიგრძის ტალღების გამოსხივება (ენერგია). ყველაზე დიდი ენერგია საჭიროა მარტივი C – C ბმის (σ – ელექტრონების) აღსაგზნებად. რამდენადმე ნაკლები ენერგია სჭირდება სხვა – მარტივი ბმების ელექტრონების აღგზნებას, მაგ. ნახშირბადის ატომის ბმას ატომთან, რომელიც შეიცავს დაუყოფელი ელექტრონების წყვილს (π-ელექტრონები). ორგანული ნივთიერებების მოლეკულებს, რომლებიც არ შეიცავენ დაწყვილებულ ბმებს, არა აქვთ დამახასიათებელი შთანთქმა უი-უბნის სამუშაო ზონაში (200-400 ნმ). **ატომების ჯგუფს, რომლებიც შეიცავენ ერთ ან რამდენიმე ჯერად ბმებს, უწოდებენ ქრომოფორებს**. ისინი იწვევენ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების შერჩევით შთანთქმას უი-უბანში. თუ ადგილი აქვს ქრომოფორების ერთმანეთთან ან π-ელექტრონულ სისტემებთან – **აუქსოქრომებთან** (OH, NH_2, CH_2 და სხვა) ბმას, მაშინ ნივთიერების შთანთქმის მაქსიმუმი გადაადგილდება გრძელტალღოვან უბანში (ბატოქრომული გადანაცვლება). ზოგიერთი ქრომოფორების შთანთქმის მაქსიმუმები მოცემულია ცხრილში 13.2.

ცხრილი 13.2. ქრომოფორების შთანთქმის მაქსიმუმები

ქრომოფორი	λ_{max}, ნმ
1	2
=C=C=	165
=C=C=C=	225
C=C	173
=C=N-	240-250
$-NO_2$	271
C=O	280
-N=N-	340
=C=	620
-N=C	665
ბენზოლი	180, 203, 254
 ნაფტალინი	275, 314

ცხრილში 13.3. კი მოცემულია სხვადასხვა ჩამნაცვლებლების გავლენა ბენზოლის ბირთვში მონოჩანაცვლებულ წარმოებულების შთანთქმის უბნების მდებარეობაზე (ეთანოლში).

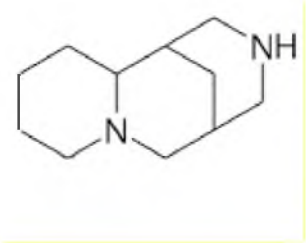
ცხრილი 13.3. ჩამნაცვლებლების გავლენა ბენზოლის მონოჩანაცვლებულ წარმოებულების შთანთქმის უბნების მდებარეობაზე

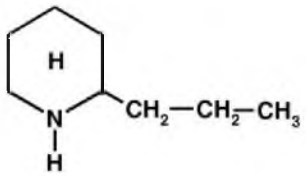
R	შთანთქმის უბნები (ტალღის სიგრძე ნმ-ში)	
	მეორე	მესამე
H	203	256
CH_3	206	225
Cl	210	264

OH	211	270
SH	236	271
NH_2	230	280
$CH=CH_2$	244	282
NO_2	259	-
OCH_3	217	269
COOH	230	279

სპექტრის უი-უბანში მოლეკულების ქცევის მიხედვით (სამუშაო ზონა 200-400 ნმ) ნივთიერებები იყოფა სამ ჯგუფად:

- ნივთიერებები, რომლებსაც არა აქვთ დამახასიათებელი შთანთქმა (არა აქვთ ქრომოფორები):

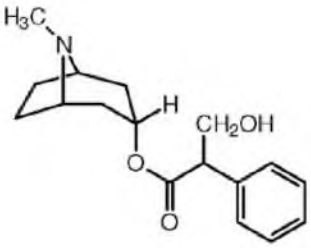




პაქიკარპინი

კონიინი

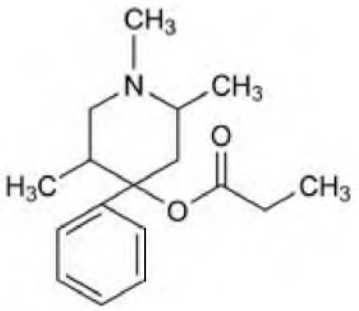
- ნივთიერებები, რომლებსაც აქვთ pH-ზე დამოუკიდებელი შერჩევითი შთანთქმა:



ატროპინი

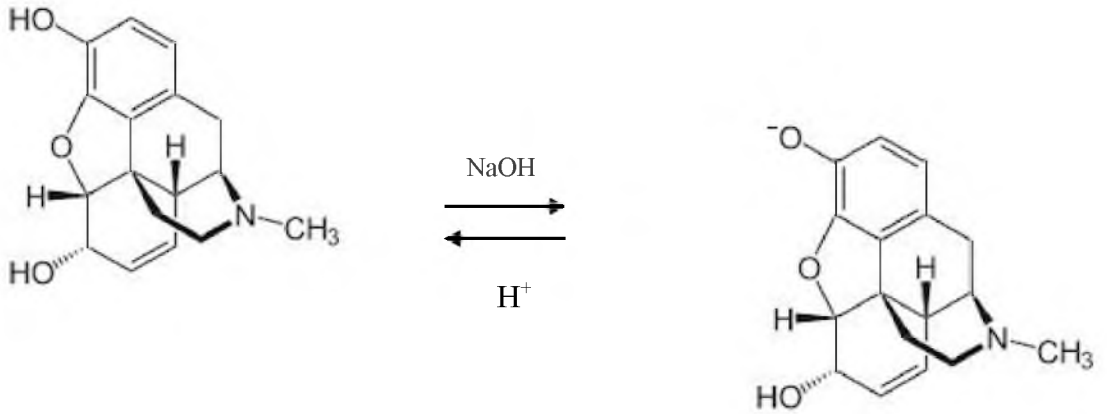
ეთანოლში შთანთქმის მაქსიმუმები 252, 258, 265 ნმ-ზე 0.1 N H_2SO_4-ის ხსნარში –

251, 257, ($E_{1cm}^{1\%}$ = 2.9), 263.5 ნმ.



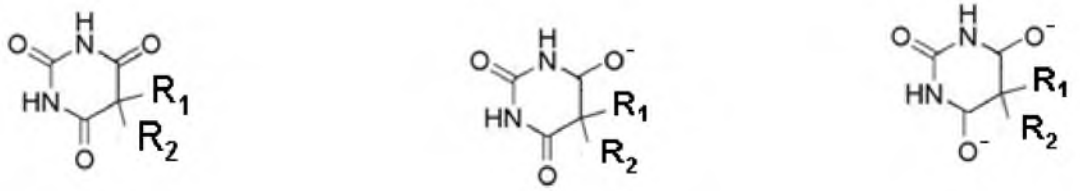
პრომედოლი – ეთანოლში შთანთქმის მაქსიმუმები აქვს 252, 258, 264 ნმ ტალღაზე, 0.1 N HCl-ში კი – 251, 257, ($E_{1cm}^{1\%}$ = 6.3), 263 ნმ-ზე.

- ნივთიერებები, რომლებსაც აქვთ pH-ზე დამოკიდებული შერჩევითი შთანთქმა:



მორფინი 284 ნმ ($E_{1cm}^{1\%}$ = 194)

296 ნმ ($E_{1cm}^{1\%}$ = 274)



pH 1-3 – λ_{max}=210 ნმ pH 9-10 – λ_{max}=210 ნმ pH 13 – λ_{max}=255 ნმ

უკანასკნელი ჯგუფის ნივთიერებების მოლეკულები შეიცავენ ქრომოფორებს, რომლებიც დაკავშირებული არიან აუქსოქრომებთან და შეუძლიათ

ფლობდნენ ელექტრონული გადასვლების ყველა სახეობებს. მოლეკულების იონიზაციის შედეგად ხსნარების pH-ის შეცვლისას შთანთქმის უბნები ინაცვლებენ სპექტრის გრძელტალღოვან უბანში (ბატოქრომული გადანაცვლება) ან სპექტრის მოკლეტალღოვან უბანში (ჰიპსოქრომული გადანაცვლება). ზოგიერთი ნივთიერება (ბარბიტურატები), რომლებსაც არა აქვთ დამახასიათებელი შთანთქმა მუავა არეში სამუშაო ზონაში (200-400 ნმ), შეტუტიანებისას იწყებს შთანთქმას ქრომოფორული ჯგუფების წარმოქმნასთან დაკავშირებით.

ნივთიერებანი, რომლებიც მიეკუთვნებიან ნაერთების ჯგუფს pH-ზე დამოკიდებული შერჩევითი შთანთქმით, წარმოდგენენ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზისათვის ყველაზე საინტერესო ჯგუფს.

ულტრაიისფერი (უი) სპექტრომეტრია რაოდენობითი განსაზღვრის ჩასატარებლად – მგრძნობიარე და საინტერესო მეთოდია, საკმარისად ზუსტია, მაგრამ მოითხოვს საანალიზო ნივთიერებების გულდასმით გასუფთავებას თანმხლები მინარევებისაგან, რაც ბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში ხშირად ვერ ხერხდება.

ინფრაწითელი (იწ) სპექტრომეტრია ნაკლებად მგრძნობიარეა, ვიდრე უი-სპექტრომეტრია, სპექტრების გაშიფვრაც ბევრად რთულია, ამიტომ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში ნაკლებად გამოიყენება.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევების ჩატარებისას სპექტრულ ანალიზს ჩვეულებრივ ატარებენ ქრომატოგრაფიული სკრინინგის შემდეგ და არის მიმართული ანალიზი. იგი მოიცავს გამოყოფილი ნივთიერების გასუფთავებას და მერე, უმეტესად, უი-სპექტრების გადაღებას pH-ის სხვადასხვა მნიშვნელობების პირობებში და სხვადასხვა გამხსნელებში (საჭიროების შემთხვევაში).

გასუფთავებას უფრო ხშირად ატარებენ თფქ დახმარებით, მუავა-ფუძე ხასიათის მქონე ნივთიერებების შემთხვევაში კი ექსტრაქციული მეთოდით ან გასუფთავების ორი სხვადასხვა მეთოდის შეთავსებით.

2.4.2. ქრომატოგრაფიული მეთოდები

“სამკურნალო შხამების” თვისობრივ და რაოდენობრივ ანალიზში ძალიან ფართოდ გამოიყენება ქრომატოგრაფიული ანალიზის ყველა მეთოდი: თხელფენოვანი, გაზური, სითხოვანი. ქრომატოგრაფიული ანალიზის მეთოდები ვრცლად არის აღწერილი სახელმძღვანელოს სპეციალურ თავებში. ქვემოთ მოყვანილია “სამკურნალო შხამების” ანალიზის კერძო პირობები გაზური და

მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიული მეთოდებით.

„სამკურნალო შხამების“ გაზური ქრომატოგრაფიული ანალიზის პირობები:

„სამკურნალო შხამების“ გამოიყენებიან გაზური ქრომატოგრაფი ЛХМ-80 თერმოაეროზოლური დეტექტორით (TAD) ან Perkin-Elmer F-22 უალო აზოტო-ფოსფორული დეტექტორით (NPD). სილანიზირებული, 1 მ სიგრძის, შიდა დიამეტრი 2-3 მმ მინის სვეტი, სორბენტი – 3%-იანი SE-30 ქრომოსორბ W(HP)-80-100 მეშ-ზე. გაზ-მატარებლის სიჩქარე 45 მლ/წთ აზოტი TAD -ისათვის და 40 მლ/წთ ჰელიუმი NPD-სთვის. ქრომატოგრაფიული სვეტის ეფექტურობა დოდეკანის მიხედვით 100°C-ზე TAD -ისა და NPD-სთვის შესაბამისად 1200 ტ.ტ. და 1350 ტ.ტ. დეტექტირების სელექციურობა ოპტიმიზირებულია კოფეინით და ჰექსადეკანით. ამ დროს დადგენილია დამხმარე გაზების შემდეგი ხარჯვა: TAD -ისათვის – 18 მლ/წუთში წყალბადი, 200 მლ/წთ-ში ჰაერი, 135 მლ/წთ-ში აზოტი რუბიდიუმის ქლორიდის აეროზოლის გენერატორის გავლით გენერატორის 510°C ტემპერატურისას, NPD-სთვის რუბიდიუმის სილიკატის ბურთულით – 1 მლ/წთ-ში წყალბადი და 60 მლ/წთ-ში ჰაერი.

დეტექტორის ტემპერატურაა 300°C. ამაქროლებლის ტემპერატურაა 250°C სვეტის თერმოსტატის ტემპერატურა იცვლება ხაზოვანი პროგრამით 130°C -დან 290°C-მდე 20°C წუთში სიჩქარით. საბოლოო ტემპერატურაზე დაყოვნება იკავებს ანალიზის საერთო დროს 15 წთ-მდე. შესაყვანი სინჯის მოცულობა – 2.5 მკლ-ის ტოლია.

„სამკურნალო შხამების“ მაღალეფექტური სითხოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდით ანალიზის პირობები 1.4-ბენზოდიაზეპინების მაგალითზე:

- ქრომატოგრაფიული სვეტი (62×2 მმ), შევსებული შებრუნებულ ფაზიანი სორ-ბენტით „სეპარონ C_{18}-ით“ (5 მკმ) (სვეტი თან მოყვება ქრომატოგრაფს).
- მოძრავი ფაზის (ელუენტის) სახით ნატიური ბენზოდიაზეპინების (მედაზეპამის გარდა) დასაყოფად გამოიყენება 0.05 მოლი ამონიუმის ორჩანაცვლებული ფოსფატის წყლიანი ხსნარის და აცეტონიტრილის (65:35) – pH = 7.8 ნარევი.
- ნატიური 1,4-ბენზოდიაზეპინების დეტექტირებას ატარებენ 230 ნმ ტალღაზე.
- ნატიური ბენზოდიაზეპინების ჰიდროლიზური დაშლის პროდუქტების – ბენზოფენონების (მედაზეპამისაც) დასაყოფად ელუენტის სახით გამოიყენება იმავე გამხსნელების სისტემები, მხოლოდ თანაფარდობით 45:55.

- ბენზოფენონების დეტექტირებას ატარებენ 220 ნმ ტალღაზე.
- ელუირების ნაკადის სიჩქარეა – 100 მკლ/წთ-ში.

„სამკურნალო შხამების“ იდენტიფიკაციას გსქ და მესქ ატარებენ პიკების შეკავების პარამეტრების მიხედვით.

2.5. „სამკურნალო შხამების“ ფარმაკოლოგიური გამოკვლევები

ზოგიერთი შხამიანი ნივთიერება ცხოველთა ორგანიზმზე მოქმედებისას იწვევს დამახასიათებელ ფიზიოლოგიურ რეაქციებს. ასე, მაგალითად, კატის თვალში შეყვანილი ატროპინი იწვევს გუგების გაფართოებას. ბაყაყის ზურგში ნიკოტინის შეყვანის შემდეგ ბაყაყი იღებს დამახასიათებელ პოზას. იგივე ითქმის სტრიქნინზე. მისი შეყვანისას ბაყაყის ზურგში მას ეწყება ტეტანური კრუნჩხვები. შემდეგ კი იღებს სტრიქნინის მოქმედებისათვის დამახასიათებელ პოზას.

ბიოლოგიური მასალიდან მიღებული და შესაბამისი მეთოდით კარგად გასუფთავებული „სამკურნალო შხამების“ ფარმაკოლოგიურ გამოკვლევას უნდა აწარმოებდნენ სპეციალისტები-ფარმაკოლოგები, რომლებსაც აქვთ სპეციალური ცოდნა ამ სფეროში და ფლობენ ექსპერიმენტის ტექნიკას.

2.6. „სამკურნალო შხამების“ რაოდენობითი განსაზღვრა

ბიოლოგიური მასალიდან გამოყოფილი ტოქსიკური ნივთიერებების რაოდენობრივი განსაზღვრა ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის დამამთავ-რებელი ეტაპია. რაოდენობრივ განსაზღვრას აწარმოებენ მათი იდენტიფიკაციის შემდეგ. იდენტიფიკაციის დროს შეიძლება აღმოჩენილი იქნას ის ტოქსიკური ნივთიერებები, რომლებიც პიროვნებამ მიიღო სიკვდილის წინ თერაპიულ დოზებში (მკურნალობის მიზნით) და არ იყო მოწამვლის მიზეზი. ორგანოებში მოხვედრილი შხამის დოზა შეიძლება შეფასებულ იქნას მხოლოდ რაოდენობითი განსაზღვრის შედეგების საფუძველზე.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში ბიოლოგიური მასალიდან გამოყო-ფილი ტოქსიკური ნივთიერებების რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის გამოიყენება მგრძნობიარე ფოტოკოლორიმეტრიული, სპექტროფოტომეტრიული, გაზურ-ქრომატოგრაფიული და ზოგიერთი სხვა მეთოდები. დაბალი მგრძნო-ბელობის გამო გრავიმეტრიული და ტიტრიმეტრიული მეთოდები ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში პრაქტიკულად არ გამოიყენება. ბიოლოგიური

მასალიდან გამოყოფილი ნივთიერებები, რომელთა რაოდენობით განსაზღვრასაც აწარმოებენ, უნდა იყოს კარგად გასუფთავებული ცილოვანი ნაერთებისაგან, მათი დაშლის პროდუქტებისაგან, რომლებიც წარმოიშობა გვამურ მასალაში და სხვა პროდუქტებისაგან.

ბიოლოგიურ მასალიდან გამოყოფილი შხამიანი ნივთიერებების რაოდენობითი განსაზღვრის შედეგების დიდი მნიშვნელობის მიუხედავად, მოწამვლის საკითხის გადასაწყვეტად, რიგ შემთხვევაში ამ განსაზღვრების შედეგები შეიძლება შემცირებული იყოს. ეს აიხსნება რიგი მიზეზებით:

ტოქსიკური ნივთიერებანი ორგანიზმში გარკვეული ხარისხით ექვემდებარებიან მეტაბოლიზმს. მოწამვლის გამომწვევი ნივთიერებანი არათანაბრად ნაწილდებიან ორგანიზმის ორგანოებსა და ქსოვილებში. ზოგ ორგანოში ეს ნივთიერებანი იმყოფებიან უფრო დიდი რაოდენობით, ვიდრე სხვებში, ზოგში კი ისინი შეიძლება საერთოდ არ იყვნენ. ამიტომ, ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის შედეგები დამოკიდებულია გამოკვლევაზე გაგზავნილი ორგანოების და ქსოვილების სწორად შერჩევაზე. შხამიანი ნივთიერებები ორგანიზმში უკავშირდებიან ცილებს და სხვა ნაერთებს. გამოყოფილი ნივთიერებების რაოდენობა, რომლებიც გადადიან ბიოლოგიური მასალიდან გამონაწვლილში, დამოკიდებულია ტოქსიკური ნივთიერებების შესაბამისი ობიექტებისაგან გამოყოფის (იზოლირების) მეთოდზე. გამოყოფილი ნივთიერებების რაოდენობა დამოკიდებულია აგრეთვე გამოსაკვლევი ობიექტის ხრწნის ხარისხზე. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის მსვლელობის პროცესში შხამების რაოდენობითი განსაზღვრის შედეგების შეფასებისას გათვალისწინებული უნდა იქნას ზემოთ მოყვანილი ფაქტორების გავლენა.

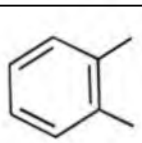
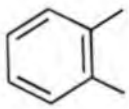
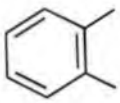
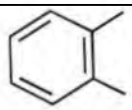
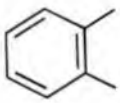
§3. მჟავა, ნეიტრალური და სუსტი ფუძე ხასიათის „სამკურნალო შხამების“ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი

3.1. სალიცილის მჟავას წარმოებულების გამოყენება, ტოქსიკოლოგიური დახასიათება, ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირების და ანალიზის მეთოდები.

სალიცილის მჟავას წარმოებულები (იხ. ცხრილი 13.4.) მედიცინაში ფართოდ გამოიყენება როგორც ანთების საწინააღმდეგო არასტეროიდული პრეპარატები.

ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. ფიზიკური თვისებებით პრეპარატები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან: ასპირინი და სალიცილის მჟავას სხვა წარმოებულები (მეთილსალიცილატის გარდა) – მყარი კრისტალური ნივთიერებებია. მეთილსალიცილატი უფერო ან მოყვითალო ფერის, დამახასიათებელი არომატული სუნის სითხეა.

ცხრილი 13.4. – სალიცილის მჟავას წარმოებულები

პრეპარატი	ქიმიური ფორმულა
სალიცილის მჟავა (ორთო-ოქსიბენზოის მჟავა)	 OH COOH
ასპირინი (აცეტილსალიცილის მჟავა)	 COOH $OCOCH_3$
ნატრიუმის სალიცილატი	 COONa OH
მეთილსალიცილატი	 $COOCH_3$ OH
სალიცილამიდი	 $COONH_2$ OH

<u>პრეპარატები (ნატრიუმის სალიცილატის გარდა):</u>

- მცირედ იხსნებიან ან პრაქტიკულად არ იხსნებიან წყალში;

- ადვილად იხსნებიან მწვავე ტუტეების ხსნარებში;
- ადვილად იხსნებიან სპირტსა და სხვა ორგანულ გამხსნელებში.

ნატრიუმის სალიცილატი ძალიან კარგად იხსნება წყალში და სპირტში. სალიცილის მჟავა იხსნება დიეთილის ეთერში, ეთილის სპირტში, ქლოროფორმში. წყალში სუსტად იხსნება. უფრო ადვილად იხსნება მდუღარე წყალში.

<u>**გამოყენება**</u>. სალიცილის მჟავა გამოიყენება კანის დაავადების სამკურნალოდ, აქვს დეზინფექციის უნარი, გამოიყენება გაძლიერებული ოფლიანობის დროს.

სალიცილის მჟავა არის ტირიფის ქერქში (*Salix*), ამიტომაც ნივთიერებას ეწოდა "სალიცილის მჟავა". მცირე რაოდენობით არის კენკროვანი მცენარეების (ალუბალი, ჟოლო, მარწყვი) ნაყოფებში.

სალიცილის მჟავას წარმოებული პრეპარატები – მარილები, რთული ეთერები, ამიდები გამოიყენება როგორც სიცხის დამწევი, ანთებისსაწინააღმდეგო და ტკივილდამაყუჩებელი საშუალებები რევმატიული ენდოკარდიტის და მიოკარდიტის მკურნალობისას.

მეთილსალიცილატი გამოიყენება როგორც გარეგანი საშუალება სახსრების და კუნთების რევმატიზმის, ართრიტების, ექსუდაციური პლევრიტის დროს.

<u>**ტოქსიკური მოქმედება**</u>. სალიცილატების სამკურნალო დოზებით მიღებისას შესაძლებელია გვერდითი მოვლენები: ყურებში ხმაური, სმენის დაქვეითება, შეშუპებები, გულძმარვა, ღებინება.

ტოქსიკური დოზები იწვევენ ბრონქიალური ასთმის გამწვავებას, ალერგიულ რეაქციებს, კუჭში დამცველი ლორწოს შემცირებას და ლორწოვანის მრავალრიცხოვან წყლულებს.

სისხლის შედედების დარღვევისას, განსაკუთრებით ჰემოფილიის დროს, სალიცილატები ხელს უწყობენ სისხლის დენის განვითარებას.

დოზების გადაჭარბებისას ადგილი აქვს ნერვულ-ფსიქიკურ დაზიანებებს, რაც გამოიხატება მეტყველების დისკოორდინაციით, მოუსვენრობით, კრუნჩხვებით, სუნთქვის დარღვევებით, რაც იწვევს სიკვდილს. სალიცილატების ლეტალური დოზები ბავშვებისათვის 2-4 გ, მოზრდილებისათვის დაახლოებით 20 გ. აღნიშნულიდან გამომდინარე არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას კონსერვანტის სახით ღვინოების, ბოსტნეულის კონსერვების, წვენების, მურაბების წარმოებაში.

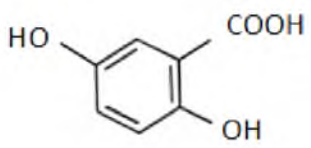
<u>**ორგანიზმში ქცევა**</u>. შიგნით მიღებისას სალიცილის მჟავა სწრაფად შეიწოვება კუჭში, დიდი ნაწილი უკავშირდება პლაზმის ცილებს, გამოიყოფა თირ-

კმელების გზით ნატიური და მეტაბოლიტების სახით. სალიცილის მჟავას ეთერები ნაწილობრივ ჰიდროლიზს განიცდიან ნაწლავებში.

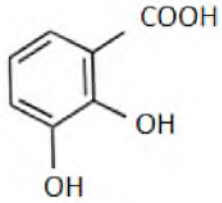
სალიცილის მჟავა და მისი წარმოებულები მეტაბოლიზირდებიან ღვიძლში შემდეგი მიმართულებებით:

- ჰიდროლიზი;
- დაჟანგვა, ჰიდროქსილირება;
- კონიუგატების წარმოქმნა გლუკურონის მჟავასთან და გლიცინთან;
- სალიცილამიდი ორგანიზმიდან გამოიყოფა უმეტესწილად უცვლელი სახით.

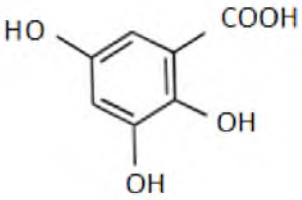
<u>მეტაბოლიზმი</u>. სალიცილის მჟავას ბიოტრასნფორმაციის პროდუქტებია:



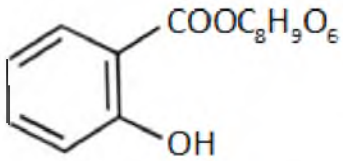
2,5-დიჰიდროქსი-ბენზოის მჟავა

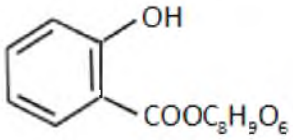


2,3-დიჰიდროქსი-ბენზოის მჟავა

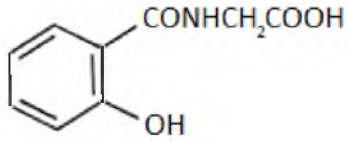


2,3,5-ტრიოქსიბენზოის მჟავა





სალიცილის მჟავს გლუკორონიდები



სალიცილის მჟავა შეკავშირებული გლიცინთან

<u>სალიცილის მჟავას წარმოებულების მიმართული ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი</u>.

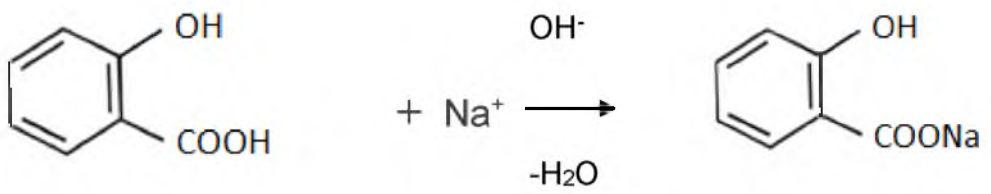
ბიოლოგიური ობიექტების გამოკვლევას სალიცილის მჟავას არსებობაზე ატარებენ სპეციალური დავალების დროს ან საქმის ვითარებიდან გამომდინარე, აგრეთვე ქლოროფორმის აქროლების შემდეგ მინაზე დამახასიათებელი ნემსისებური კრისტალების მიღების შემთხვევაში.

<u>ანალიზის ობიექტებია</u> – კუჭი, ნაწლავები, ღვიძლი, თირკმელები, სისხლი, შარდი, კვების პროდუქტები.

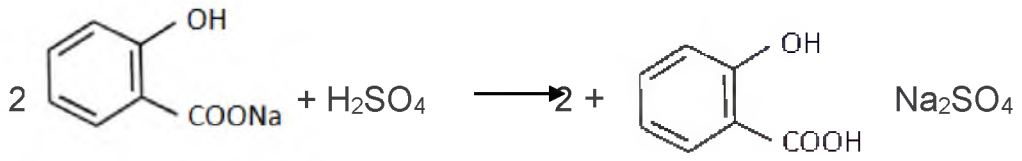
<u>იზოლირება.</u> ბიოლოგიური მასალიდან სალიცილის მჟავას და სალიცილატების იზოლირებისათვის გამოიყენება იზოლირების ზოგადი მეთოდები და ატარებენ მჟავა-ქლოროფორმიანი გამონაწვლილის ანალიზს.

კონსერვებიდან, მურაბებიდან და სხვა საკვები პროდუქტებიდან სალიცილის მჟავას გამოსაყოფად მათზე ასხამენ Na_2CO_3-ის ხსნარს და აყოვნებენ გარკვეული დროის განმავლობაში. ამ დროს წარმოიქმნება ხსნადი ნატრიუმის სალიცილატი.

$$Na_2CO_3+2H_2O \rightleftarrows 2Na^+ + CO_2 + H_2O + 2OH^-$$



წყლიან გამონაწვლილს ფილტრავენ, შეამჟავებენ H_2SO_4-ით და ახდენენ სალიცილის მჟავას ექსტრაჰირებას ქლოროფორმით.

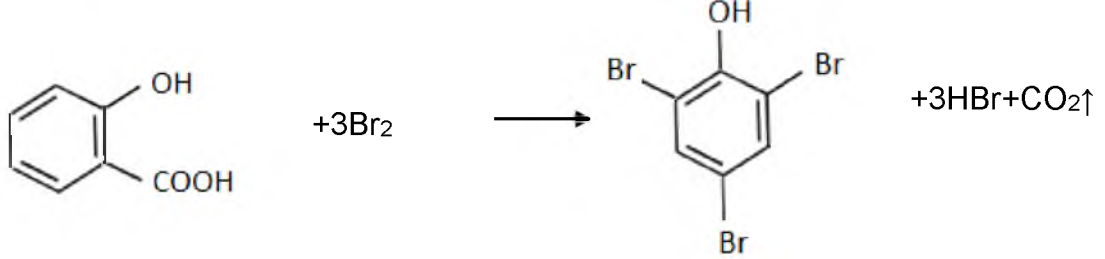


<u>**თფქ სკრინინგი**</u>. გამხსნელთა ზოგად სისტემაში აცეტონი-ქლოროფორმი (1:9) ანალიზის ჩატარებისას სალიცილის მჟავა იმყოფება I ზონაში *Rf*-ით 0.00 – 0.25; კერძო სისტემაში – აცეტონი-ციკლოჰექსანი (5:1) – *Rf* 0.69 – 0.65.

გამოსამჟღავნებელი რეაგენტები: 5 ან 10% $FeCl_3$; პრეპარატის ლაქა – მოლურჯო-იისფერია.

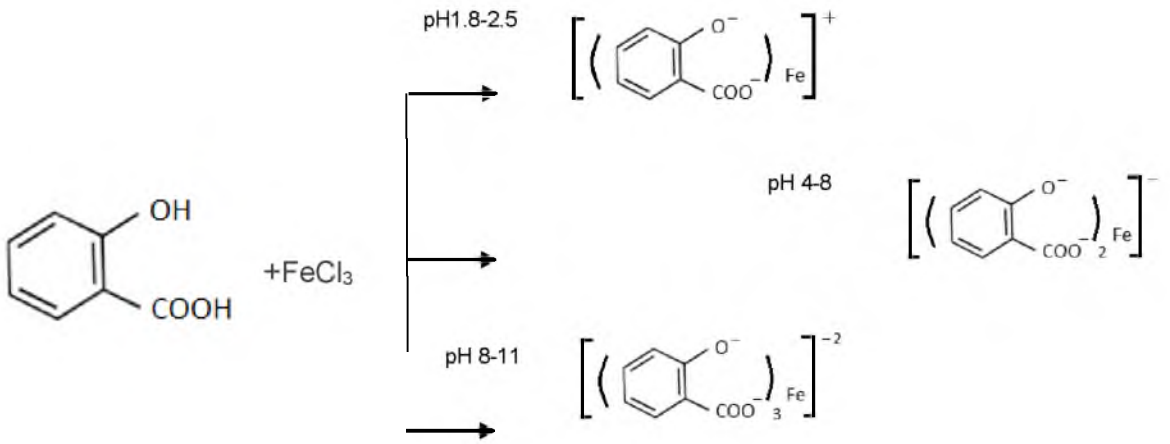
<u>**აღმოჩენა**</u>. მჟავა-ქლოროფორმიანი გამონაწვლილის ექსტრაქციული მეთოდით, აქროლებით, ქრომატოგრაფიული მეთოდებით გასუფთავების შემდეგ აწარმოებენ სალიცილის მჟავას არსებობის დამტკიცებას ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით.

<u>**1. დალექვის რეაქცია**</u> – სამბრომფენოლის წარმოქმნა – მიიღება თეთრი ნალექი.



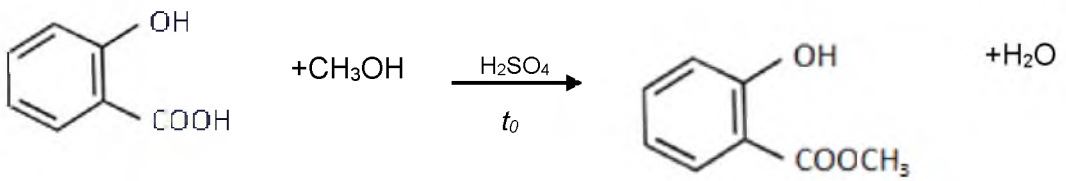
რეაქცია არასპეციფიკური და მაღალმგრძნობიარეა. სასამართლო-ქიმიური მნიშვნელობა აქვს უარყოფით შედეგს.

<u>2. ფერადი რეაქცია FeCl3-თან</u>:რეაქციის მიმდინარეობის დროს ფერი შეიძლება შეიცვალოს ხსნარის pH-ის მიხედვით.



რეაქცია არასპეციფიკური და მგრძნობიარეა.

<u>3. მეთილსალიცილატის წარმოქმნის</u> რეაქცია – მეთანოლთან კონც. H_2SO_4-ის თანაობისას წარმოიქმნება მეთილსალიცილატის **დამახასიათებელი სუნი.**



რეაქცია არასპეციფიკური და მგრძნობიარეა.

<u>4. სალიცილის მჟავას აღმოჩენა უი-სპექტრებით.</u>

ა) NaOH-ის 0.5 N ხსნარში – λ_{max} = 300 ნმ

H_2SO_4-ის 0.1 N ხსნარში λ_{max} = 302 ნმ

5. იდენტიფიკაცია ქრომატოგრაფიული – გსქ, მესქ, თფქ მეთოდებით რაოდენობით განსაზღვრას აწარმოებენ:

ა) ბიოლოგიური ობიექტების და საკვები პროდუქტების გამოკვლევისას

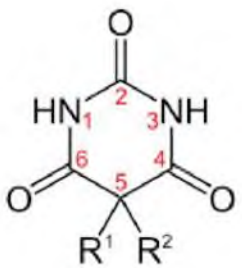
- სპექტრული მეთოდებით (უი-სპექტროფოტომეტრია; ფოტოელექტროკოლორიმეტრია; ექსტრაქციული ფოტომეტრია);
- ქრომატოგრაფიული მეთოდებით (გსქ; მესქ; თფქ);

ბ) სამკურნალო პრეპარატების გამოკვლევისას

- მოცულობით ანალიზის მეთოდებით: ნეიტრალიზაცია, ბრომომეტრია.

3.2. ბარბიტურის მჟავას წარმოებულების გამოყენება, ტოქსიკოლოგიური დახასიათება, ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირების და ანალიზის მეთოდები.

ბარბიტურის მჟავას წარმოებულები ცნს დეპრესანტებია და ხშირად გამოიყენება როგორც სედაციური – საძილე საშუალებანი. ბარბიტურატების მოქმედების ხანგრძლივობა სხვადასხვაა: 15 წთ-დან ერთი და მეტი დღე. ყველაზე უფრო ხშირად აღინიშნება ბარბიტურის მჟავას 5.5 – ჩანაცვლებული (ორჩანაცვლებული) წარმოებულების – ფენობარბიტალის, ბარბამილის, ეტამინალ ნატრიუმის და სხვების ბოროტად გამოყენება.



ნახ. 13.1. ბარბიტურატების ზოგადი ფორმულა

ჩამოთვლილი ბარბიტურატების ზოგად ფორმულაში ჩანაცვლებული რადიკალები მოცემულია ცხრილში 13.5.

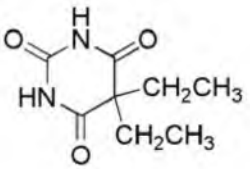
ცხრილი 13.5. 5.5 – ჩანაცვლებული ბარბიტურატების რადიკალები

პრეპარატი	R_1	R_2
ბარბიტალი	$-C_2H_5$	$-C_2H_5$
ფენობარბიტალი	$-C_2H_5$	$-C_6H_5$
ბარბამილი	$-C_2H_5$	$-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$
ეტამინალ-ნატრიუმი	$-C_2H_5$	$-CH_2-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$

ზემოთ ჩამოთვლილი პრეპარატებიდან ნარკოტიკულ საშუალებებს მიაკუთვნებენ ეტამინალ-ნატრიუმს და დიდი დოზებით ბარბამილს.

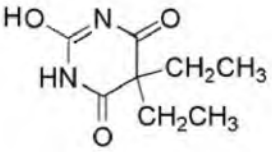
<u>ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები</u>. ბარბიტურატები – თეთრი, კრისტალური ან ამორფული, უსუნო, მწარე გემოს ფხვნილებია.

ეს ნივთიერებანი ცუდად იხსნება წყალში, კარგად იხსნებიან ეთანოლში, ქლოროფორმში, ეთერში, ტუტეთა წყლიან ხსნარებში, რაც აიხსნება მათ იმინო-იმიდოლური ტაუტომერიით.



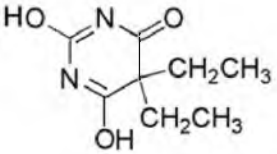
pH 2

იმიდური ფორმა



pH 10

იმიდოლური ფორმა



pH 13

დიიმიდოლური ფორმა

ბარბიტურატები ხასიათდებიან აქროლების უნარით.

ბარბიტურატების უმრავლესობის უი-სპექტრები pH-ის მჟავა და ნეიტრალური მნიშვნელობებისას 200-300 ნმ ტალღებზე შესამჩნევი შთანთქმით არ ხასიათდებიან. pH-ის ფუძე მნიშვნელობებისას ბარბიტურატების უი-სპექტრებს აქვთ 2 მაქსიმუმი, რომელიც ახასიათებს იონიზირებული ფორმების დისოციაციის პირველ (238-240 ნმ) და მეორე (254-256 ნმ) საფეხურებს.

<u>გამოყენება</u>. ბარბიტურატების მედიცინაში გამოყენება დამყარებულია მათ თვისებაზე გამოიწვიონ ფიზიოლოგიურთან მიახლოებული ძილი. ბარბიტურის მჟავას არ ახასიათებს ნარკოტიკული და საძილე თვისებები, რომლებიც მას უჩნდება მე-5 მდებარეობაში წყალბადის ატომების სხვადასხვა რადიკალებით ჩანაცვლების დროს. იყენებენ რა ბარბიტურატების საძილე მოქმედებას, მათ ნიშნავენ ეპილეფსიის, ტეტანუსის, ათეროსკლეროზის მკურნალობის დროს. იყენებენ როგორც ადგილობრივ ტკივილდამაყუჩებელ საშუალებას, ზოგადი და ძვალშიდა ნარკოზის ჩატარებისას. როგორც სედაციური საშუალება ბარბიტურატები შედიან მთელი რიგი სამკურნალო პრეპარატების შემადგენლობაში.

<u>ტოქსიკური მოქმედება</u>. ბარბიტურატები იწვევენ ცნს დათრგუნვას უპირატესად თავის ტვინის ქერქში დამუხრუჭების გამო. ქერქზე მოქმედებასთან ერთად, პრეპარატები აზიანებენ თავის ტვინის ღეროს, თრგუნავენ სასუნთქ ცენტრს, იწვევენ თავის ტვინის კაპილარების ტოქსიკურ დაზიანებას.

ბარბიტურატების თერაპიული დოზებით ხანგრძლივი მიღება იწვევს მათ კუმულაციას ორგანიზმში. მსუბუქი მოწამვლისას აღინიშნება დამუხრუჭებული მდგომარეობა, მოდუნებული მოქმედება, არამდგრადი სიარული, სუნთქვის სიხშირის დაქვეითება. აღინიშნება მეტყველების, მხედველობის დარღვევა, მომატებული ოფლიანობა.

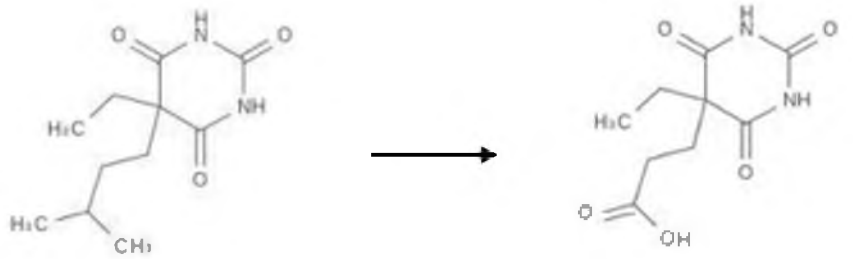
ბარბიტურატებით ძლიერი მოწამვლისას აღინიშნება ნარკოზის მდგომარეობა, რომელიც სწრაფად გადადის მწვავე კომაში, იმავდროულად აღინიშნება სუნთქვის დარღვევა, ნევროლოგიური დაზიანებები, მყესური რეფლექსების და შუქზე თვალის გუგების რეაქციის დაქვეითება. სიკვდილს იწვევს სუნთქვის დამბლა და ფილტვების შეშუპება. ზოგიერთი ნივთიერება (ნარკოტიკები, ალკოჰოლი, ტრანკვილიზატორები) აძლიერებს ბარბიტურატების ტოქსიკურ მოქმედებას. განსაკუთრებით საშიშია სასუნთქ ცენტრებზე ოპიატების, ალკოჰოლის, ნახშირბადის ოქსიდის დეპრესიული მოქმედება. სასიკვდილო დოზა ბარბიტალისათვის 3-4 გ, ფენობაბიტალისათვის 1.4 - 2 გ, ბარბამილისათვის – 4 - 6 გ, ეტამინალ-ნატრიუმისათვის 1 გ.

<u>ორგანიზმში ქცევა</u>. ბარბიტურატები სწრაფად შეიწოვებიან კუჭში, ორგანიზმიდან გამოიყოფიან შარდთან ერთად უცვლელი (ნატიური) და მეტაბოლიტების სახით. ბარბიტურატების მოქმედების ძალას და ხანგრძლივობას

განაპირობებს მათი მეტაბოლიზმი. ბარბიტალის ნახევარგამოყოფის პერიოდი 4 დღეა, ფენობარბიტალის – 3, ბარბამილის - 8 დღე, ეტამინალ-ნატრიუმის – 15 დღე. ბარბიტურატების ყველაზე დიდი კონცენტრაცია აღინიშნება ღვიძლში, თირკმელში, ელენთაში, ტვინში.

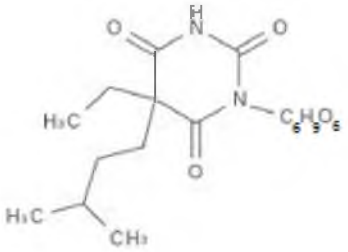
<u>მეტაბოლიზმი</u>. ადამიანის ორგანიზმში ბარბიტურატები (მდგრადი ბარბიტალის გარდა) ღვიძლში განიცდიან რიგ გარდაქმნებს:

- მე-5 მდებარეობაში მყოფი რადიკალების დაჟანგვას სპირტებამდე, კეტონებამდე, კარბოქსიწარმოებულებამდე;
- გლუკურონიდების წარმოქნას.

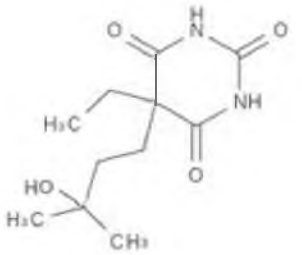


ბარბამილი

ბარბამილის 3' კარბოქსიწარმოებული

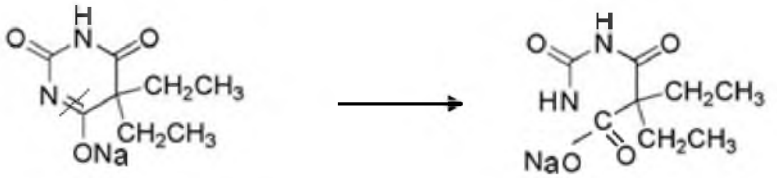


ბარბამილის N-გლუკუნიდი



ბარბამილის 3'-ჰიდროქსი-წარმოებული

- პირიმიდინული ციკლის დაშლის პროცესი



<u>ბარბიტურის მჟავას წარმოებულების მიმართული ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი</u>.

<u>კვლევის ობიექტებია</u> ღვიძლი, თირკმლები, ტვინი, ელენთა, კუჭის შიგთავსი, სისხლი, შარდი.

<u>იზოლირება</u>. ბარბიტურატებზე მიმართული ანალიზის დროს გამოიყენება იზოლირების კერძო მეთოდები – ექსტრაქცია ნატრიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარით (ვალოვას მეთოდი). ექსტრაქცია გოგირდმჟავით შემჟავებული წყლით (ვ.ი. პოპოვას მეთოდი).

ვალოვას მეთოდით იზოლირების ძირითადი ეტაპებია:

I ეტაპი – ბარბიტურატების ექსტრაქცია ნატრიუმის ჰიდროქსიდის წყლიანი ხსნარით. ამ ეტაპზე მიმდინარეობს ცილა-ბარბიტურატის ბმის ჰიდროლიზი და ბარბიტურატების წყალში კარგად ხსნადი იმიდოლური ფორმის წარმოქმნა.

II ეტაპი – ექსტრაქტის განთავისუფლება ბიოგენური მინარევებისაგან ტარდება ცენტრიფუგირებით, ცილების დალექვით ნატრიუმის ვოლფრამატის ხსნარის გამოყენებით (pH 2).

III ეტაპი – იმიდურ ფორმაში ბარბიტურატების ექსტრაქცია ეთერით და შემდეგ ექსტრაქციული მეთოდით გასუფთავება.

<u>ვ.ა. პოპოვას მეთოდით იზოლირების ძირითადი ეტაპებია:</u>

I ეტაპი – ბარბიტურატების ექსტრაქცია გოგირდმჟავით შემჟავებული წყლით.

II ეტაპი – მინარევებისაგან ექსტრაქტის გასუფთავება ფილტრაციით, ცენტრიფუგირებით, გელ-ქრომატოგრაფიით.

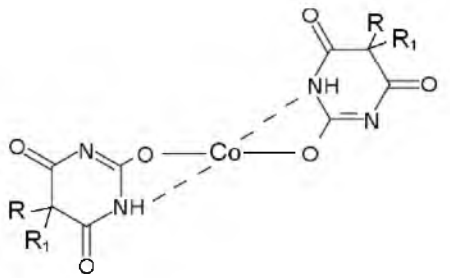
III ეტაპი – იმიდურ ფორმაში მყოფი ბარბიტურატების ექსტრაქციული კონცენტრირება ქლოროფორმის დახმარებით და ქლოროფორმიანი გამონაწვლილის აქროლება.

<u>თფქ-სკრინინგი</u>. გამხსნელთა ზოგად სისტემაში – აცეტონი – ქლოროფორმი (1:9) ანალიზის ჩატარებისას ბარბიტურატები იმყოფებიან მეორე ზონაში *Rf*-ის მნიშვნელობებით 0.31-0.41. მათ გამოსამჟღავნებლად გამოიყენება ვერცხლისწყლის სულფატის 5%-იანი ხსნარი და დიფენილკარბოზონის 0.1% ხსნარი ქლოროფორმში. ბარბიტურატების არსებობისას მჟღავნდება ლურჯი-იისფერი ან მოწითალო-იისფერი ლაქები. შემდეგ ახდენენ სორბენტიდან პრეპარატების ელუირებას აცეტონით და ელუატების გამოკვლევას კერძო სისტემაში: ქლორო-

ფორმი - ნორ. ბუთანოლი-25%-იანი ამიაკი (70 : 40 : 50), სორბენტი – ბორის მჟავას 0.1 N ხსნარი – სილიკაგელი KCK. ინდივიდუალური ბარბიტურატების იდენტიფიკაციას ატარებენ „მოწმეების“ თანხლებით.

<u>აღმოჩენა</u>. „მჟავე“ ქლოროფორმიანი გამონაწვლილის ექსტრაქციული მეთოდით, აქროლებით, ქრომატოგრაფიული მეთოდებით გასუფთავების შემდეგ ატარებენ ბარბიტურატების არსებობის დადასტურებას ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით:

1. <u>ფერადი რეაქციები</u>. ა) კობალტის მარილებთან ამიაკის თანაობისას, აღინიშნება იისფერი შეფერვა, რაც განპირობებულია შიდაკომპლექსური ნერთის წარმოქმნით.



რეაქცია არასპეციფიკურია, რადგან მას იძლევიან პურინები, პირიმიდინები, სულფანილამიდური პრეპარატები. ამ რეაქციის შესრულებას ხელს უშლის წყალი, რომელიც შლის წარმოქმნილ შეფერილ ნივთიერებას. რეაქცია მაღალმგრძნობიარეა, გამოიყენება როგორც წინასწარი რეაქცია.

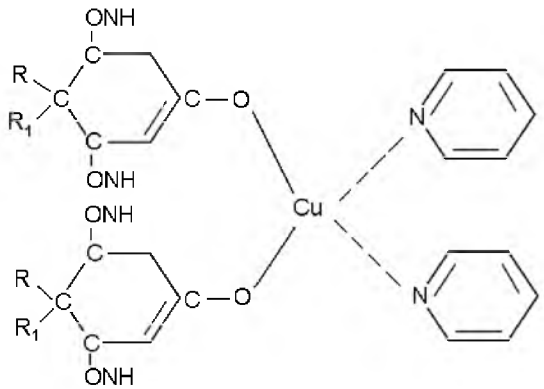
ბ) <u>მურექსიდის რეაქცია</u> – ბარბიტურატების არსებობისას წარმოიქმნება ვარდისფერი შეფერვა. რეაქცია არასპეციფიკურია – ამ რეაქციას იძლევიან პურინებიც და პირიმიდინებიც, რომელიც დაბალმგრძნობიარეა.

2. <u>მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციები</u>. ბარბიტურატების „მჟავა“ ფორმების გამოყოფა – ბარბიტალისათვის დამახასიათებელია უფერო, გამჭვირვალე, სწორკუთხა პრიზმები, ფენობარბიტალისათვის – სფეროიდები, ბარბიმილისათვის – პლასტები და პრიზმები, რომლებიც თავმოყრილი არიან სფეროიდების სახით; ეტამინალ-ნატრიუმისათვის – პრიზმატული კრისტალები. რეაქციები სპეციფიკური და მგრძნობიარეა. აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნას პოლიმორფული მოდიფიკაციის წარმოქმნის შესაძლებლობა, ამიტომ ინდივიდუალური ბარბიტურატების არსებობის დასადგენად ატარებენ კერძო რეაქციებს შემდეგ რეაქტივებთან:

- ქლორთუთიაიოდთან (ბარამილი, ბარბიტალი, ეტამინალ-ნატრიუმი-მუქი წითელი სწორკუთხა ფირფიტები).

- რკინის ქლორიდის და კალიუმის იოდიდის ხსნარების ნარევით (ბარბამილი, ფენობარბიტალი, ეტამინალ – ნატრიუმი – ნარინჯისფერ-ყავისფერი ან ყავისფერი პრიზმები და მისი გროვები);
- რეაქცია იოდის ხსნარში კალიუმის სპილენძის დიოდიდთან (ბარბამილი, ეტამინალ-ნატრიუმი – პრიზმები და მათი გროვები);
- კალიუმის იოდიდის შემჟავებული სპირტიანი ხსნარი (ბარბამილი, ეტამინალ-ნატრიუმი პრიზმები და მათი გროვები);
- რეაქცია სპილენძის მარილებთან და პირიმიდინთან (ბარბიტალი – ვარსკვლავების, დრუზების და სწორკუთხედების ფორმის იისფერი კრისტალები).

ნალექის არსებობა განპირობებულია შიდაკომპლექსური ნარევის წარმოქმნით.



3. <u>იდენტიფიკაციის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები</u>: აღმოჩენა უი და იწ – სპექტრებით, თფქ, გსქ, მესქ – მეთოდებით.

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის დროს ბარბიტურატების <u>რაოდენობრივი განსაზღვრა</u> ტარდება ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით.

- სპექტრული (უი-სპექტროფოტომეტრია, ფოტოკოლორიმეტრია, დიფერენციალური სპექტრომეტრია, ექსტრაქციული ფოტომეტრია);
- ქრომატოგრაფიული (თფქ, გსქ და მესქ).

ჩამოთვლილი მეთოდებიდან ყველაზე პერსპექტიულ მეთოდად ითვლება დიფერენციალური სპექტროფოტომეტრია, რომელიც დამყარებულია ბარბიტურატების იმინო-იმიდოლურ-ტაუტომეტრიაზე. pH-ის სხვადასხვა მნიშვნელობაზე ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრის შემდეგ შესაძლებელია მიღებულ შედეგებზე მინარევების გავლენის ნიველირება:

$C = \frac{\Delta D}{E_{1cm}^{\%} \cdot l}$, სადაც C – ნივთიერების კონცენტრაციაა %-ში.

ΔD – ოპტიკური სიმკვრივეების სხვაობა, გაზომილი:

- pH 2-ის დროს (მინარევი) და pH 10-ის დროს (ბარბიტურატები იმიდოლურ ფორმაში და მინარევები);
- pH 10-ის და pH 13-ის დროს (ბარბიტურატები დიიმიდოლურ ფორმაში);

$E_{1cm}^{1\%}$ – შთანთქმის ხვედრითი მაჩვენებელი.

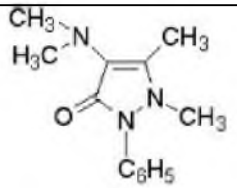
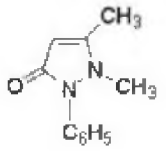
l – ფენის სისქე, სმ-ში.

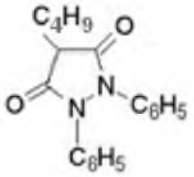
მინარევებისაგან თფქ მეთოდით წინასწარი გასუფთავების შემდეგ დიფერენციალური სპექტროფოტომეტრია უზრუნველყოფს ბარბიტურატების რაოდენობრივი განსაზღვრის სარწმუნო და აღწარმოებად შედეგებს.

§4. პირაზოლონის წარმოებულების გამოყენება. ტოქსიკოლოგიური დახასიათება. ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირების და ანალიზის მეთოდები

პირაზოლონის წარმოებულები მედიცინაში ფართოდ გამოიყენება როგორც სიცხის დამწევი, ანთების საწინააღმდეგო და ტკივილგამაყუჩებელი პრეპარატები (ცხრილი 13.4.).

ცხრილი 13.6. პირაზოლონის წარმოებულები

პრეპარატის სახელწოდება	ქიმიური ფორმულა
ამიდოპირინი (1-ფენილ-2,3-დიმეთილ-4-დიმეთილამინო პირაზოლონ-5)	
ანტიპირინი (1-ფენილ-2,3-დიმეთილ-პირაზოლონ-5)	
ანალგინი (1-ფენილ-2,3-დიმეთილ-4-მეთილამინოპირაზოლონ-5-ნატრიუმის მეთანსულფონატი)	

ბუტადიონი (1,2-დიფენილ-4-ბუთილპირაზოლიდინდიონ-3,5)	

<u>ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები</u>. ამიდოპირინი – სუსტი მწარე გემოს თეთრი კრისტალური ფხვნილია. კრისტალებს აქვს მსხვილი სწორკუთხა ფირფიტების და მათი ნამტვრევების ფორმა. პრეპარატი ნელა იხსნება წყალში (1 : 20), ადვილად სპირტში (1 : 2), ეთერში, ძალიან ადვილად – ქლოროფორმში. ლღობის ტემპერატურა 107-109°C.

<u>ანტიპირინი</u> – უსუნო, უფერო კრისტალები ან თეთრი კრისტალური ფხვნილია, სუსტი მწარე გემოსი. პრეპარატის კრისტალებს აქვთ მსხვილი, ბრტყელი ექვსკუთხედის ფორმა ხაზოვანი ნახეთქებით. ძალიან ადვილად იხსნებიან წყალში (1:1) ადვილად სპირტში. ლღობის ტემპერატურა 110-113°C.

<u>ანალგინი</u> – თეთრი ან ოდნავ შესამჩნევი მოყვითალო ელფერის კრისტალური ფხვნილია. სწრაფად იშლება მაღალი ტენიანობის არსებობის შემთხვევაში. კრისტალებს აქვს წაგრძელებული პრიზმის ფორმა, მხვედველობის არეში გვხვდება სწორკუთხოვანი ფირფიტები. ანალგინი ადვილად იხსნება წყალში (1 : 1.5), ძნელად სპირტში, არ იხსნება ეთერში.

<u>ბუტადიონი</u> – თეთრი ან თეთრი ოდნავ ყვითელი ელფერის ფხვნილია. კრისტალებს აქვთ თხელი წაგრძელებული პრიზმის ფორმა, მხედველობის არეში გვხვდება წაგრძელებული სწორკუთხოვანი ფირფიტები. ბუტადიონი მცირედ იხსნება წყალში, ძნელად სპირტში (1:28), იხსნება ეთერში (1:14), ქლოროფორმში (1:1), მწვავე ნატრიუმის ხსნარში, ლღობის ტემპერატურა 104 – 106°C.

<u>გამოყენება</u>. პირაზოლონის წარმოებულები გამოიყენება ნევრალგიების, რევმატიზმის, ქორეის, გაცივების და მიოზიტების დროს. პრეპარატები ამცირებენ კაპილარების შეღწევადობას და ხელს უშლიან ანთებითი პროცესების განვითარებას.

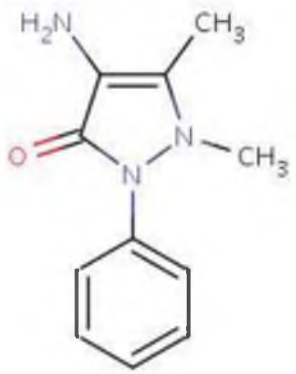
<u>ტოქსიკური მოქმედება</u>. პრეპარატებით ინტოქსიკაცია გაპირობებულია დოზის გადაჭარბებით, აღნიშნული პრეპარატებისადმი მომატებული მგრძნობელობით, მათი არასწორი შენახვით. პრეპარატების ხანგრძლივი გამოყენების დროს იქმნება ქრონიკული მოწამვლის საშიშროება. ანალგინის ხანგრძლივი გამოყენებისას შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს ანემიის ნიშნებს, აქვს ნეფრო-ტოქსიკური, ნაკლებად - ჰეპატოტროპული მოქმედება. პირაზოლონის წარმოებულები

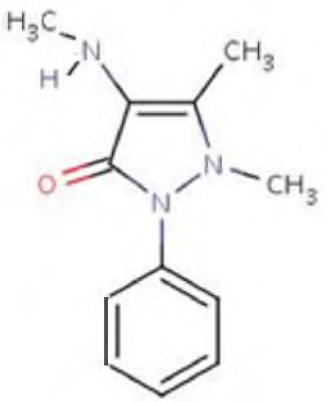
პერმანენტული მიღება ხელს უწყობენ სისხლის წარმოშობის დათრგუნვას (ლეიკოპენია, გრანულოციტოზი), იწვევენ ცნს ფუნქციის დარღვევას, სხეულის ტემპერატურის დაწევას, თირკმელების დაზიანებას, ალერგიულ რეაქციებს (კანზე გამონაყარი, ლორწოვანების შეშუპება, აღწერილია ანაფილაქსიური რეაქციების ცალკეული შემთხვევები).

პირაზოლონის წარმოებულების ლეტალური დოზებია 5-15 გ.

<u>ორგანიზმში ქცევა</u>. პირაზოლონის წარმოებულები შეყვანის გზების მიუხედავად სწრაფად შეიწოვება ორგანიზმში და მათი კვალი შარდში ჩნდება შეყვანიდან უკვე 10-20 წუთის შემდეგ. პირაზოლონის წარმოებულები გამოიყოფიან ნატიური და მეტაბოლიტების სახით. მეტაბოლიზმის ძირითადი მიმართულებებია:

- დემეთილირება 4-ამინოანტიპირინამდე და მონომეთილამინოანტიპირინამდე (ამიდოპირინი).

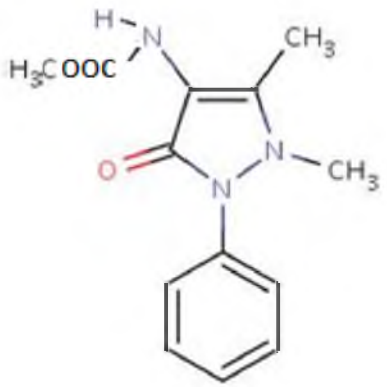




4-ამინოანტიპირინი

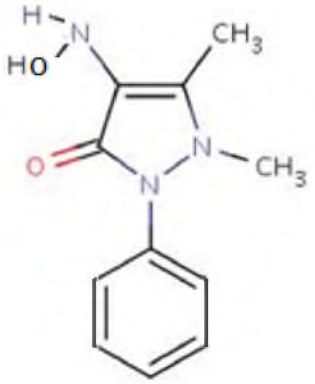
მონომეთილამინოანტიპირინი

- ჰიდროლიზი მონომეთილამინოანტიპირინამდე (ანალგინი);
- აცეტილირება N-აცეტილ-4-ამინოანტიპირინამდე (ამიდოპირინი, ანალგინი);



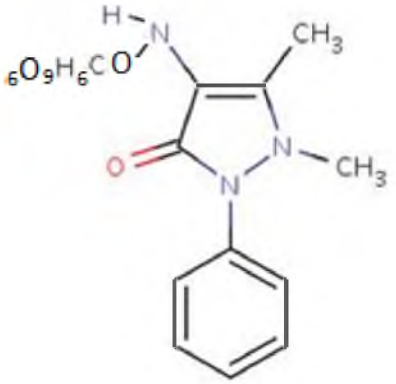
N-აცეტილ-4-ამინოანტიპირინი

- დაჟანგვა-4-ჰიდროქსიანტიპირინამდე (ანალგინი, ამიდოპირინი, ანტიპირინი);



4-ჰიდროქსიანტიპირინი

- 4-ჰიდროქსიანტიპირინის კონიუგაცია გლუკურონის მჟავასთან.



4-ჰიდროქსიანტიპირინგლუკურონიდი

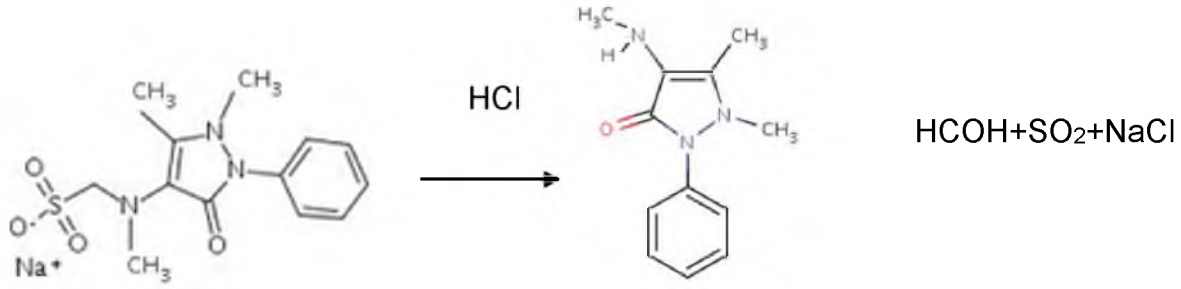
- ჰიდროქსილირება ბუტადიონის პარა-მდებარეობაში მყოფი ფენილის ორი რადიკალიდან ერთ-ერთისა.

<u>პირაზოლონის წარმოებულების მიმართული ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი</u>

<u>კვლევის ობიექტებია</u> – კუჭი, ნაწლავები, ღვიძლი, თირკმელები, სისხლი, შარდი.

<u>**იზოლირებას**</u> ატარებენ ზოგადი მეთოდებით (სტას-ოტოს ან ა. ვასილიევას). პრეპარატები შეიძლება აღმოჩენილი იქნან **მჟავა** და **ტუტე ქლოროფორმიან** გამონაწვლილებში.

ანალგინი „მჟავა“ წყლიან გამონაწვლილებში ჰიდროლიზირდება მონომეთილამინოანტიპირინის წარმოქმნით, რომელიც გადადის ქლოროფორმიან ექსტრაქტში.



ანალგინი

მონომეთილამინოანტიპირინი

იმის გათვალისწინებით, რომ პირაზოლონის წარმოებულები ხასიათდებიან სუსტი ფუძე თვისებებით, მოწოდებულია ორგანოებიდან მათი ექსტრაქციის კერძო მეთოდი, რისთვისაც მჟავა-წყლიან გამონაწვლილს მაშინვე ატუტიანებენ ამიაკით pH 8.5-10 და ატარებენ ქლოროფორმით ექსტრაქციას. ბიოლოგიური სითხეების გამოკვლევისას პირაზოლონის წარმოებულებს წვლილავენ ორგანული გამხსნელებით შემჟავებული ობიექტებისაგან გამომმარილებლების თანაობისას, აუცილებლობის შემთხვევაში ცილების წინასწარი დალექვისას.

<u>თფქ-სკრინინგი</u>. პირაზოლონის წარმოებულები „მჟავა“ ქლოროფორმიანი გამონაწვლილის გამოკვლევის ჩატარებისას გამხსნელთა ზოგად სისტემაში - აცეტონი-ქლოროფორმი (1:9) ხვდებიან პირველ ზონაში *Rf*-ით 0.00-0.25-მდე, $FeCl_3$-ის 5% ხსნარით დამუშავებისას პირაზოლონის წარმოებულების აღმოჩენა ხდება ცისფერი, ლურჯი, მოლურჯო-იისფერი და მოწითალო-იისფერი ლაქების სახით; დრაგენდორფის რეაქტივით, შემდეგ კი H_2SO_4-ის 10% ხსნარით დამუშავებისას პირაზოლონის წარმოებულები წარმოქმნიან ნარინჯისფერ, ნარინჯისფერ-ყავისფერ ლაქებს.

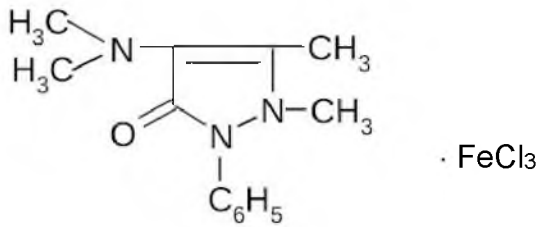
მეთანოლით ელუირების შემდეგ პრეპარატების ანალიზს ატარებენ აცეტონი-ციკლოჰექსანის (5:1) კერძო სისტემაში, სორბენტი – ალუმინის ფუძე ჟანგი. „ტუტე“ ქლოროფორმიანი გამონაწვლილის გამოკვლევისას კი პირაზოლონის წარმოებულებს იკვლევენ გამხსნელთა ზოგად სისტემაში ქლოროფორმი-დიოქსანი-აცეტონი-25% ამიაკის ხსნარი (45 : 47.5 : 5 : 2.5). ამ შემთხვევაში ისინი ხვდებიან მეორე და მესამე ზონებში *Rf*-ის შემდეგი მნიშვნელობებით 0.5-0.58; და 0.63-0.83 შესაბამისად.

მეთანოლი – 25% ამიაკის ხსნარის (9:1) ნარევით ელუირების შემდეგ პრეპარატების ანალიზს ატარებენ ქლოროფორმი – აცეტონი (5:1) და

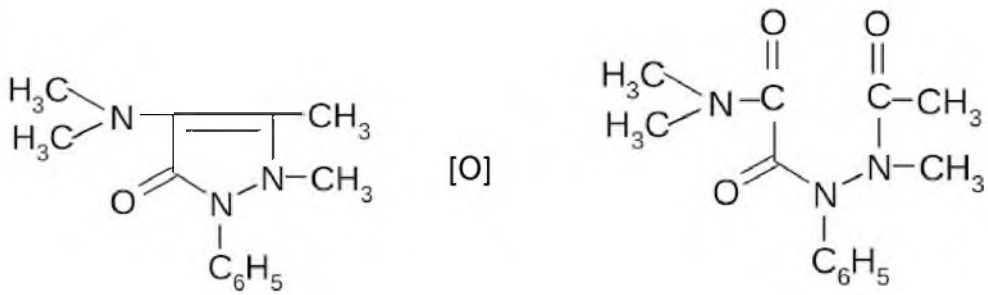
ქლოროფორმი-ეთანოლი (20:1) სისტემებში.

<u>აღმოჩენა</u>. მჟავა- და ტუტე-ქლოროფორმიანი გამონაწვლილების ქრომატოგრაფიული მეთოდებით გასუფთავების შემდეგ ატარებენ პირაზოლონის წარმოებულების არსებობის დადასტურებას ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით.

<u>ფერადი რეაქციები</u>: 1. რეაქცია $FeCl_3$-თან – ანალგინი იძლევა – მოწითალო-იისფერ შეფერვას, ანტიპირინი – წითელს, ამიდოპირინი – მოლურჯო-იისფერს.

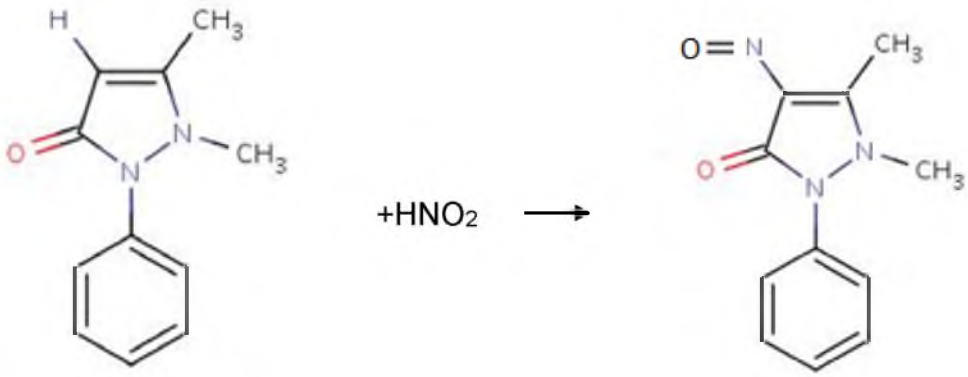


ფერიპირინი



რეაქცია არასპეციფიკური და მგრძნობიარეა.

2. <u>რეაქცია ნატრიუმის ნიტრიტთან და კონც. გოგირდმჟავასთან</u>. ანტიპირინი იძლევა მწვანე, ამიდოპირინი – იისფერ (შეფერვა ქრება); ანალგინი – მომწვანო-ლურჯ (შეფერვა ქრება); ბუტადიონი – მოწითალო-მურა (შეფერვა თანდათანობით ქრება) შეფერვას.



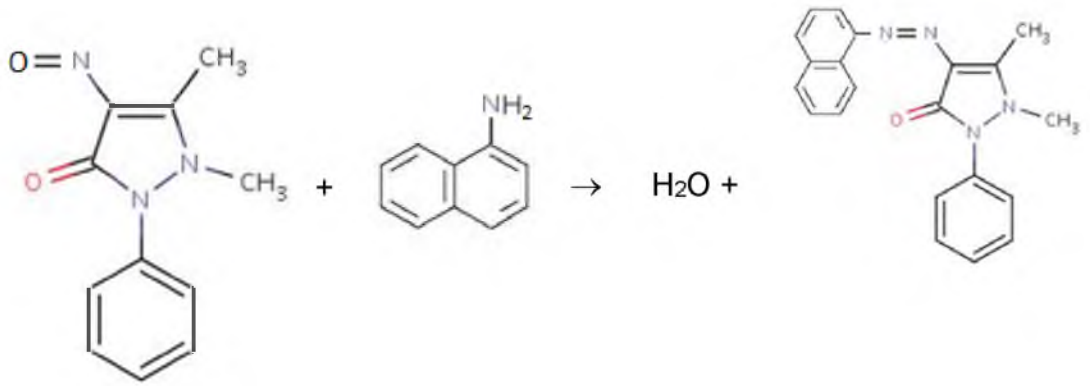
ნიტროზოანტიპირინი

რეაქცია არასპეციფიკური და მგრძნობიარეა.

3. <u>**რეაქცია ლიგნინთან**</u> – აღინიშნება ანალგინისათვის დამახასიათებელი ლიმონისფერ-ყვითელი შეფერვა.

4. <u>**რეაქცია ნესლერის რეაქტივთან**</u> – აღინიშნება ანალგინისათვის დამახასიათებელი ნარინჯისფერი შეფერვა.

5. <u>**აზოსაღებავის წარმოქმნის რეაქცია**</u> – აღინიშნება ანტიპირინისათვის დამახასიათებელი წითელი შეფერვა.



6. <u>**იდენტიფიკაცია ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით**</u>: პრეპარატების აღმოჩენა უი და იწ სპექტრებით; ქრომატოგრაფიული (გსქ, მესქ, თფქ) მეთოდებით.

პირაზოლინის წარმოებულების რაოდენობით განსაზღვრას ატარებენ უი-სპექტროფოტომეტრიული მეთოდით, ფოტოკოლორიმეტრიული მეთოდით (რომელსაც საფუძვლად უდევს ფერადი რეაქციები: ამიდოპირინისა ბრომფენოლურჯთან, ანალგინისა – ბენზოქინონთან ძმარმჟავა არეში, ბუტადიონისა ბენზიდინთან), აგრეთვე ქრომატოგრაფიული (გსქ, მესქ, თფქ) მეთოდებით.

§ 5. ალკალოიდების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი

<u>5.1. ალკალოიდების გამოყენება და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.</u>

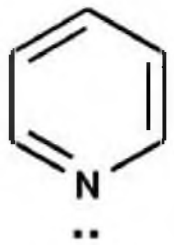
<u>ალკალოიდები</u> – რთული შემადგენლობის აზოტშემცველი, უმეტესად

მცენარეული წარმოშობის ნივთიერებებია, რომლებიც ხასიათდებიან ძლიერი ფარმაკოლოგიური მოქმედებით.

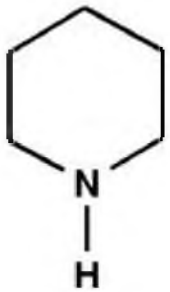
მათ ქიმიურ აღნაგობას საფუძვლად უდევთ სხვადასხვა ჰეტეროციკლური ბირთვები: პირიდინის და პიპერიდინის, ტროპანის, ქინოლინის, იზოქინოლინის, პურინის, ინდოლის და სხვა.

<u>1. პირიდინის და პიპერიდინის წარმოებულები</u>

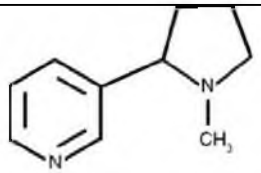
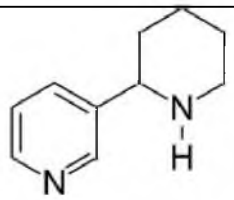
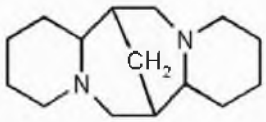
პირიდინი



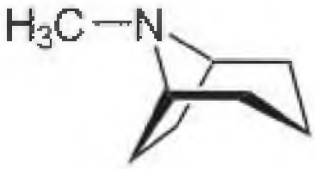
პიპერიდინი



ცხრილი 13.7. **პირიდინის და პიპერიდინის მთავარი ალკალიდები**

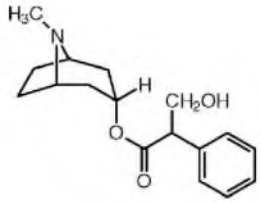
	**ნიკოტინი** – შეიცავს თამბაქო, მინდვრის შვიტა
	**ანაბაზინი** – შეიცავს დურღენი, თამბაქო
	**ჰაქიკარპინი** – შეიცავს სქელნაყოფა სოფორა და ლანცეტისებური თერმოფსისი

<u>2. ტროპანის წარმოებულები</u>

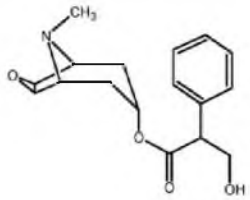


ტროპანი

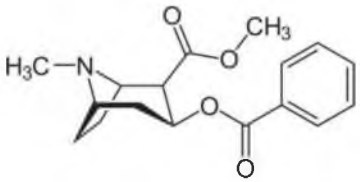
ამ ჯგუფის მთავარია ალკალოიდებია: კოკაინი, ატროპინი და სკოპოლამინი



ატროპინი– შედის ბელადონას და სკოპოლიას შემადგენლობაში.

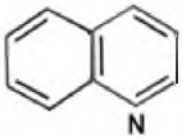


სკოპოლამინი – შედის ლემას და სკოპოლიას შემადგენლობაში



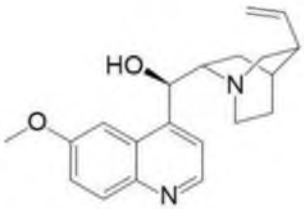
კოკაინი – შედის კოკას ფოთლებში

<u>3. ქინოლინისწარმოებულები</u>



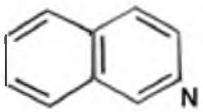
ქინოლინი

ამ ჯგუფის მთავარი ალკალოიდია:



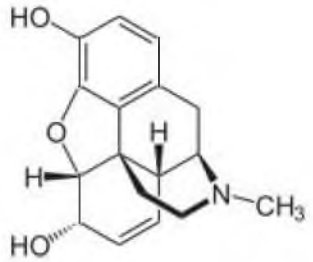
ქინაქინი – შედის ქინაქინის ხის ქერქში

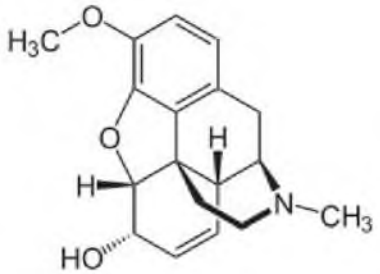
<u>4. იზოქინოლინის წარმოებულები</u>



იზოქინოლინი

ამ ჯგუფის მთავარი ალკალოიდებია მორფინი და კოდეინი, რომლებიც შედიან დამაძინებელი ყაყაჩოდან მიღებული ამფიონის (ოპიუმის) შემადგენლობაში.

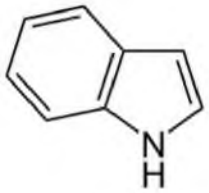




მორფინი

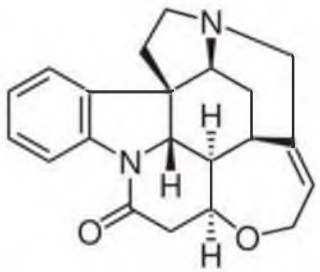
კოდეინი

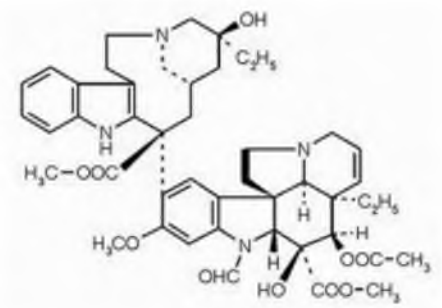
5. ინდოლის წარმოებულები



ინდოლი

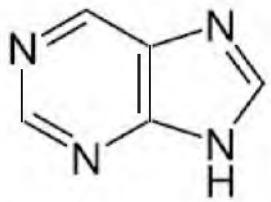
ამ ჯგუფის მთავარი ალკალოიდებია: სტრიქნინი, რომელსაც შეიცავს ქუჩულა და რეზერპინი, რომელიც შედის გველის სუროს (რაუვოლფია) შემადგენლობაში.





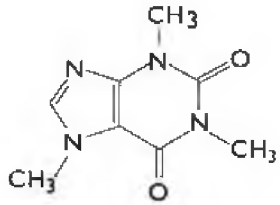
სტრიქნინირეზერპინი

6. პურინის წარმოებულები

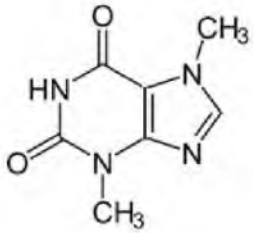


ამ ჯგუფის მთავარი ალკალოიდებია:

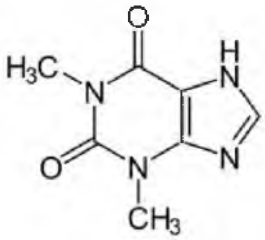
კოფეინი – შედის ყავის, ჩაის და ზოგიერთი სხვა მცენარის შემადგენლობაში.



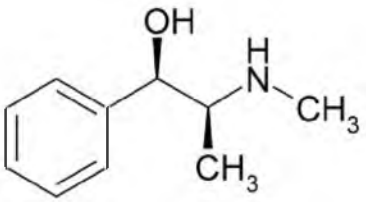
თეობრომინი – შედის კაკაოს და ჩაის ფოთლებში.



თეოფილინი – შედის ჩაის ფოთლებში



7. აციკლური ალკალოიდები



ეფედრინი, შედის ჯორისძუას – ეფედრას შემადგენლობაში.

5.2. ალკალოიდების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

ფუძე ალკალოიდები ჩვეულებრივ ორგანულ გამხსნელებში (ქლოროფორმში, ეთერში, იზოამილის სპირტში) კარგად ხსნადიფხვნილებია, ცუდად ან პრაქტიკულად უხსნადები არიან წყალში. ალკალოიდების მარილები კი კარგად იხსნებიან წყალში, ცუდად ან პრაქტიკულად უხსნადები არიან ორგანულ გამხსნელებში.

პირიდინის და პიპერიდინის წარმოებულები – არეკოლინი, კონიინი, ნიკოტინი, ანაბაზინი და პაქიკარპინი – ფუძე სახით უფერო, ზეთისმაგვარი სითხეებია, რომლებიც ჰაერზე სწრაფად გადადიან ფისებში; კარგად ერევიან წყალს და ორგანულ გამხსნელებს, ქროლდებიან.

5.3. გამოყენება

პირიდინის და პიპერიდინის წარმოებულები გამოიყენებიან სოფლის მეურნეობაში მცენარეთა მავნებლების წინააღმდეგ; ანაბაზინის ჰიდროქლორიდი – გამოიყენება თამბაქოს მოწევის გადაჩვევის გასაიოლებ-ლად, ვეტერინარიაში მკბენარებისაგან ცხოველთა დასაცავად. პაქიკარპინის იოდიდი გამოიყენება როგორც განგლიობლოკატორი პერიფერიული სისხლძარღვების სპაზმის დროს, აუმჯობესებს კუნთების ფუნქციას მიოპათიის დროს, იყენებდნენ მშობიარობის დასაჩქარებლად. სადღეისოდ პაქიკარპინის გამოყენება სამედიცინო მიზნით პრაქტიკულად აღარ ხდება.

<u>ტროპანის წარმოებულები</u> – ატროპინის სულფატი გამოიყენება კუჭის და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულოვანი დაავადებების, ქოლეცისტიტის, ნაღველ-კენჭოვანი დაავადებების დროს და ოფთალმოლოგიაში. სკოპოლამინი შედის „აერონის“ ტაბლეტების შემადგენლობაში, როგორც ღებინების საწინააღმდეგო და დამაწყნარებელი საშუალება ზღვის და საჰაერო დაავადე-ბებისას. კოკაინის ჰიდროქლორიდსაქვს ადგილობრივი საანესთეზიო მოქმედება ლორწოვან გარსზე.იგი წლების მანძილზე გამოიყენებოდა როგორც საანესთეზიო საშუალება

<u>ქინოლინის წარმოებულები</u> – ქინაქინა (სულფატის, ჰიდროქლორიდის, დიჰიდროქლორიდის, ბრომიდის სახით) მოქმედებს მალარიის გამომწვევებზე, მეანობაში – მშობიარობის დასაჩქარებლად. ქინიდინი – არითმიების დროს.

<u>იზოქინოლინის წარმოებულები</u> – მორფინის ჰიდროქლორიდი გამოიყე-ნება როგორც ძლიერი ტკივილგამაყუჩებელი საშუალება შოკის, ონკოდაა-

ვადებებისას, კოდეინის ფოსფატი თავის ტკივილების, ნევრალგიების, ხველების დროს.

<u>ინდოლის წარმოებულები</u> – ქუჩულას ნაყენი და სტრიქნინის ნიტრატი გამოიყენებიან ჰიპოტონური დაავადებების, ნივთიერებათა ცვლის შენელებისას, გულის მუშაობის დასუსტების, დამბლების დროს. ბრუცინის ნიტრატის მოქმედება სტრიქნინის ანალოგიურია. რეზერპინი გამოიყენება ჰიპერტონიის, გულის უკმარისობის დროს, აგრეთვე ფსიქიატრიაში და ნევროლოგიაში.

<u>აციკლური ალკალოიდები</u> – ეფედრინის ჰიდროქლორიდი გამოიყენება ბრონქიალური ასთმისას, თვალის პრაქტიკაში, შედის „თეოფედრინისა“ და სხვა სამკურნალო საშუალებების შემადგენლობაში.

<u>პურინის წარმოებულები</u> – კოფეინი გამოიყენება მარილების – (კოფეინის ნატრიუმის ბენზოატი, კოფეინის ნატრიუმის სალიცილატი) და სამკურნალო ფორმების (ასკოფენი, პირამეინი, ციტრამონი) სახით ცნს დაავადებების და შაკიკის სამკურნალოდ, სუნთქვის ცენტრის აღსაგზნებად.

<u>თეობრომინი</u> – სამკურნალო ფორმების (თემისალი, თეოფედრინი) სახით ასტიმულირებს გულის მუშაობას, აძლიერებს დიურეზს, გამოიყენება თავის ტვინის სისხლძარღვთა სპაზმების დროს. თეოფილინი გამოიყენება სამკურნალო ფორმების (ეუფილინი, თეოფედრინი) სახით, როგორც დიურეტიკი, ასთმის და გულის იშემიური დაავადებების სამკურნალო საშუალება.

<u>5.4. ალკალოიდების ტოქსიკური მოქმედება</u>

ალკოლოიდებისათვის დამახასიათებელი ტოქსიკური მოქმედება და კლინიკური გამოვლინების თავისებურებანი:

- <u>ანაბაზინი</u> ნეიროლეპსიური საშუალებაა, იწვევს ვეგეტაციური ნერვული სისტემის პრეგანგლიონარული ბოჭკოების აღგზნებას, დამბლას (სუნთქვის გახშირება, სიხსლის წნევის მომატება), თმების გაცვენას, ფაღარათს.
- <u>ნიკოტინი</u> ნეიროლეპსიური საშუალებაა, იწვევს ცნს-ის H-ქოლინორეაქციული სისტემების, თირკმელზედა განგლიების აღგზნებას, შემდეგ დათრგუნვას (ნერწყვის დენას, დისპეპსიას, გუგების შევიწროვებას, მხედველობის, სმენის დარღვევებს, მიოფიბრილაციას) (სასიკვდილო დოზაა – 0.01–0.08 გ);

- ატროპინი – იწვევს ორგანიზმის M-ქოლინორეაქციული სისტემების ბლოკადას, პარასიმპატიკურ დენერვაციას, თვალის შიდა წნევის მომატებას, ტაქიკარდიას, გუგების გაფართოვებას, ფოტოფობიას, ჰიპოტენზიას, პირის სიმშრალეს და ა.შ. დიდ დოზებში – ფსიქიკურ და მოძრაობით აღგზნებას (სასიკვდილო დოზაა – 0.01 გ ბავშვებისათვის, 0.05–0.1 გ დიდებისათვის).
- კოკაინი ნეიროტოქსიკური საშუალებაა, ახასიათებს მიჩვევა, ლტოლვა, იწვევს ჰალუცინაციებს, ბოდვას, შიშს, შეგრძნებების - გემოს, სმენის, მხვედველობის დაჩლუნგებას ან დაკარგვას, გუგების გაფართოვებას (სასიკვდილო დოზაა – 0.1 – 1.2 გ კანქვეშა ინექციებისას);
- მორფინი ნარკოტიკული საშუალებაა, რომელიც იწვევს ცდომილი ნერვის ცენტრების აღგზნებას, კომას, რომელსაც თან ახლავს მიოზი შუქზე რეაქციის შესუსტებით, ჩონჩხის კუნთების ჰიპერტონია, სუნთქვის დათრგუნვა, კანის გაწითლება, სუნთქვის დამბლა (სასიკვდილო დოზაა 0.1 – 0.4 გ);
- კოდეინი ხასიათდება მორფინის მსგავსი ეფექტით (სასიკვდილო დოზა 0.8 გ);
- ქინაქინაიწვევს მხედველობის ნერვის დისტროფიას, გაურკვეველ ხედვას, სიბრმავეს, გულის რიტმის და გამტარებლობის დარღვევებს, სუნთქვის და გულის დამბლას (სასიკვდილო დოზა დაახლოებით არის 10 გ);
- სტრიქნინიიწვევს ცნს აღგზნებას უმეტესწილად რეფლექტორული აღგზნებადობის მომატებით; „კრუნჩხვითი შხამი“; ახასიათებს საღეჭი და კეფის კუნთების დაძაბულობა, სუნთქვის და ყლაპვის გაძნელება; რეფლექტორული ხასიათის ტეტანური კრუნჩხვების უეცარი შეტევები, პირში მწარე გემო, შიშის გრძნობა, სუნთქვის ცენტრის დამბლა სუნთქვის გაჩერებით (სასიკვდილო დოზა – 0.05 გ); სტრიქნინი არის ძალიან ძლიერი შხამი, ტოქსიკურობით აღემატება კალიუმის ციანიდს და პრაქტიკულად აღარ გამოიყენება სამედიცინო მიზნით;
- ეფედრინი – ნეიროტოქსიკური საშუალებაა, რომელსაც ახასიათებს თავის ტკივილი, გულისცემის დარღვევა, კიდურების კანკალი, შარდის გამოყოფის გაძნელება, უძილობა, სისხლის წნევის მომატება, გულის მოქმედების შესუსტება, კლონურ-ტონიკური კრუნჩხვები, სისხლის წნევის მკვეთრი დაცემა, სუნთქვის დარღვევის, გულის მოქმედების შესუსტებით და

დამბლით გამოწვეული სიკვდილი (სასიკვდილო დოზაა – 0.2 გ ბავშვებიასთვის და 2.0 გ დიდებისათვის);

- კოფეინი ცნს აღმგზნები საშუალებაა, რომელსაც ახასიათებს ნერვული სისტემის გამოფიტვა, კლონურ-ტონური კრუჩხვები; გულის მუშაობის გაუარესება (სასიკვდილო დოზაა – 1.0 გ და მეტი);
- პაქიკარპინი – ნეიროტოქსიკური საშუალებაა და ვეგეტატიურ კვანძებში, აღგზნების გადაცემის ბლოკირებით ასუსტებს აცეტილქოლინის მოქმედებას, თრგუნავს იონების აქტიურ ტრანსპორტს;ახასიათებს სმენითი და მხედველობითი ჰალუცინაციები, კრუნჩხვითი რეაქციები, მეხსიერების დარღვევა; პოლინევრიტები (სასიკვდილო დოზაა 1.0 – 1.5 გ);

5.5. ორგანიზმში ქცევა და მეტაბოლიზმი

ალკალოიდები შეიწოვებიან წვრილი ნაწლავებიდან, ნაწილობრივ უკავშირდებიან ცილებს, მეტაბოლურ ცვლილებებს ძირითადად განიცდიან ღვიძლში, ორგანიზმიდან გამოიყოფიან ნატიური და მეტაბოლიტების სახით თირკმელებით და კუჭ-ნაწლავით, ნიკოტინი და ანაბაზინი შეიძლება გამოიყონ ფილტვებიდან.

ალკალოიდების მეტაბოლიზმის ძირითადი გზები და პროდუქტები:

- ატროპინი– ჰიდროლიზირდება ეთერის ჯგუფით ტროპინამდე; დემეთილირებას განიცდის – N-CH_3 – ჯგუფით, ახასიათებს კონიუგაცია;
- მორფინი – ნორმორფინი (-CH_3-ჯგუფის დაკარგვა) – ფსევდომორფინი-2,2-ბიმორფინი; ეთერიფიკაცია გოგირდმჟავით; მორფინის გლუკურონიდი;
- კოდეინი – დემეთილირება-მორფინი; დაჟანგვა (N-დიმეთილირება-ნორკოდეინი); მორფინის გლუკურონიდი; ფსევდომორფინი;
- სტრიქნინი – 4 მეტაბოლიტი (ოქსი-2-სტრიქნინი და სხვა);
- ეფედრინი– დემეთილირება, დეზამინირება, დაჟანგვა, კონიუგაცია;
- ქინაქინა – დაჟანგვა: 2-ჰიდროქსიქინაქინა, ქინეტინი (დაჟანგვა გვერდით ჯაჭვში, დიოქსიქინაქინა (-2-ჰიდროქსილური ჯგუფი ქინუკლიდინურ ბირთვში);
- ნიკოტინი – კოტინინი (დაჟანგვა);
- კოფეინი – დემეთილირება და ჟანგვა: 1 და 7 – მეთილქსანტინი; 1 და 7 – დიმეთილქსანტინი; 1-მეთილშარდმჟავა და 1,3-დიმეთილშარდმჟავა.

5.6. ალკალოიდების მიმართული ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი.

კვლევის ობიექტები – ტვინი, ღვიძლი, თირკმელები, კუჭი და ნაწლავები შიგთავსებით, ჩამონარეცხი წყლები, ფილტვები, შარდი.

პრეპარატების იზოლირებას ატარებენ ვ.ფ. კრამარენკოს მეთოდით – ალკალოიდების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების გათვალისწინებით.

მეთოდი მდგომარეობს ექსტრაჰენტად პოლარული გამხსნელის–გოგირდმჟავით შემჟავებული წყლის გამოყენებაში. გოგირდმჟავა გამოიყენება შხამი-ცილის კავშირის დასარღვევად (pH 2-3). ალკალოიდებთან – ძლიერ ფუძეებთან მდგრადი მარილების მისაღებად, რომლებიც კარგად იხსნებიან წყალში. გამონაწვლილის მინარევებისაგან გასასუფთავებლად გამოიყენება – $(NH_4)_2SO_4$-ით გამომარილება, ცენტრიფუგირება და მინარევების ექსტრაქცია ეთერით.

იმის გათვალისწინებით, რომ ალკალოიდები ძლიერი ფუძეებია, მათ გამოყოფას წყლიანი ფაზიდან ქლოროფორმიან ფაზაში აწარმოებენ pH 8.5–9 პირობებში, რისთვისაც წყლიან გამონაწვლილებს ატუტიანებენ NaOH-ის ხსნარით.

არამიმართული ანალიზის დროს ალკალოიდები – ძლიერი ფუძეები და ალკალოიდები – საშუალო ფუძეები გადადიან ტუტე-ქლოროფორმიან გამონაწვლილში, ხოლო ალკალოიდები – სუსტი ფუძეები (პურინისა და ინდოლის წარმოებულები) – შესაძლოა მოხვდნენ მჟავა-გამონაწვლილში, რადგან ისინი მჟაუნმჟავასთან (სუსტი ორგანული მჟავა) წარმოქმნიან მჟავა არეში ადვილად ჰიდროლიზებად მარილებს.

თფქ-სკრინინგი – ატარებენ გამხსნელთა ზოგად სისტემაში – ქლოროფორმი – დიოქსანი – აცეტონი – ამიაკის 25% ხსნარი (45 : 47.5 : 5 : 2.5);სორბენტი – სილიკაგელი KCK; გამოსამჟღავნებელი რეაგენტი – დრაგენდორფის რეაქტივი მუნიეს მოდიფიკაციით. ალკალოიდები იძლევიან ნარინჯისფერ და ნარინჯისფერ-ყვითელ ლაქებს 1-4 ზონებში. შხამს სილიკაგელის სორბენტიდან გამოყოფენ ელუენტით – მეთანოლი – დიეთილამინი (9 : 1).

მიღებული ელუატის ქრომატოგრაფირებას – შხამის გამოყოფას (დამადასტურებელი ეტაპი) ახდენენ კერძო სისტემებში – ქლოროფორმი-ეთანოლი (20:1); ციკლოჰექსანი – აცეტონი (5:1); ქლოროფორმი-დიეთილამინი (9:1); ქლოროფორმი-აცეტონი (5:1). მოწმეების სახით გამოიყენებიან მოცემული ჯგუფის პრეპარატების ქლოროფორმიანი ხსნარები. ანალიზის შემდეგი

ეტაპის ჩასატარებლად ალკალოიდების ელუირებას ახდენენ გამხსნელთა ნარევით მეთანოლი-დიეთილამინი (9:1).

<u>გასუფთავება</u> – თფქ სკრინინგის მეთოდი საშუალებას იძლევა პარალელურად ჩატარებული იქნეს ბიოგენური მინარევებისაგან თვისობრივი გასუფთავება, რომლებიც ლოკალიზირდებიან ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე *Rf*<0.2 და *Rf*>0.8 უბანში.

ამასთან, ელუენტში შესაძლებელია მინარევების ნარჩენების არსებობა, რომლებსაც აცილებენ შემდეგი მეთოდების გამოყენებით: ექსტრაქციული, გელ-ქრომატოგრაფიული, ელექტროფორეზი, ექსტრაქციული და თფქ მეთოდების შეთავსებით.

<u>ელუატის დამადასტურებელი გამოკვლევები</u> მოიცავენ ალკალოიდების ანალიზის ყველაზე მეტად მგრძნობიარე ქიმიურ და ფიზიკურ-ქიმიურ მეთოდებს.

<u>ქ ი მ ი უ რ ი რ ე ა ქ ც ი ე ბ ი</u>

1. <u>დალექვის რეაქციები</u> ალკალოიდების დამლექ რეაქტივებთან (პიკრინის მჟავა, რეინეკეს მარილი, დრაგენდორფის, მარშეს, მაიერის, ზონენშეინის რეაქტივები და სხვა).

არადამახასიათებელი ფორმის ნაწილაკების ამორფული და კრისტალური ნალექები მიუთითებენ პრეპარატებში ჰეტეროციკლური აზოტის არსებობაზე.რეაქციები მაღალმგრძნობიარე და არასპეციფიკურია.

2. <u>მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციები</u>. გასუფთავებულ ქლოროფორმიან ექსტრაქტს აქროლებენ მშრალ ნაშთამდე, ნაშთს ხსნიან ქლორწყალბადმჟავას 0.1 M ხსნარში. ხსნარის თითო წვეთს აწვეთებენ ჩაზნექილ სასაგნე მინაზე, ამატებენ სხვადასხვა რეაქტივებს, შედეგებს აკვირდებიან მიკროსკოპში (იხ. ცხრილი 13.7.).

ცხრილი13.7. კრისტალების ფორმები, რომლებიც მიიღება ალკალოიდებზე ფერადი რეაქციების ჩატარებისას

ნივთიერება	რეაქტივი	კრისტალების ფორმები

პირიდინის და პიპერიდინის წარმოებულები

ნიკოტინი	დრაგენდორფი, რეინეკეს მარილი, იოდის ხსნარი ეთერში	მფრინავი ჩიტის, ასო *K* და *X* ფორმის პრიზმატული კრისტალების გროვები; ნემსისებური ლალისფერი კრისტალები

ანაბაზინი	დრაგენდორფი რეინეკეს მარილი	პიკების სახით ნემსისებური კრისტალების გროვები; ნემსისებური კრისტალები.
პაქიკარპინი	ბუშარდის	ოქროსფერ-ყვითელი ან ოქროსფერ-მწვანე, მუხის ფოთლების ფორმის კრისტალები.
	სპილენძის როდანიდული კომპლექსი	ცისფერი პრიზმატული კრისტალების გროვები, დაყოვნებისას დატოტვილი დენდრიტები.
	პიკრინის მჟავა	მოყვითალო-მწვანე ფერის პრიზმატული კრისტალების გროვები.

ტროპანის წარმოებულები

ატროპინი	პიკრინის მჟავა	ღია ყვითელი ფერის კრისტალები ფირფიტების ან მათი გროვების სახით.
ატროპინი სკოპოლამინი	რეინეკეს მარილი	კრისტალების გროვები რომბისმაგვარი ბოლოებით.
ატროპინი	ბრომიანი წყალი	ყვითელი ან მოწითალო-მურა ფერის ბრინჯის ფორმის კრისტალები
სკოპოლამინი	ბრომწყალბადმჟავა ოქრო	კრისტალების გროვები რომბისმაგვარი ბოლოებით
კოკაინი	კალიუმის პერმანგანატი	მოწითალო-იისფერი სწორკუთხედები ან მათი გროვები

იზოქინოლინის წარმოებულები

მორფინი	კადმიუმის იოდიდი	კონებად თავმოყრილი უფერო ნემსები
	ვერცხლისწყლის ქლორიდი	კრისტალების გროვები რომბისმაგვარი ბოლოებით
კოდეინი	კადმიუმის იოდიდი	ერთეული პრიზმატული და კონებად შეკრული კრისტალები

ქინოლინის წარმოებულები

ქინაქინა	კობალტის როდანიდი	ნემსისებური კრისტალები, გროვებად თავმოყრილი კონების სახით

ინდოლის წარმოებულები

სტრიქნინი	პიკრინის მჟავა	წერილი ნემსისებური კრისტალები ფირფიტების ან გროვების სახით.

აციკლური წარმოებულები

ეფერდრინი	რეინეკეს მარილი	სწორკუთხედის ფორმის თხელი ფირფიტები

პურინის წარმოებულები

კოფეინი, თეობრომინი, თეოფილინი	ნესლერის რეაქტივი	მოწითალო-მურა ნალექი

რეაქციები მაღალმგრძნობიარე და გარკვეულ პირობებში (დამატებით გასუფთავება, ლაბორატორიაში ტემპერატურა, ტენიანობა და წნევა) სპეციფიკურია.

<u>2. ფერადი რეაქციები</u>. ალკალოიდებზე ფერადი რეაქციების ჩატარებისას ექსტრაქტი ან ელუატი შეაქვთ ფაიფურის რამდენიმე ფიალაზე ან ბრძმედში, ღებულობენ მშრალ ნაშთებს, რომლებსაც წვეთობით ამატებენ რამდენიმე რეაქტივს და აკვირდებიან შეფერვას (ცხრილი 13.8.).

ფერადი რეაქციები შეიძლება ჩატარებულ იქნას ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე:

- ექსტრაქტის რამდენიმე წვეთი კაპილარის დახმარებით შეაქვთ ფირფიტის რამდენიმე წერტილში.
- ლაქას გაშრობის შემდეგ მას აწვეთებენ სხვადასხვა რეაგენტებს.

  რეაქციები მგრძნობიარე, მაგრამ არასპეციფიკურებია.

ცხრილი 13.8. ალკალოიდებზე ფერადი რეაქციების შედეგები

ნივთიერების სახელწოდება	რეაქციები და რეაქტივები	შეფერვის ხასიათი

პირიდინის და პიპერიდინის წარმოებულები

ნიკოტინი	ფორმალდეჰიდი, კონც. HNO_3	ვარდისფერი

	პარა-დიმეთილამინობენზალდეჰიდი, კონც. HCl	ვარდისფერი, იისფერ-ში გარდამავალი
ანაბაზინი	პერჰიდროლი, კონც. H_2SO_4	ყავისფერი
	ვანილინი, კონც. H_2SO_4	ალუბლისფერ-წითელი

იზოქინოლინის წარმოებულები

მორფინი	მარკის, ფრედეს, მანდელინის	იისფერი
	რკინის (III) ქლორიდი	იისფერი
	პელაგრის რეაქცია	მწვანე
	კალიუმის პექსაციონოფერატი (III) და რკინის (III) ქლორიდი	ლურჯი
კოდეინი	მარკის, ფრედეს, მანდელინის	მწვანე, გარდამავალი მოლურჯო-იისფერში.

აციკლური ალკალოიდები

ეფედრინი	რეაქციები სპილენძის მარილებთან და გოგირდნახშირბადთან	ყვითელი ან ყავისფერი (ბენზოლური ფენა)
	ნინჰიდრიდის ხსნარი	ვარდისფერ-იისფერი
	რეაქცია 2,4-დინიტროქლორბენ-ზოლთან	ყვითელი (ქლორო-ფორმის ფენა)

ინდოლის წარმოებულები

სტრიქნინი	კონც. H_2SO_4 კალიუმის ბიქრომატის კრისტალი	იისფერი ჭავლები
	მანდელინის	მოლურჯო-იისფერი გადადის წითელში
	ვიტალი მორენის	მოწითალო-იისფერი

ტროპანის წარმოებულები

ატროპინი, სკოპოლამინი	ვიტალი-მორენის	იისფერი, რომელიც მალე ქრება
	პარა-დიმეთილამინო ბენზალდეჰიდი, კონც. H_2SO_4	იისფერი გარდამავალი ალუბლისფერ წითელში

ქინოლინის წარმოებულები

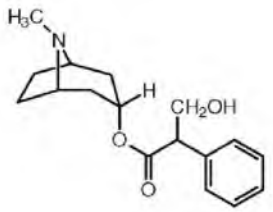
ქინაქინა	ფლუორესცენცია	ცისფერი
	ტალეოქინის	მწვანე
	ერიტროქინაქინის რეაქცია	ვარდისფერი (ქლოროფორმის ფენა)

პურინის წარმოებულები

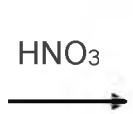
კოფეინი, თეობრომინი, თეოფილინი	მურექსიდული სინჯი	მეწამული ან იისფერი

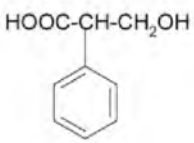
<u>ზოგიერთი ფერადი რეაქციის ქიმიზმი</u>

<u>ვიტალი-მორენის რეაქცია</u>

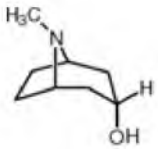


ატროპინი



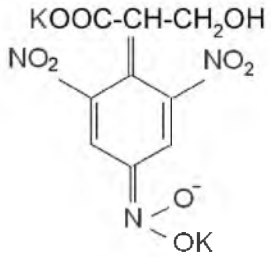


ტროპის მჟავა

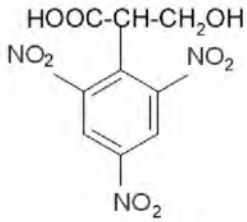


ტროპინი

HNO3

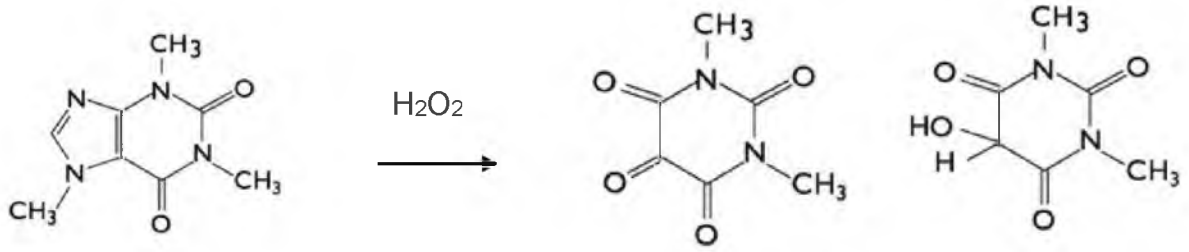


აცისოლი

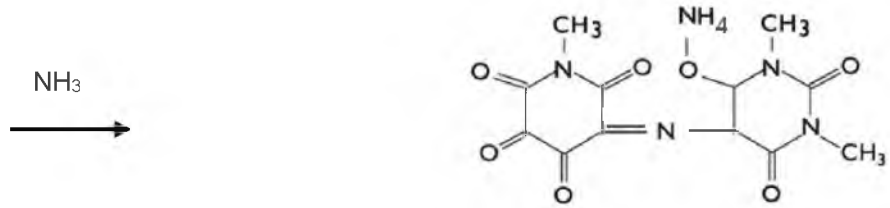


ტროპის მჟავას ტრინიტროწარმოებული

<u>მურექსიდული სინჯი:</u>

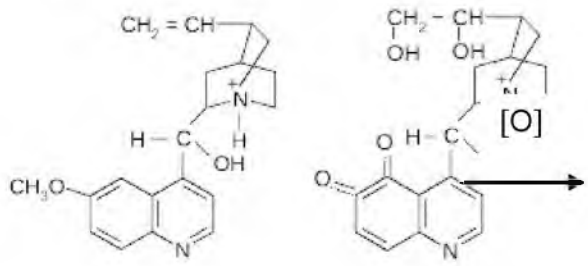


კოფეინი 1,3-დიმეთილალოქსანი 1,3-დიმეთილდიალურის მჟავა

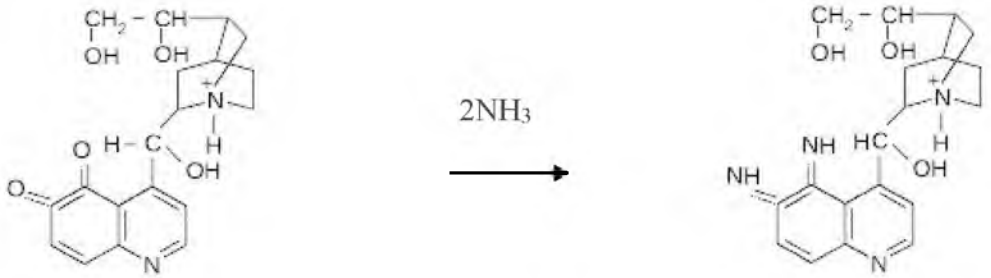


ტეტრამეთილპურპურის მჟავას ამონიუმის მარილი

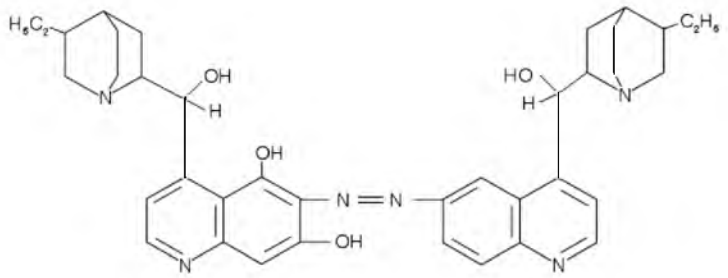
<u>ტელეოქინის წარმოქმნის რეაქცია:</u>



ორთო-ქინონი



ქინონიმინი



ტალეიოქინი

<u>იდენტიფიკაცია ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდებით</u>: უი და იწ სპექტრები, თფქ, გსქ, მესქ მეთოდებით (ცხრილი 13.9).

ცხრილი 13.9. ალკალოიდების შთანთქმის სპექტრები

ნივთიერება	გამხსნელი	[λ, ნმ]
ატროპინი	0.05 M გოგირდმჟავა	252, 258, 264
ეფედრინი	0.05 Mგოგირდმჟავა	251, 256, 262
კოკაინი	ეთანოლი	230, 274, 281
	0.05 Mგოგირდმჟავა	233, 275, (281 მხარი)
კოდეინი	ეთანოლი	286
მორფინი	ეთანოლი	287
	0.1 M ნატრიუმის ჰიდროქსიდი	250 და 296
	0.05 Mგოგირდმჟავა	284
ნიკოტინი	ეთანოლი	260
სტრიქნინი	ეთანოლი	255
	0.05 Mგოგირდმჟავა	255
ქინაქინა	ეთანოლი	236, 278, 332
	0.05 Mგოგირდმჟავა	250, 316, 346

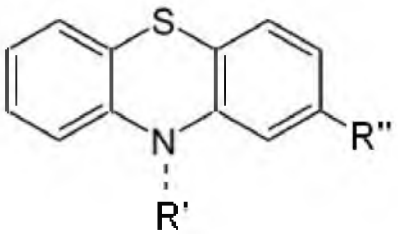
<u>**უი – სპექტრების**</u> მიხედვით იდენტიფიკაცია შეიძლება მხოლოდ ექსტრაქ-

ციული და თფქ მეთოდებით, ან მათი შეთავსებით ექსტრაქტების გასუფთავების შემდეგ.

რაოდენობრივ განსაზღვრას ატარებენ სპექტრული (უი-სპექტროფოტომეტრია, ფოტოელექტროკოლორიმეტრია, ექსტრაქციული ფოტომეტრია) და ქრომატოგრაფიული (თფქ-პლანიმეტრიული და დენსიმეტრიული მეთოდებით, გსქ და სქ) მეთოდებით.

§6. ფუძე ხასიათის სინთეზური „სამკურნალო შხამების“ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი.

ფენოთიაზინის წარმოებულების გამოყენება, ტოქსიკოლოგიური დახასიათება, ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირება და ანალიზის მეთოდები



ფენოთიაზინის წარმოებულები განეკუთვნებიან ნეიროლეპტიკებს. მოცემული ჯგუფის აღნაგობის საფუძველია ფენოთიაზინის ბირთვი. ფენოთიაზინის წარმოებულების მრავალგვარობა განპირობებულია მე-2 და მე-10 მდებარეობაში არსებული რადიკალებით. ამ ჯგუფიდან ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური თვალსაზრისით განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვთ პრეპარატებს რომლებიც მოცემულია ცხრილში 13.9:

ცხრილში 13.9. ყველაზე ხშირად გამოყენებული ფენოთოაზინის წარმოებულები

პრეპარატი	R’	R’’
ამინაზინი	$-CH_2-CH_2-CH_2-N(CH_3)_2$	-Cl

დიპრაზინი	$-CH_2-CH(CH_3)-N(CH_3)_2$	-H
ტიზერცინი (ლევოპრომაზინი)	$-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-N(CH_3)_2$	$-OCH_3$

<u>6.1. ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები.</u>ფენოთიაზინის წარმოებულების ფუძე ხასიათი გაპირობებულია მოლეკულების სტრუქტურაში აზოტის ჰეტეროციკ-ლური ატომის (*pKa*-4) და ალიფატურ რადიკალებში მესამედი აზოტის (*pKa*-9.1-9.8) არსებობით.

მჟავეებთან ურთიერთქმედებისას ფენოთიაზინები წარმოქმნიან მარილებს – თეთრი ან კრემისფერი ფხვნილები, იხსნებიან წყალში, სპირტში, ქლოროფორმში, არ იხსნებიან ეთერში და ბენზოლში.

ფუძეები წარმოადგენენ სიროფისმაგვარ მასებს, რომლებიც არ იხსნებიან წყალში, მაგრამ იხსნებიან ეთერში და ქლოროფორმში.

<u>6.2. გამოყენება</u>. ფენოთიაზინის წარმოებულებს (ამინაზინი, დიპრაზინი, ტიზერცინი) აქვთ სედაციური მოქმედება, საძილე, ანტიჰისტამინური ეფექტი.პრეპარატები აძლიერებენ ნარკოტიკულ, საძილე და ანალგეზიურისაშუალებების მოქმედებას. ისინი გამოიყენება უძილობის, ფსიქიკური დაავადებების, ალერგიების, დერმატოზების სამკურნალოდ.

<u>6.3. ტოქსიკოლოგიურიდახასიათება</u> პრეპარატები ხასიათდებიან ნეიროტოქსიკური ეფექტით, იწვევენ ფსიქიკურ დარღვევებს, გულსისხლძარღვთა სისტემის მოშლილობას, დისპეფსიურ მოვლენებს, ჰემოდინამიკის დარღვევას.

თერაპიული დოზების მიღებისას შესაძლებელია გართულებები: არტერიული წნევის დაცემა, გულისცემის გახშირება, პირის სიმშრალე, სინათლის შიში, ძილიანობა.

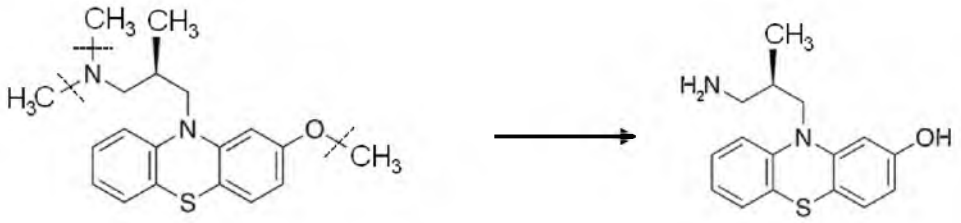
<u>6.4 მწვავე მოწამვლებისას</u> ადგილი აქვს კომატოზურ მდგომარეობას, რომელიც ხასიათდება გუგების გაფართოებით, ორგანიზმის ტემპერატურის დაცემით, სუნთქვის და სამოძრაო ცენტრების დათრგუნვით, ტაქიკარდიით,

ძაფისმაგვარი პულსით.სიკვდილს იწვევს ფილტვისა და გულის უკმარისობა. ამინაზინის სასიკვდილო დოზა მოზრდილებისათვის არის 5-10 გ.

<u>6.5. ორგანიზმში ქცევა</u>. ფენოთიაზინის წარმოებულები, როგორც ფუძე ხასიათის ნივთიერებანი ძირითადად შეიწოვებიან ნაწლავებიდან, აქტიურად უკავშირდებიან ცილებს, რაც განაპირობებს ორგანიზმში მათი კუმულაციის უნარს.

პრეპარატები ლოკალიზდებიან ტვინში, ღვიძლში, თირკმელებში. გამოიყოფიან თირკმელებიდან. შარდში მათი აღმოჩენა ძირითადად ხდება მეტაბოლიტებისსახით.მეტაბოლიზმი მიმდინარეობს შემდეგი მიმართულებებით:

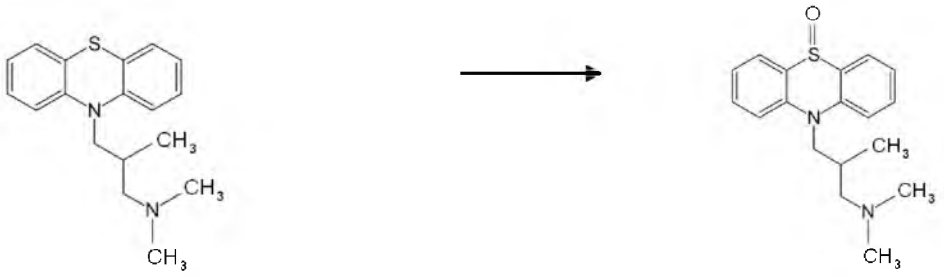
ა) დემეთილირებით



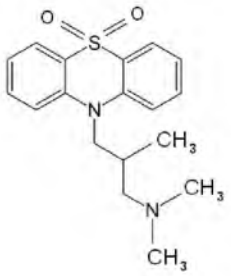
ტიზერცინი 2-ჰიდროქსი-10-(3'-ამინოპროპილ)ფენოთიაზინი

ბ) გოგირდის ჰეტეროციკლური ატომის დაჟანგვა სულფოქსიდად და სულფონად.

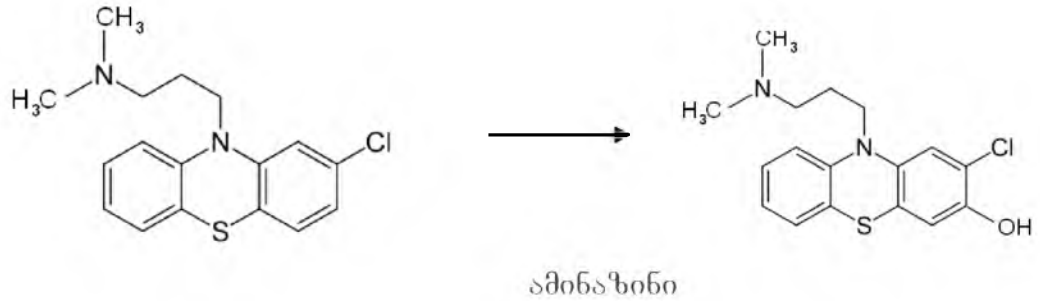
დიპრაზინი სულფოქსიდი

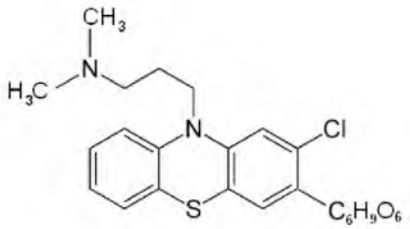


სულფონი



გ) მე-3 და მე-6 მდებარეობაში არომატული ჰიდროქსილირება გლუკურონის მჟავასთან შემდგომი კონიუგირებით.





<u>6.6. ფენოთიაზინის წარმოებულებზე მიმართულ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზს ატარებენ</u> შემდეგი სქემის თანახმად:

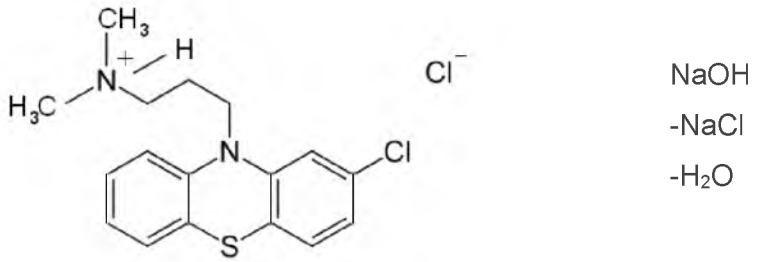
<u>კვლევის ობიექტებია</u> – ტვინი, ღვიძლი, თირკმლები, კუჭი შიგთავსით, ამონარეცხი წყლები, ფილტვები, შარდი.

<u>იზოლირებას</u> ახორციელებენ ე. სოლომატინის მეთოდით – სტას-ოტოს (1) და სშედზინსკის (2) მოდიფიცირებული მეთოდებით ფენოთიაზინის წარმოებულების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების და ბიოლოგიური მასალის მდგომარეობის გათვალისწინებით.

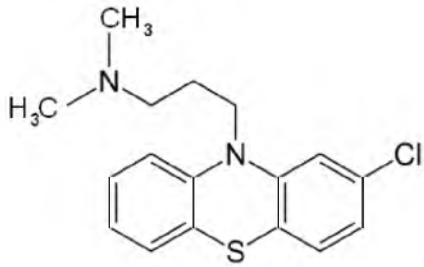
მეთოდებიითვალისწინებს ამფიფილური გამხსნელების ეთანოლის (1) და აცეტონიტრილის (2) გამოყენებას, რისი არასასურველი შედეგია დიდი რაოდენობით ექსტრაქციის თანმხლები მინარევების არსებობა. ცილა – შხამის (pH 2-3) კავშირის დასარღვევად იყენებენ მჟავებს – მჟაუნმჟავას (1) და ქლორწყალბადმჟავას (2). წყლიან ფაზაში გამოყოფისას ფენოთიაზინის ფუძეები წარმოქმნიან წყალში და ქლოროფორმში კარგად, მაგრამ ეთერში ცუდად ხსნად მარილებს, რაც გამოიყენება გამონაწვლილის მინარევებისაგან გასასუფთავებლად. ეთერით ექსტრაქციის გარდა, გამონაწვლილების მინარევებისაგან გასუფთავებას ახდენენ ცილების დალექვით 96% სპირტით,

გაფილტვრით (1). აგრეთვე მინარევების გამომარილებით – Na_2SO_4-ის (2) ხსნარის დახმარებით.

იმის გათვალისწინებით, რომ ფენოთიაზინები – ძლიერი ფუძეებია, წყლიანი ფაზიდან ეთერის ფაზაში მათ გამოყოფას ახდენენ pH13-ის დროს, რისთვისაც წყლიან გამონაწვლილს ატუტიანებენ NaOH-ით.



წყლიანი ფაზა



ეთეროვანი ფაზა

დამატებითი გასუფთავებისათვის ტარდება პრეპარატების რეექსტრაქცია H_2SO_4-ის 0.5% ხსნარით, რომელშიც გადადიან ფენოთიაზინის და გოგირდმჟავას მარილები.მინარევები რჩებიან ეთერიან ფაზაში.

<u>**თფქ-სკრინინგი**</u> ტარდება გამხსნელთა ზოგად სისტემებში – ქლოროფორმი-დიოქსანი-აცეტონი-ამიაკის 25% ხსნარი (45: 47.5:5:2.5); სორბენტი-სილიკაგელი *KCK;* გამოსამჟღავნებელი რეაგენტები – კონცენტრირებული მჟავები (H_2SO_4, HNO_3, HCl), აგრეთვე $HClO_4$ და $NaNO_2$-ის ხსნარები, მარკის, მანდელინის რეაქტივები.

მე-3 ზონაში (*Rf*=0.63-0.83) ვარდისფერი და იასამნისფერი ლაქების არსებობა მიუთითებს გამონაწვლილში ფენოთიაზინის წარმოებულთა არსებობის შესაძლებლობაზე.

სორბენტიდან შხამს გამოყოფენ ელუენტით-მეთანოლი-დიეთილამინი (9:1) გამხსნელთა კერძო სისტემაში – ქლოროფორმი-ეთანოლი (20:1) და ციკლოჰექსანი-აცეტონი (5:1), დამადასტურებელი ეტაპის შემდგომი ჩატარებით

სორბენტი – ალუმინის ფუძე ჟანგი.

„მოწმეების“ სახით გამოიყენება მოცემული ჯგუფის პრეპარატების ქლოროფორმიანი ხსნარები. ანალიზის შემდგომი ეტაპის ჩასატარებლად ფენოთიაზინების ელუირებას ახდენენ გამხსნელებით მეთანოლი-დიეთილამინი (9:1).

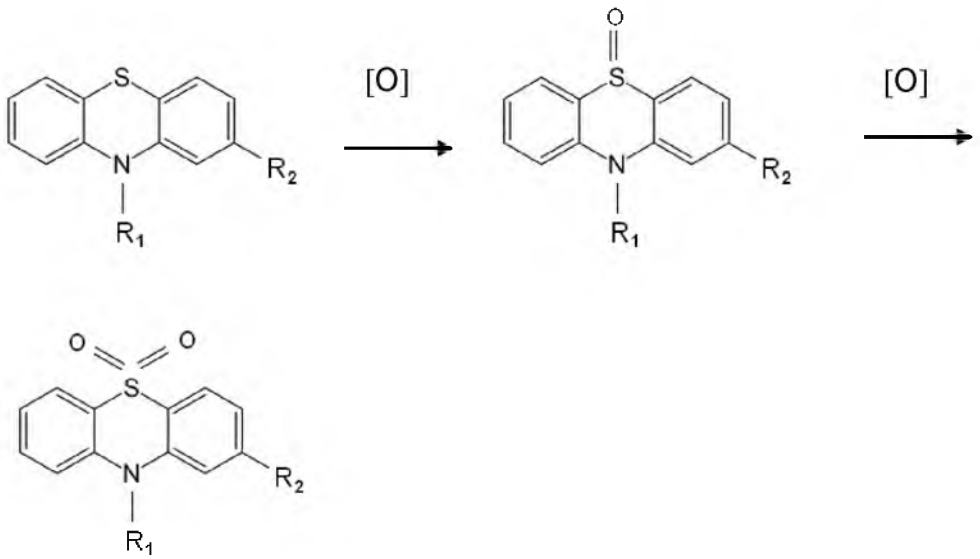
<u>**გასუფთავება**</u>. თფქ მეთოდით სკრინინგის ეტაპი საშუალებას იძლევა პარალელურად ჩავატაროთ ბიოგენური მინარევებისაგან გასუფთავება, რომლებიც ლოკალიზდებიან ქრომატოგრაფიულ ფირფიტებზე *Rf*<0.2 და *Rf*>8 უბნებში. თუმცა ელუენტში შეიძლება იყვნენ მინარევების ნაშთები, რომელთა მოცილება შეიძლება ექსტრაქციით, გელ-ქრომატოგრაფიულად, ელექტროფორეზით, ექსტრაქციულ და გელ-ქრომატოგრაფიული მეთოდების შეთავსებით.

ელუენტის დამადასტურებელი გამოკვლევა მოიცავს ყველაზე მეტად მგრძნობიარე ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების გამოყენებას.

<u>**ქიმიური რეაქციები**</u>: 1. <u>**დალექვის რეაქციები**</u> ალკალოიდების ზოგადი დამლექი (პიკრინის მჟავა, რეინეკეს მარილი, დრაგენდორფის, მარმეს, მაიერის, ზონენშეინის) და სხვა რეაქტივებით.

ამორფული ან კრისტალური ნალექები არადამახასიათებელი ფორმის ნაწილაკებით მიუთითებენ ჰეტეროციკლური აზოტის ატომის არსებობაზე პრეპარატებში. რეაქციები მაღალმგრძნობიარე, მაგრამ არასპეციფიკურია.

<u>**2. ფერადი რეაქციები**</u> ძირითადად დაფუძნებულია დაჟანგვის, დეჰიდრირების, ალდეჰიდებთან კონდენსაციის ქიმიურ პროცესზე კონცენტრირებული მჟავების H_2SO_4, HNO_3, HCl, $HClO_4$-ის, ფრედეს, მანდელინის, მარკის რეაქტივების;$FeCl_3$, $NaNO_2$-ის ხსნარების გამოყენებით.



რეაქციების პროდუქტები შეფერილია არიან მოწითალო-იისფერ, მოლურ-

ჯო-წითელფრად. ეს რეაქციები მგრძნობიარე და არასპეციფიკურებია.

3. მიკროკრისტალური რეაქციები – ფენოთიაზინების უმრავლესობა რეინეკეს მარილთან წარმოქმნიან დამახასიათებელ კრისტალურ ნალექებს, თუმცა ამ ჯგუფის თითოეული წარმომადგენელის დიფერენცირება კრისტალების ფორმებით გაძნელებულია.

6.7. ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები.

1. ფენოთიაზინის წარმოებულების და მათი დაჟანგვის პროდუქტების უი სპექტრები.

ფენოთიაზინის წარმოებულთა აბსორბცია სპექტრის უი უბანში ხასიათდება 2 მაქსიმუმის არსებობით: 1. 250-260 ნმ, 2. 300-315 ნმ.

ფენოთიაზინის წარმოებულთა მარილების უი სპექტრების შედარება მათი ფუძეების სპექტრებთან აჩვენებს, რომ ისინი პრაქტიკულად იდენტურები არიან. მაშადასამე, მათი უი სპექტრები ასახავენ მოლეკულის ფენოთიაზინური ნაწილის მხოლოდ ელექტრონულ სტრუქტურას (ამინაზინი, დიპრაზინი). გამონაკლისია, მხოლოდ ის წარმოებულები, რომლებსაც მე-2 მდგომარეობაში აქვთ რადიკალები თავისუფალი π-ელექტრონებით (ტიზერცინი).

ფენოთიაზინების სულფოქსიდებს ნატიური ნაერთებისაგან განსხვავებით უი უბანში აქვთ 4 მაქსიმუმი: 230, 265, 285 და 400 ნმ-ზე.

2. ფენოთიაზინის წარმოებულთა ფუძეების იწ-სპექტრები (KBr-ის დისკები) გამოიყენებიან გამოკვლევის შედეგების დასადასტურებლად ქრომატოგრაფიული და სპექტრული მეთოდების კომპლექსში.

3. ფენოთიაზინების დაყოფას და იდენტიფიკაციას ატარებენ გქ და მესქ-მეთოდებით შეკავების პარამეტრებით (შეკავების დრო და მოცულობა).

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური გამოკვლევების დროს ფენოთიაზინების რაოდენობითი ანალიზისათვის იყენებენ სპექტრულ და ქრომატოგრაფიულ მეთოდებს.

სპექტრული მეთოდები.

- ფოტომეტრია სპექტრის ხილვად უბანში დამყარებულია ფენოთიაზინის წარმოებულების სხვადასხვა რეაქტივებთან ურთიერთქმედების შედეგად წარმოქმნილი ფერადი პროდუქტების შთანთქმის გაზომვაზე. ყველაზე ხშირად იყენებენ მეთოდიკას კონცენტირებულგოგირდმჟავასთან. მეთოდიკის ნაკლოვანებებია:
    - ექსტრაქციის თანმხლები ნივთიერებების დანახშირების შესაძლებლობა, განსაკუთრებით ხრწნადი ბიოლოგიური მასალის

გამოყენებისას;

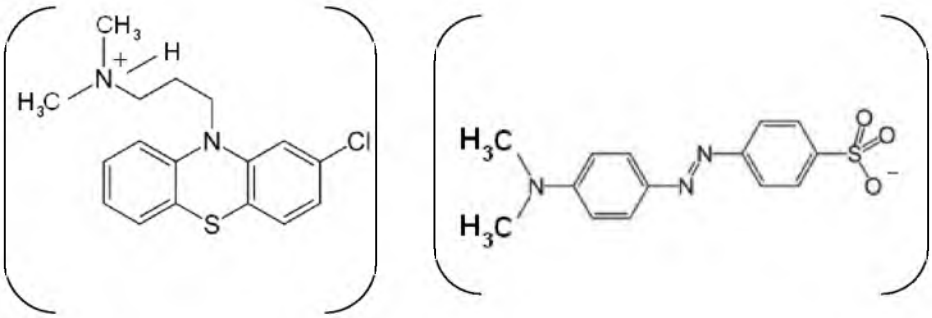
– არასტაბილური შეფერვა ოპტიკური სიმკვრივის არააღწარმოებადი მნიშვნელობის დროს.

- <u>ფოტომეტრია სპექტრის უი-უბანში</u> – მაღალმგრძნობიარე მეთოდი, რომელიც მოითხოვს გამონაწვლილების კარგად გასუფთავებას და გამოიყენება თფქ-მეთოდთან შეთავსებით.

ოპტიკურ სიმკვრივეს საზღვრავენ λ_{max}=250-255 ნმ-ზე გოგირდმჟავას 0.5%-იან ხსნარში.

- <u>ექსტრაქციული ფოტომეტრია</u>. დამყარებულია ფენოთიაზინის მჟავა ინდიკატორთან (მეთილნარინჯთან) იონური ასოციატის ქლოროფორმით ექსტრაქციაზე და შეფერილი ორგანული ფენის შემდგომ ფოტომეტრირებაზე.

ამინაზინის მეთილნარინჯთან იონური ასოციატის შესაძლო შემადგენლობაა:



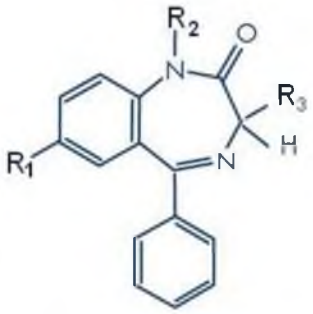
<u>ქრომატოგრაფიული მეთოდები:</u>

გქ და მესქ მეთოდები (ფენოთიაზინების შემცველობის რაოდენობითი შეფასება ტარდება შესაბამისი შხამის პიკის სიმაღლის, ფართობის და წონის მიხედვით).

თფქ-მეთოდით (ფენოთიაზინების რაოდენობითი შეფასება წარმოებს ლაქის შეფერვის ინტენსივობის (დენსიტომეტრულად) ან მისი ფართობის მიხედვით (პლანიმეტრიულად).

ფენოთიაზინების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის შეფასებას ახდენენ ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების შედეგების ერთობლიობით.

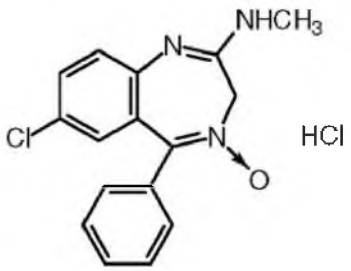
§7. 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. გამოყენება. ტოქსიკოლგიური დახასიათება. ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირების და ანალიზის მეთოდები.



1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები მიეკუთვნებიან ტრანკვილიზატორებს ანუ დამაწყნარებელ საშუალებებს. ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური თვალსაზრისით განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევენ შემდეგი პრეპარატები:

პრეპარატი	R_1	R_2	R_3
დიაზეპამი (სიბაზონი)	Cl	CH_3	-H
ნიტრაზეპამი (რადედორმი)	-NO	-H	-H
ოქსაზეპამი (ტაზეპამი)	-Cl	-H	-OH

ქლორდიაზეპოქსიდი (ქლოზეპიდი, ელენიუმი).



7.1. ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. 1,4-ბენზოდიაზეპინები სუსტი ფუძეებია. ფუძიანობა იზრდება ფუძე ჩამნაცვლებლების შემთხვევაში. ასე მაგალითად, ქლორდიაზეპოქსიდი ძლიერ მჟავეებთან იძლევა მდგრად მარილებს, იქცევა როგორც ერთმჟავიანი ფუძე. 1,4-ბენზოდიაზეპინების ბირთვში სხვადასხვა ჯგუფების ($-NO_2$, -OH) შეყვანისას ნივთიერებების ფუძიანობა კლებულობს.

1,4-ბენზოდიაზეპინის 1,2-დიჰიდროწარმოებულები (ოქსაზეპამი, ნიტრაზეპამი) მის მოლეკულებში ამიდური ჯგუფის არსებობის ხარჯზე ამჟღავნებენ სუსტ მჟავურ თვისებებს.

1 და 3 მდგომარეობაში ჩამნაცვლებლების შეყვანა აქვეითებს ნაერთის ფუძიანობას ძირითადად მე-4 მდგომარეობაში არსებული აზოტის ატომის

სტერიული ეკრანიზირების ხარჯზე და აძლიერებს მის პროტონიზაციას.

1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები კრისტალური თეთრი ან ღია ყვითელი ფერის ნივთიერებებია. ქლორდიაზეპოქსიდი კარგად იხსნება წყალში, დიაზეპამი და ოქსაზეპამი სპირტში და ქლოროფორმში. ყველაზე კარგად 1,4-ბენზოდიაზეპინები იხსნებიან აპროტონულ გამხსნელებში – დიმეთილფორმამიდში, დიმეთილსულფოქსიდში.

<u>7.2. გამოყენება</u>: 1,4-ბენზოდიაზეპინები აწყნარებენ ცნს, გააჩნიათ კრუნჩხვების საწინააღმდეგო აქტივობა, ხელს უწყობენ ძილის ნორმალიზაციას, ამცირებენ შიშის გრძნობას, აძლიერებენ საძილეების და ტკივილგამაყუჩებელი ნივთიერებების მოქმედებას.

პრეპარატები გამოიყენება ნევროზული მდგომარეობის, ნერვოზების, მიოზიტების, შიზოფრენიის, ეპილეფსიის, დეპრესიული მდგომარეობის სამკურნალოდ, ნერვული მოშლილობის ნიადაგზე გამოწვეული უძილობის, ქავილით მიმდინარე კანის დაავადებების დროს.

<u>7.3. ტოქსიკური მოქმედება</u>. ახასიათებთ შერჩევითი ტოქსიკური მოქმედება – ფსიქოტროპული, ნეიროტოქსიკური, რაც განპირობებულია ცნს დამუხრუჭებით, ქერქვეშა წარმონაქმნების აღგზნების პროცესების შესუსტებით, ზურგის ტვინის და თალამუსის ნეირონების დაქვეითებით (ცენტრალური მიორელაქსაცია).

თერაპიული დოზების მიღებისას შესაძლებელი გართულებებია: საჭმლის მონელების, გულსისხლძარღვთა მოშლილობა, ნერვულ-ფსიქიკური დარღვევები, ალერგიული რეაქციები.

<u>სუსტ მოწამვლას</u> ახასიათებს მოდუნება, დამუხრუჭება, ძილიანობა, გუგების გაფართოება, კუნთოვანი ტონუსის დაქვეითება.

<u>საშუალო სიმძიმის მოწამვლისას</u> ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა სიმპტომი უფრო მეტადაა გამოხატული, აგრეთვე აღინიშნება სახის ჰიპერემია, კანის სიმშრალე, ტაქიკარდია, ზოგ შემთხვევაში – ეიფორია, კუნთოვანი ჰიპოტონია.

<u>მძიმე მოწამვლები ხასიათდება</u> გონების აღრევით, აღინიშნება კლონური კრუნჩხვები, ჰალუცინაციური სინდრომი. სიკვდილს იწვევს სუნთქვის და გულსისხლძარღვთა უკმარისობა – კოლაფსი, სუნთქვის შეჩერება, ფილტვების შეშუპება.

ქლორდიაზეპოქსიდის სასიკვდილო დოზაა 1-2 გ, ტოქსიკური კონცენტრაცია სისხლში – 5-20 მგ/ლ, ხოლო სასიკვდილო 50 მგ/ლ-ზე მეტი.

<u>7.4. ორგანიზმში ქცევა</u>. პრეპარატები შეიწოვებიან კუჭში და წვრილ

ნაწლავებში. შეწოვის მექანიზმი – მარტივი დიფუზია.სისხლში მოხვედრისას 1,4-ბენზოდიაზეპინების 80-95% უკავშირდებიან პლაზმის ცილებს.

პირის გზით შეყვანისას მაქსიმალური კონცენტრაცია სისხლში აღინიშნება პრეპარატების თერაპიული დოზების შეყვანიდან 2-5 სთ შემდეგ. შემდგომში კონცენტრაცია სისხლში 2 სთ განმავლობაში ერთ დონეზე რჩება, მერე კი იწყებს ნელ-ნელა შემცირებას.

1,4-ბენზოდიზეპინების ყველაზე დიდი შემცველობა აღინიშნება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში. ტვინის ქსოვილებში, ღვიძლში და თირკმლებში. მეტაბოლიზმი მიმდინარეობს ღვიძლში. გამოიყოფიან ძირითადად თირკმლებით – ნატიური და მეტაბოლიტებისახით.

<u>7.5. მიმართულ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზს</u> ატარებენ შემდეგი სქემის მიხედვით:

<u>კვლევის ობიექტები</u> – კუჭი და წვრილი ნაწლავი შიგთავსით, თავის ტვინი, ღვიძლი, თირკმლები, სისხლი და შარდი.

<u>ბიოლოგიური მასალის ანალიზი</u> 1,4-ბენზოდიაზეპინებზე და მათ მეტაბოლიტებზე სრულდება 2 მიმართულებით:

I მიმართულება – ჰიდროლიზის პროდუქტების – 2-ამინობენზოფენონების მიხედვით (ბ. იზოტოვის მეთოდი);

II მიმართულება – ნატიური ნაერთების და მეტაბოლიტების მიხედვით.

1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების ჰიდროლიზის პროდუქტების – 2-ამინობენზოფენონების მიხედვით გამოკვლევების უპირატესობა მდგომარეობს ნატიური ნაერთების და მეტაბოლიტების ერთობლივი (ჯამური) განსაზღვრის შესაძლებლობაში. I მიმართულებით ანალიზის ჩატარების დროს მას ეძლევა უარყოფითი სასამართლო-ქიმიური მნიშვნელობა.

დადებითი შედეგების დროს აუცილებელია გამოკვლევის გაგრძელება II მიმართულებით (ნატიური ნაერთების და მეტაბოლიტების მიხედვით), რაც საშუალებას იძლევა უფრო ზუსტად იქნეს შხამის ბუნება დადგენილი (განსაკუთრებით ქლორდიაზეპოქსიდის და ოქსაზეპიმის არსებობისას), რომლებსაც აქვთ რიგი საერთო მეტაბოლიტები და ჰიდროლიზირდებიან 2-ამინო-5ქლორბენზოფენონამდე.

<u>იზოლირება I მიმართულებით</u> (ბ. იზოტოვის მეთოდი) ტარდება ორგანოს ჰომოგენიზატის ქლორწყალბადმჟავას 6 მოლ ხსნარით დექტრუქციის შემდეგ.

60 წუთის განმავლობაში გლიცერინის აბაზანაზე (t=140-145°C) უკუმაცივრიან კოლბში ობიექტის ჰიდროლიზის შედეგად მიმდინარეობს ცილა-

შხამის ბმის რღვევა და ნატიური შხამების აზეპინური ციკლის გახლეჩა ბენზოფენონების წარმოქმნით.

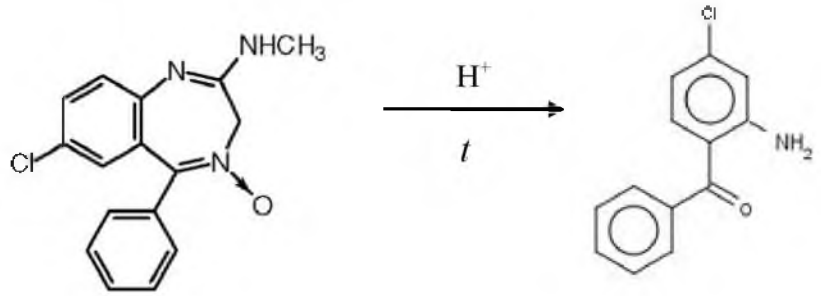
ჰიდროლიზატს ასუფთავებენ ცენტრიფუგირებით და გაფილტვრით. იმის გათვალისწინებით, რომ ბენზოფენონები ხასიათდებიან ფუძე თვისებებით, ისინი გადაყავთ იონიზირებულ მდგომარეობაში წყლიანი ფაზის NaOH ხსნარით შეტუტიანებით და ატარებენ ექსტრაქციას ქლოროფორმი-პენტანოლის (9:1) ნარევით.

<u>**იზოლირება II მიმართულებით**</u> შეიძლება ჩატარდეს პოლარული გამხსნელებით (ა. ვასილიევას მეთოდით – მჟაუნმჟავით შემჟავებული წყლით, სტასოტოს-მეთოდით-მჟაუნმჟავით შემჟავებული სპირტით).

1,4-ბენზოდიაზეპინების წარმოებულებს წვლილავენ ქლოროფორმით წყლიანი ფაზიდან pH 2-3 და pH 9-10 დროს (ან ახდენენ პოლიმერულ სორბენტებზე შთანთქმას ქლოროფორმით შემდგომი ელუირებით). ორგანული ფაზის მოცილების შემდეგ ნაშთს ხსნიან 6 მლ ქლორწყალბადმჟავაში და 20 წუთი ატარებენ ჰიდროლიზს 120°C-ზე.

1,4-ბენზოდიაზეპინების წარმოებულების მჟავური-ჰიდროლიზის სქემა:

1)

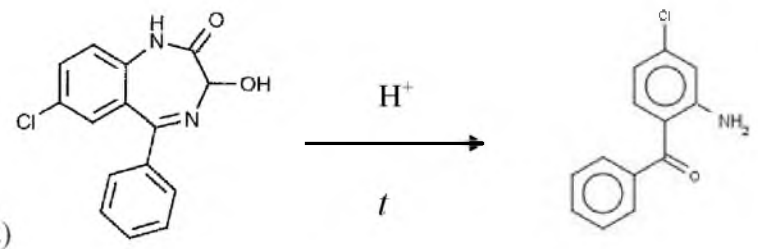


ქლორდიაზეპოქსიდი 2-ამინო-5-ქლორბენზოფენონი

$+ NH_2 – CH_2 – COOH + NH_2CH_3$

α-ამინომჟავა მეთილამინი

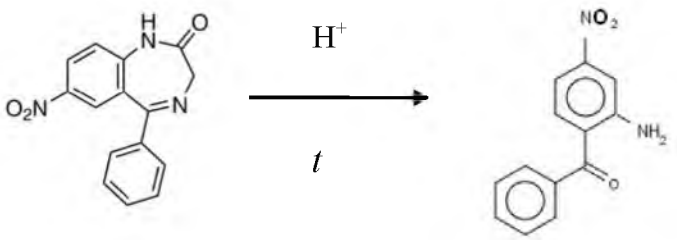
2)



$NH_2 – CH – COOH$
|
OH

ოქსაზეპამი 2-ამინო-5-ქლორბენზოფენონი ოქსიამინომჟავა

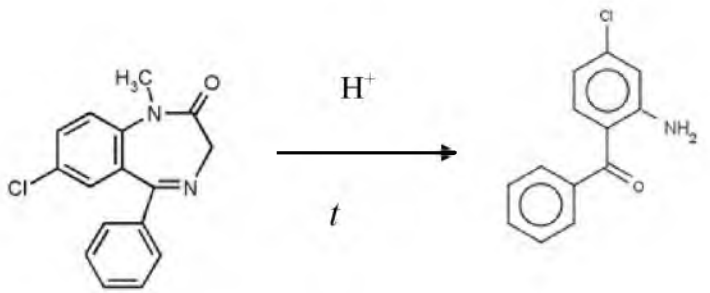
3)



+ $NH_2 – CH_2 – COOH$

ნიტრაზეპამი 2-ამინო-5-ნიტრობენზოფენონი ოქსიამინომჟავა

4)



+ $NH_2 – CH_2 – COOH$

დიაზეპამი 2-მეთილამინო-5-ქლორბენზოფენონი ოქსიამინომჟავა

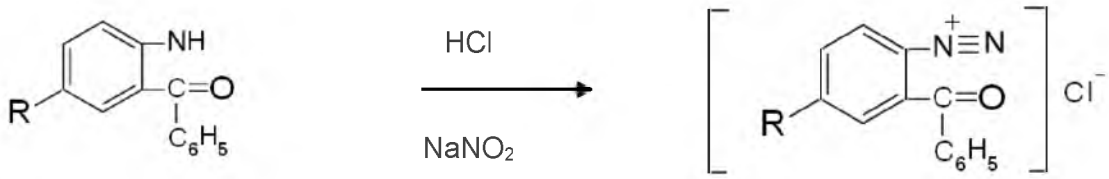
<u>**თფქ-სკრინინგის I ეტაპი**</u> – გამხსნელთა ზოგად სისტემაში ქლოროფორმი-დიოქსანი-აცეტონი-ამიაკის 25% ხსნარი (45 : 47.5 : 5 : 2.5); სორბენტი – სილიკაგელი *KCK*. ბენზოფენონების აღმოჩენას ატარებენ ლაქების საკუთარი ყვითელი ფერით; აზოსაღებავების წარმოქმნის რეაქციით (2-ამინობენზოფენონები) β-ნაფტოლთან (ნარინჯისფერი ლაქები) ან –N-α-ნაფტილეთილენდიამინთან) (ვარდისფერ-იასამნისფერი ლაქები).ბენზოფენონებს (*Rf* 0.63 – 0.70) სორბენტიდან წვლილავენ ბენზოლით.

II ეტაპი – გამხსნელთა კერძო სისტემაში – ქლოროფორმი-ეთანოლი (20:1) სორბენტი ალუმინის ფუძე ჟანგი; (*Rf* 0.60 – 0.63) ელუენტი – ბენზოლი.

ექსტრაქციის თანმხლები მინარევებისაგან გასუფთავებას ატარებენ თფქ, ელექტროფორეზით, გელ-ქრომატოგრაფიით, ექსტრაქციული მეთოდებით.

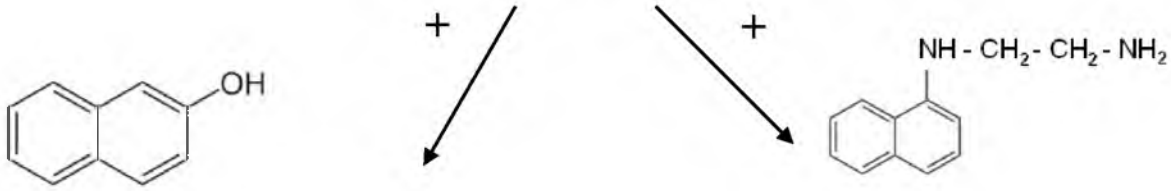
ბენზოფენონების აღმოსაჩენად იყენებენ:

ფერად რეაქციებს – აზოსაღებავების წარმოქმნას



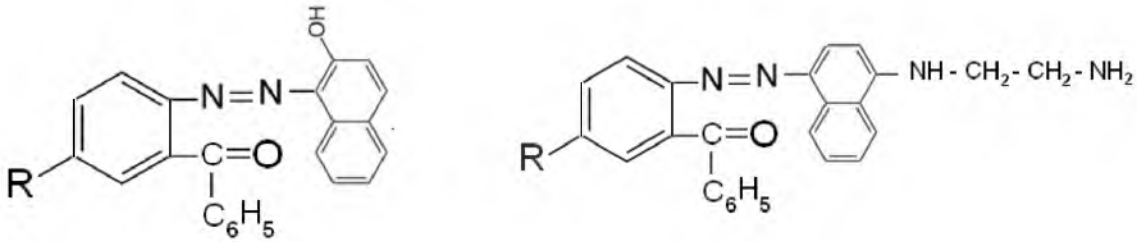
2-ამინობენზოფენონი

დიაზონიუმის მარილი



β-ნაფტოლი

N-α-ნაფტილეთილენდიამინი
(ბრატონმარშალის რეაქტივი)



ნარინჯისფერი ხსნარი

ვარდისფერ-იისფერი ხსნარი

რეაქციები მგრძნობიარე, მაგრამ არასპეციფიკურებია.

<u>ბენზოფენონის უი-სპექტრები</u> – pH<5 λ_{max}=265 ნმ; pH>7 λ_{max}=235, 390 ნმ;

<u>ბენზოფენონის რაოდენობით განსაზღვრას</u> ატარებენ ფოტომეტრიულად სპექტრის ხილვად უბანში, უი უბანში, ექსტრაქციულ-ფოტომეტრიულად მჟავა საღებავებთან.

<u>ქრომატოგრაფიული მეთოდები</u>: გსქ და მესქ გამოიყენება ბენზოდიაზეპინების ჰიდროლიზის პროდუქტების ბიოლოგიურ გამონაწვლილებში იდენტიფიკაციისა და რაოდენობითი განსაზღვრისათვის მინარევებისაგან მათი გასუფთავების შემდეგ.

<u>იზოლირებას II</u> მიმართულების მიხედვით ატარებენ პოლარული გამხსნელებით (ზოგადი მეთოდი). ბენზოდიაზეპინებისა და მათი მეტაბოლიტების ქლოროფორმით ექსტრაქციის შემდეგ შემჟავებული და შეტუტიანებული წყლიანი ფაზებიდან ატარებენ თფქ-სკრინინგს გამხსნელთა ზოგად სისტემებში (ფუძე ხასიათის ნივთიერებებისათვის); ამჟღავნებენ – დრაგენდორფის რეაქტივით მუნიეს მოდიფიკაციით (ნარინჯისფერ-ყავისფერი ლაქები

*Rf*0.63 – 0.77).

მეთანოლი – 25% ამიაკის ხსნარის (9:1) ნარევით ახდენენ ნივთიერებათა ელუირებას და ატარებენ ქრომატოგრაფირებას კერძო სისტემებში – ქლოროფორმი-ეთანოლი (20:1). დრაგენდორფის რეაქტივით ლაქების გამჟღავნების შემდეგ ნატიური ნაერთების იდენტიფიცირებას ახდენენ „მოწმეებთან“ შედარებით შხამების შემდგომი ელუირებით (ელუენტი – მეთანოლი – 25% ამიაკის ხსნარი (9:1) და დამადასტურებელი გამოკვლევების ჩატარებით.

<u>ქიმიური მეთოდები</u>. <u>დალექვის რეაქციები</u> – მოლეკულაში მესამადი აზოტის ატომის არსებობის გამო 1,4-ბენზოდიაზეპინები ალკალოიდების საერთო დამლექავ რეაქტივებთან – დრაგენდორფის, ბუშარდის, ჰიკრინის მჟავასთან, რეინეკეს მარილთან და სხვებთან წარმოქმნიან ნალექებს.

<u>2. ფერადი რეაქციები ნატიურ ნაერთებზე.</u>

მარკის რეაქტივი	ყვითელი შეფერვა
→	
ქლორდიაზეპოქსიდი ფრედეს რეაქტივი	ნარინჯისფერი
→	
ვიტალი-მორენის რეაქცია	ყვითელი შეფერვა
→	

დიაზეპამი და ქლორდიაზეპოქსიდი ნინჰიდრინთან იძლევიან მოყვითალო-ყავისფერ შეფერვას.

<u>ფერადი რეაქციები</u> – მეტაბოლიტებზე (ჰიდროლიზის პროდუქტები) – 2-ამინობენზოფენონები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ქლორდიაზეპოქსიდის, ნიტრაზეპამის, ოქსაზეპამის ჰიდროლიზის დროს (2-მეთილამინობენზოფენონის გარდა, რომელიც წარმოიქმნება და დიაზეპამის ჰიდროლიზით) იძლევიან აზოშეთავსების რეაქციას.

<u>ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები. უი სპექტროფოტომეტრია</u>. 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების ელექტრონულ სპექტრებს აქვთ შთანთქმის 3 ზოლი:

1. λ = 200 – 215 ნმ
2. λ = 220 – 240 ნმ
3. λ = 290 – 330 ნმ

პირველი ორი ზოლი შეესაბამებიან არომატული ქრომოფორების აღგზნებას. მესამე – გრძელტალღოვან ზოლს აკუთვნებენ ბენზოჯგუფთან შეუღლებულ აზომეტინურ ბმებს.

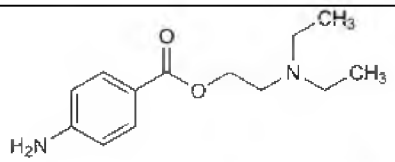
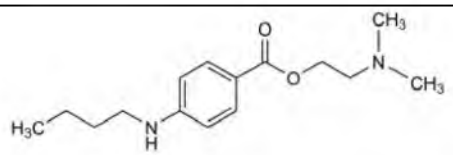
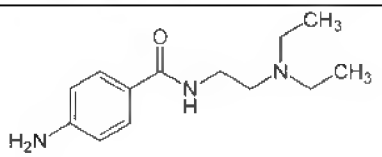
უი-არეში შთანთქმის ხასიათის მიხედვით 1,4-ბენზოდიაზეპინები განეკუთვნებიან ნაერთებს, რომელთა აბსორბცია იცვლება pH-ის მნიშვნელობის მიხედვით.

- <u>**მჟავა არეში**</u> – აზოტის ატომის პროტონირების ხარჯზე I (ქლორდიზეპოქსიდი) და 4 (1,4-ბენზოდიაზეპინის 1,2 დიჰიდროწარმოებულები – ნიტრაზეპამი, ოქსაზეპამი, დიაზეპამი) მდებარეობაში;
- <u>**ტუტე არეში**</u> 1,4-ბენზოდიაზეპინის 1,2 დიჰიდროწარმოებულების მოლეკულაში აღინიშნება ქრომოფორული სისტემის ცვლილება (შეუღლების გარდა აზომეთინური ბმის სისტემის ცვლილება (შეუღლების გაზრდა აზომეთინური ბმის ლაქტიმ-ლაქტამური ტაუტომერიის ხარჯზე 1,2-მდებარეობაში (ნიტრაზეპამი, ოქსაზეპამი). ნატიური ნაერთების და მეტაბოლიტების მიხედვით კვლევა საშუალებას იძლევა ჩატარდეს 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების იდენტიფიკაცია ჯგუფის შიგნით და დადასტურდეს ბენზოფენონების ანალიზის შედეგები.

<u>§8.პარა-ამინობენზოის მჟავას წარმოებულების გამოყენება. ტოქსიკოლოგიური დახასიათება. ბიოლოგიური მასალიდან იზოლირების და ანალიზის მეთოდები</u>

პარა-ამინობენზოის მჟავას (პაბმ) წარმოებულები (ნოვოკაინი, ნოვოკაინამიდი, დიკაინი და სხვები) (ცხრილი 13.9.) ფართოდ გამოიყენებიან სამედიცინო პრაქტიკაში. ხასიათდებიან ტოქსიკური ეფექტებით, რაც განაპირობებს მათ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ მნიშვნელობას.

ცხრილი 13.9. პარა-ამინობენზოის მჟავას (პაბმ) ძირითადი წარმოებულები

პრეპარატი	ქიმიური ფორმულა	ქიმიური სახელწოდება
ნოვოკაინი		პარა-ამინობენზოის მჟავას β-დიეთილამინოეთილის ეთერის ჰიდროქლორიდი
დიკაინი		პარა-ბუთილამინობენზოის მჟავას β-დიეთილამინოეთილის ეთერის ჰიდროქლორიდი
ნოვოკაინამიდი		პარა-ამინობენზოის მჟავას β-დიეთილამინოეთილ ამიდის ჰიდროქლორიდი

8.1. ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. პრეპარატები ხასიათდებიან ფუძე თვისებებით. *pKa* მნიშვნელობა 4.6 (ამინოჯგუფი) და 9.24-ის ტოლია (აზოტის მესამადი ატომი).

მედიცინაში გამოიყენება პაბმ წარმოებულების მარილები, თეთრი ან მოყვითალო კრისტალური ფხვნილები. იხსნებიან წყალში, ეთანოლში, ცუდად ქლოროფორმში და არ იხსნებიან დიეთილის ეთერში.

პაბმ წარმოებულების ფუძეები წყლიანი ხსნარებიდან კარგად ექსტრაჰირ-დებიან ორგანული გამხსნელებით (დიეთილის ეთერით, ქლოროფორმით) pH 11-ის დროს.

8.2. გამოყენება. სამკურნალო საშუალებებს –ნოვოკაინს, დიკაინს აქვთ ადგილობრივი ანესთეზიის უნარი.

ნოვოკაინი სისხლში შეწოვის შემდეგ, აქვეითებს პერიფერიული ქოლინორეაქციული სისტემების აღგზნებადობას, ამასთან აღინიშნება გლუვი კუნთების სპაზმების შემცირება, გულის კუნთის და თავის ტვინის ზოგიერთი წილების აღგზნებადობის დაქვეითება.

დიკაინი გამოიყენება ხორხის ანესთეზიისათვის ინკუბაციის დროს, ბრონქოგრაფიის დროს, ოფთალმოლოგიაში.

ნოვოკაინამიდი ხასიათდება უნარით დააქვეითოს გულის კუნთის აღგზნებადობა და გამტარებლობა. გამოიყენება როგორც ანტიარითმიული საშუალება.

8.3. ტოქსიკური მოქმედება. პრეპარატები ხასიათდებიან ნერვულ-ფსიქიკური და გულ-სისხლძარღვთა დარღვევებით.

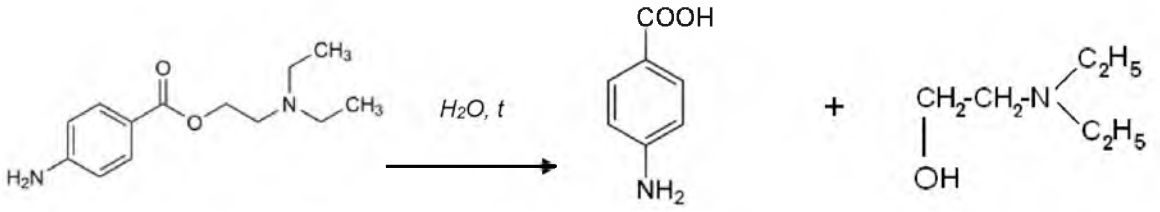
თერაპიულ დოზებში იწვევენ ალერგიულ რეაქციებს (კანზე გამონაყარი), თავბრუსხვევას, დისპეფსიურ მოვლენებს, კანის ლორწოვანი გარსების შეშუპებას, ბრონქოსპაზმს.

ტოქსიკურ დოზებში პრეპარატები იწვევენ აღგზნებას; შემდეგ ცნს დამბლას. კლინიკური სურათი ხასიათდება ფსიქომოტორული აღგზნებით, ტონიკო-კლონური კრუჩხვებით, ცნობიერების დაკარგვით, არტერიალური წნევის დაქვეითებით, ბრადიკარდიით.

ტოქსიკურობით დიკაინი 8-10-ჯერ აღემატება ნოვოკაინს (ლეტალური დოზა – 1 გ) და ნოვოკაინამიდს (ლეტალური დოზა – 1.5 გ).

8.4. ორგანიზმში ქცევა. ნოვოკაინი ძირითადად გამოიყენება ინექციის სახით. სისხლში მოხვედრისას ის სწრაფად ჰიდროლიზირდება პაბმ-მდე და

დიეთილამინოეთანოლამდე, რომლებიც ფიზიოლოგიურად აქტიური ნაერთებია.



ნოვოკაინი პაბმ დიეთილამინოეთანოლი

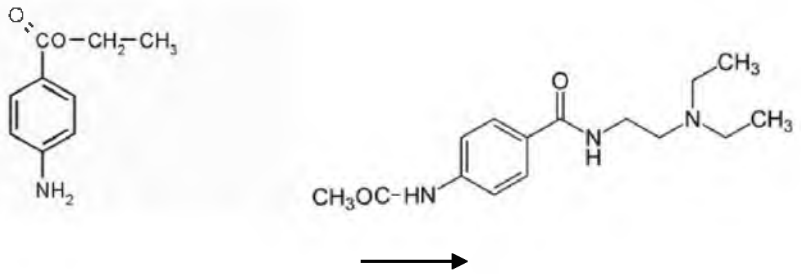
ვენაში შეყვანილი ნოვოკაინის დოზის მხოლოდ 2% გამოიყოფა შეუცვლელი სახით პირველი 24 საათი, დოზის 90% გამოიყოფა პაბმ სახით, რომელიც სისხლში აღმოჩნდება ნაწილობრივ თავისუფალი, ნაწილობრივ კონიუგირებული ფორმით.

დიეთილამინოეთანოლი თავისუფალი სახით გამოიყოფა დაახლოებით 33%, დანარჩენი რაოდენობა განიცდის შემდგომ გარდაქმნას.

დიკაინი ორგანიზმში მეტაბოლიზირდება პაბმ წარმოქმნით.

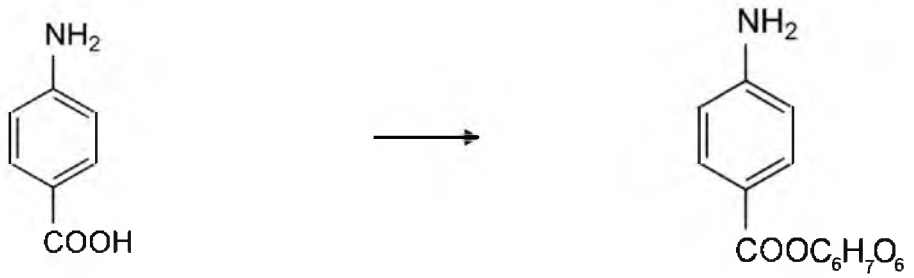
ნოვოკაინამიდი პირის გზით მიღებისას სწრაფად, თითქმის სრულად, აბსორბირდება საჭმლის მომნელებელი ტრაქტიდან. ნაერთის მაქსიმალური კონცენტრაცია ადამიანის პლაზმაში აღმოჩნდება შეყვანიდან 15-60 წუთის შემდეგ.

სისხლში ნოვოკაინამიდის საერთო შემცველობის მხოლოდ 14% იმყოფება ალბუმინებთან შეკავშირებულ მდგომარეობაში, ამიტომ მისი დიდი რაოდენობით აღმოჩენა შეიძლება სხვა ორგანოებსა და ქსოვილებში. ნოვოკაინამიდის შეყვანილი რაოდენობის 50-60% შარდთან ერთად, შეუცვლელი სახით, გამოიყოფა 24 სთ-ში, ძირითადი მეტაბოლიტია – N-აცეტილნოვოკაინამიდი, რომელიც ფარმაკოლოგიურად აქტიურია და შეუძლია პლაზმაში იყოს უფრო მეტი კონცენტრაციით, ვიდრე ნატიური ნაერთი.



ნოვოკაინი N-აცეტილნოვოკაინამიდი

ნოვოკაინამიდის 2-10% მეტაბოლიზირდება პაბმ-მდე, რომელსაც აღმოაჩენენ როგორც თავისუფალი, ასევე კონიუგირებელი ფორმით.



პაბმ პარა-ამინობენზოილგლუკურონიდი

<u>8.5. პაბმ წარმოებულების მიმართულ ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზს</u> ატარებენ შემდეგი სქემის მიხედვით:

<u>კვლევის ობიექტები</u> – ღვიძლი, თირკმელები, სისხლი, შარდი.

პაბმ წარმოებული პრეპარატების იზოლირებას ბიოლოგიური მასალიდან (ორგანოების ქსოვილებიდან) ახდენენ pH 2-3-მდე ქლორწყალბადმჟავით შემჟავებული წყლით.

პრეპარატების მარილები კარგად იხსნებიან წყალში, წყლიანი ფაზიდან პრეპარატები ფუძეების სახით ექსტრაჰირდებიან ქლოროფორმით – pH 11-ზე (წყლის ფაზის შეტუტიანებას ახდენენ NaOH-ის ხსნარით) მინარევები რჩებიან წყლიან ფაზაში.

<u>თფქ-სკრინინგის</u> ჩატარებისას პაბმ წარმოებულები 1 ეტაპზე ფუძე ხასიათის ნივთიერებათა გამხსელთა ზოგად სისტემაში ჩნდებიან მე-3 ზონაში (*Rf* – 0.63-0.83). პრეპარატების ელუირების შემდეგ გამხსნელთა სისტემით – მეთანოლი – 25% ამიაკის ხსნარი (9:1) ატარებენ თფქ სკრინინგს II ეტაპზე – კერძო სისტემაში – ქლოროფორმი – ეთანოლი (20:1), სორბენტი-ალუმინის ფუძე ჟანგია გამოსამჟღავნებლად იყენებენ დრაგენდორფის რეაქტივის მუნიეს მოდიფიკაციას (ნარინჯისფერი – ყავისფერი ლაქები) ან ახდენენ იდენტიფიცირებას β-ნაფტოლთან აზოშეერთების რეაქციით (ნარინჯისფერი ლაქები).

ელუირების შემდეგ, აუცილებლობის შემთხვევაში, იყენებენ თფქ მეთოდის შეთავსებას ექსტრაქციულ მეთოდთან ექსტრაქტის მინარევებისგან გასასუფთავებლად და ატარებენ <u>დამადასტურებელ გამოკვლევებს</u>.

<u>1. დალექვის რეაქციები</u> – ალკალოიდების ზოგად დამლექ რეაქტივებთან, წარმოიქმნებიან კრისტალები ან ამორფული ნალექები. რეაქციები მაღალ-

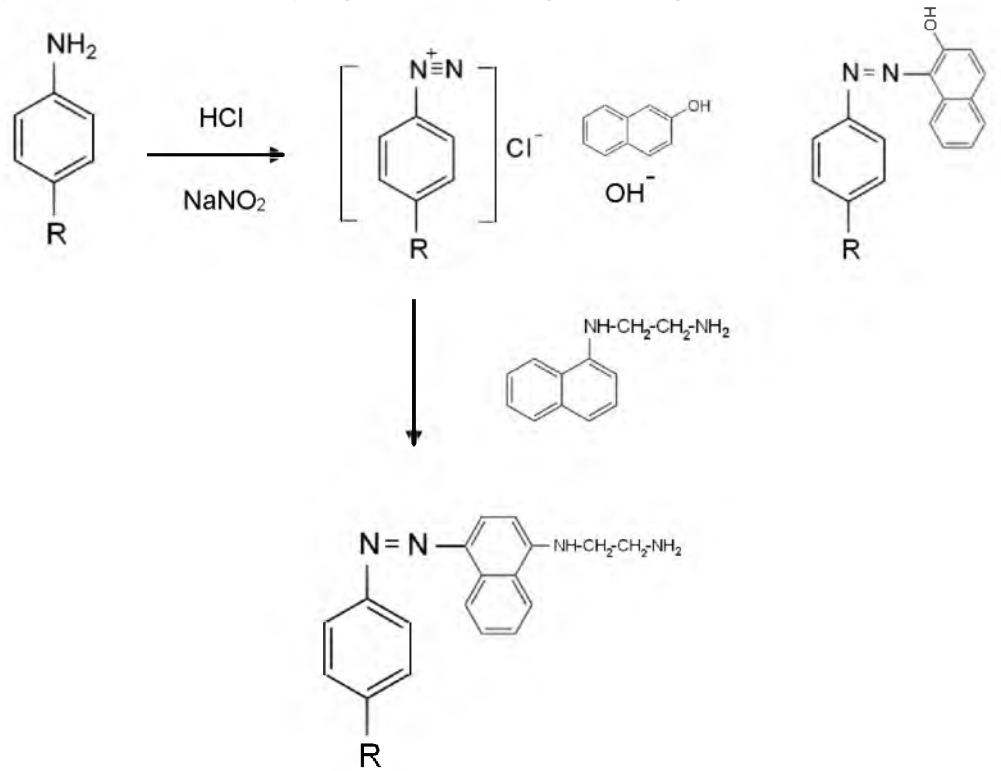
მგრძნობიარეა და არასპეციფიკურია.

<u>2. მიკროკრისტალოსკოპიური რეაქციები</u>. მაღალმგრძნობიარე და სპეციფიკურია.

- დრაგენდორფის რეაქტივთან – მიიღება კონებად თავმოყრილი თხელი ნემსისებური კრისტალები (ნოვოკაინი) ან რომბის მაგვარი ფირფიტები (ნოვოკაინამიდი);
- პლატინის ქლორიდის ხსნართან – მჭიდრო როზეტები (ნოვოკაინამიდი);
- ნატრიუმის ნიტრატის ხსნართან – პრიზმები (დიკაინი).

<u>3. ფერადი რეაქციები</u>: ვიტალი-მორენის რეაქცია – ნარინჯისფერ-ყვითელი ხსნარი (ნოვოკაინი), მოყვითალო ყავისფერი ხსნარი (ნოვოკაინამიდი), სისხლისფერ-წითელი ხსნარი (დიკაინი). რეაქციები არასპეციფიკურია.

- აზოსაღებავის წარმოქმნის რეაქცია – ნოვოკაინისა და ნოვოკაინამიდისათვის – β-ნაფტოლთან (მოწითალო-ნარინჯისფერი) ან N-α-ნაფტილეთილენდიამინთან (ვარდისფერ-იასამნისფერი შეფერვა).



პაბმ არსებობის დასადასტურებლად გამოიყენება ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები – უი – იწ-სპექტრომეტრია, თფქ, გსქ, მესქ – მეთოდები.

პაბმ წარმოებულების უი-სპექტრები გოგირდმჟავას ხსნარში ხასიათდებიან შთანთქმის 3 მაქსიმუმით 222-230, 272-281, 279-312 ნმ.

<u>რაოდენობით განსაზღვრას</u> ატარებენ სპექტრული და ქრომატოგრაფიული

მეთოდებით.

თავი 14.

ნარკომანიის სასამართლო-ქიმიური ასპექტები

ჯანდაცვის სამართლებრივი დაცვის უზრუნველყოფის საკითხებს სადღეისოდ პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა ენიჭება. აღსანიშნავია, რომ უკანასკნელ წლებში, "ნარკომანია", "ტოქსიკომანია", "არასამედიცინო გამოყენება" და ძლიერმოქმედი, შხამიანი, ფსიქოტროპული და ნარკოტიკული საშუალებების, მათი ანალოგების და პრეკურსორების მოხმარება კრიმინალისტიკური და კრიმინალურ-სამართლებრივი მეცნიერებების ყურადღების ცენტრში აღმოჩნდა. ეს საკითხები შეისწავლება მჭიდრო კავშირში სხვადასხვა დარგის მეცნიერების: სასამართლო მედიცინის, სასამართლო ფსიქიატრიის, სასამართლო ნარკოლოგიის წარმომადგენლების მჭიდრო თანამშრომლობით.

ამ საკითხისადმი განსაკუთრებული ყურადღება, პრევენციული ზომების მიღება ხელს უწყობს დანაშაულის აღკვეთას და საზოგადოების გაჯანსაღებას.

ტერმინი "ნარკოტიკული საშუალება" მოიცავს სამ ურთიერთდაკავშირებულ: სამედიცინო, კრიმინალურ-სამართლებრივ და სოციალურ-ეკონომიკურ კრიტერიუმებს. აღნიშნულიდან გამომდინარე ნივთიერება ჩაითვლება ნარკოტიკად თუ იგი აკმაყოფილებს ერთობლივად სამივე კრიტერიუმს ე. ი. ნივთიერება განიხილება, როგორც ნარკოტიკული საშუალება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ იგი იურიდიულად აღიარებულია და, შესაბამისი სახელმწიფო სტრუქტურების მიერ შეტანილია ნარკოტიკული საშუალებების სიაში. კანონმდებლობის მიხედვით, ნარკომანია ეს არის ავადმყოფური, ფსიქიკური მდგომარეობა, რომელიც განპირობებულია ნარკოტიკული საშუალებებით ქრონიკული ინტოქსიკაციით, მათი ბოროტად გამოყენების შედეგად.

საქართველოში ნარკომანიისა და ტოქსიკომანიის პრობლემა მწვავედ დგას – ყოველ წელს აღრიცხვაზე აჰყავთ ათასობით ადამიანი, რომელთა შორის უმეტესობა 30 წლამდე ახალგაზრდაა. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ამ პრობლემას მოზარდებში, რომელთაგან ყოველი მეხუთე მიდრეკილია მიიღოს სხვადასხვა ჯგუფის ნარკოტიკული თუ ტოქსიკომანური საშუალება და ალკოჰოლი. ინექციური ნარკომანია კი გახდა შიდსის სწრაფი გავრცელების ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი.

ნარკოტიკული თრობის მიზეზის დასაგენად ტარდება ანალიზი ნარკოტიკული საშუალებების ძირითად წარმომადგენლებზე: ბარბამილზე, ეტამინალ-ნატრიუმზე, მორფინზე, კოდეინზე, ჰეროინზე, ამფიონზე (ყაყაჩოს რძეწვენი), ეფედრონზე, პრომედოლ-

ზე, სუბუტექსზე, მეტადონზე, ფენოთიაზინებზე, ბენზოდიაზეპინებზე, ჰაშიშზე, ლსდ-ზე, ამფეტამინებზე და სხვა.

§1. კანაფი და ჰაშიში

კანაფი, როგორც სარეველა ბალახი, ფართოდ არის გავრცელებული სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში. იგი უძველესი, მსოფლიო მნიშვნელობის, სასარგებლო კულტურაა. ძირითადად მოჰყავთ, როგორც ბოჭკო, რომელსაც ტექნიკური სიმწიფის პერიოდში ახასიათებს დიდი მექანიკური სიმტკიცე და მდგრადობა ლპობის მიმართ. მისგან მზადდება: საზღვაო ბოგირები, სათევზაო ბადეები, შესაფუთი კანაფი, ბრეზენტის ტომრები და სხვა.კანაფისგან მომზადებულ ნაკეთობებს აქვთ არსებითი უპირატესობები სინთეზური ბოჭკოსგან მომზადებულებთან შედარებით. სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს კანაფის ნაყოფსაც, რომელიც შეიცავს 35%-მდე კანაფის ზეთს, რომელსაც მიაკუთვნებენ ყველაზე სწაფად შრობად ზეთებს. ამიტომ მას იყენებენ ოლიფის, ლაქებისა და საღებავების წარმოებში. ნაყოფის გადამუშავების შედეგად მიღებული კოპტონი გამოიყენება, როგორც მაღალკალორიული საკვები მესაქონლეობაში.

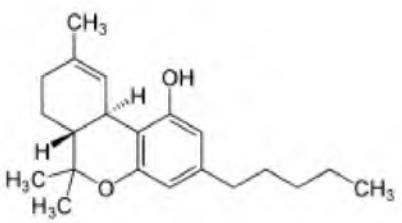
კანაფი (*Canabis sativa*) ერთწლიანი, ორსახლიანი (ზოგჯერ ერთსახლიანი) ბალახოვანი მცენარეა. ძირითადი მოქმედი ნივთიერების ტეტრაჰიდროკანაბინოლის (ტჰკ) რაოდენობა კანაფის ყვავილედში დამოკიდებულია გეოგრაფიულ პირობებზე და იზრდება ჩრდილოეთიდან სამხრეთ აღმოსავლეთისკენ, თუმცა ასევე დიდი მნიშვნელობა აქვს გენეტიკურ ფაქტორსაც. ტჰკ რაოდენობის (შემცველობის) მიხედვით კანაფის ყველა სახეობას პირობითად ყოფენ – მაღალაქტიურ (5%), საშუალო (1-3%) და ნაკლებ აქტიურ (0.5% -მდე) ჯიშებად.

კანაფისგან ნარკოტიკების მომზადების ბევრი მეთოდი არსებობს. დამზადების ადგილის და მომზადების ხერხების მიხედვით. არსებობს კანაფის რამდენიმე სახელწოდება: ევროპულ ქვეყნებში და ახლო აღმოსავლეთში მას უწოდებენ ჰაშიშს; ინდოეთში – განჟას, ხარასს, ხირასს; ჩრდილოეთ ამერიკაში –კიფს; სამხრეთ აფრიკაში – დაგვას, ბრაზილიაში- მახანგს; აშშ-ში, კანადასა და სამხრეთ ამერიკაში – მარიხუანას; შუა აზიაში – ანაშას; ამიერკავკასიაში – პლანს. ყველაზე ხშირად იყენებენ ტერმინს – ჰაშიში.

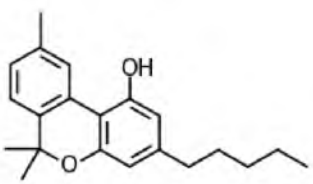
ჰაშიშს კანაფისგან ამზადებენ მასობრივი ყვავილობის დაწყებიდან მოსავლის აღებამდე და თესლების გალეწვამდე (ივლისი-სექტემბერი). ნარკოტიკული ნედლეულის სახით იყენებენ გამომშრალ, მოსრესილ ფოთლებს და მდედრობითი მცენარის ყვავილებს (0.5-5%-მდე ტჰკ), მდედრობითი მცენარის ყვავილობის პერიოდში შეგროვილ ჰაშიშის ფისს, ჰაშიშის ზეთს (10-30%). ჰაშიშის ზეთს ღებულობენ კანაფის დაწვრილმანებული მასისგან, ბენზინით, ეთილის სპირტით, ჰექსანით და სხვა ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქციის გზით. ექსტრაქტებს აქროლებენ ჰაერის მაღალ ტემპერატურაზე. ამ გზით მიღებული კანაფის ზეთის ფასი შავ ბაზარზე ოპიუმის ფასს უტოლდება. შავ ბაზარზე იყიდება ფხვნილის, პაკეტების, ბრიკეტებად დაპრესილი მასის, ტაბლეტების სახით. ნარკომანები ჰაშიშს მოიხმარენ სხვადასხვანაირად: ღეჭავენ, ჭამენ თაფლთან ან შაქარ-თან ერთად, სვამენ ჩაისთან და ეწევიან თამბაქოსთანერთად.

არჩევენ ჰაშიშის ადამიანზე ზემოქმედების შვიდ სტადიას:

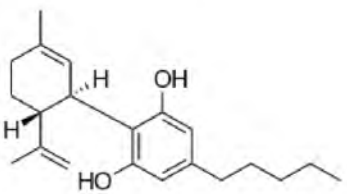
I – მსუბუქი სიმთვრალე – ოცნებებში ყოფნა, პასიურობა;
II – განმეორებით მიღებისას უმნიშვნელო ფსიქიკური აშლილობები, სხვასხვა სახის ბოდვები, ეიფორიის მდგომარეობა;
III – მუდმივი მომხმარებელი ჰაშიშის ერთჯერადი მოხმარების შემდეგ სიმთვრალის მდგომარეობაში შეიძლება იყოს რამდენიმე დღის განმავლობაში, მიუხედავად იმისა, რომ ნარკოტიკის მოქმედება გრძელდება რამდენიმე საათი;
IV – ქრონიკული მოწამვლა – მნიშვნელოვანი ფსიქიკური აშლილობანი;
V- აზროვნების არევა, ბოდვა, სასიამოვნო ხილვებს თან მოჰყვება შიშები, გაღიზიანება, კოშმარები, ჩნდებიან ურჩხულები, კვადრატული და რომბის მაგვარი სახეებით, ვითარდება შიზოფრენიისთვის დამახასიათებელი ნიშნები;
VI – ქრონიკული ფსიქოზი, რომელიც არ ექვემდებარება მკურნალობას;
VII – ჭკუასუსტობა, ტოტალური იდიოტობა.



ტჰკ-ტეტრაჰიდროკანაბინოლი



კანაბინოლი



კანაბიდიოლი

ფიზიკური თვისებები: კანაბინოიდები პრაქტიკულად წყალში უხსნადია, 1:1 იხსნებიან ეთანოლში, აცეტონში და ბენზინში.

ცნობილია ტჰკ-ს 20-მდე მეტაბოლიტი. მეტაბოლიზმი მიმდინარეობს მეთილის ჯგუფის დაჟანგვის და გლუკურონიდების წარმოქმნის გზით. სამი დღის განმავლობაში ტჰკ-ს 50% გამოიყოფა მეტაბოლიტების სახით, ხოლო 50% გროვდება ცხიმოვან ქსოვილში და გამოიყოფა რამდენიმე დღის განმავლობაში. მიღებული დოზის 25% გამოიყოფა შარდთან ერთად, ხოლო 65% განავალთან ერთად. ტჰკ-ს ნახევარდაშლის პერიოდია 20-36 სთ.

გამოსაკვლევი ობიექტებია: ხელის თითების, ხელის გულის, ტუჩების ჩამონაბანი, ნერწყვი, სისხლი და შარდი.

იზოლირება: 1. ახდენენ ხელის თითების ზედაპირის, ხელის გულების, ტუჩების ჩამორეცხვას ეთილის სპირტში შესველებული ტამპონით (ბამბა ან მარლა). ტამპონებს ათავსებენ კოლბში, სპირტს ააქროლებენ, დაუმატებენ დიეთილის ეთერს (ეთილაცეტატს) 10-10 მლ ულუფებით 1 წთ-ის განმავლობაში. ააქროლებენ 0.1-0.3 მლ მოცულობამდე და ატარებენ გამოკვლევას.

ტჰკ-ს აღმოჩენა მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული, რომ მხოლოდ ხელების კანის ჩამონაბანა არ იძლევა დასკვნის გაკეთების საფუძველს, რომ მოცემულმა პიროვნებამ მოწია ჰაშიში, რადგან შესაძლებელია ის შემთხვევით შეეხო ჰაშიშს, რის შესახებაც ეჭვმიტანილმა არ იცოდა.

2. ეჭვმიტანილისაგან იღებენ 10 მლ ნერწყვს, რის შემდეგაც მასსთხოვენ პირის ღრუში NaCl-ით გაჯერებული 70% ეთილის სპირიტის გამოვლებას. ნერწყვს და გამონავლებ ხსნარს აერთიანებენ და ახდენენ მის გამოწვლილვას.

წინასწარი გამოკვლევა: გამონაწვლილის 1 წვ აწვეთებენ ფილტრის ქაღალდზე და შეასხურებენ B მეთილენლურჯის 0.5% ხსნარს 10% ნატრიუმის კარბონატის ხსნარში.ნარჯისფერი ლაქის წარმოქმნა მიუთითებს მოცემულ სინჯში კანაბინოიდების არსებობაზე - რეაქციას აქვს უარყოფითი სასამართლო-ქიმიური მნიშვნელობა.

დადებითი პასუხის მიღების შემთხვევაში, გამოკვლევას აგრძელებენ თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული (თფქ) მეთოდით სილიკაგელის ფირფიტებზე ორმაგი (ორჯერადი) დაყოფის მეთოდით (ცხრილი 14.1.).

ცხრილი 14.1. კანაბინოიდების თშქ ანალიზში გამოყენებული გამხსნელთა სისტემები და შესაბამისი *Rf* –ის მნიშვნელობები

№	გამხსნელთა სისტემა	*Rf*		
		ტჰკ	კანაბინოლი	კანაბიდიოლი
1	პეტროლეინის ეთერი-დიეთილის ეთერი (4 : 1)	0.84	0.76	0.93
2	პენტანი-დიეთილის ეთერი (4 : 1)	0.96	0.93	0.99
3	ბენზოლი*-ჰექსანი-დიეთილამინი (25 : 10 : 1)	0.60	0.55	0.72
4	ჰექსანი-დიეთილის ეთერი (4 :1)	0.69	0.60	0.81
5	ჰექსანი-დიოქსანი (9 : 1)	0.83	0.79	0.72

*** ბენზოლის მაღალი ტოკსიკურობის გამო, მისი გამოყენება სდება უკიდურესი საჭიროების შემთხვევაში!**

<u>დეტექტირება</u>: 1. **B მეთილენლურჯის** 0.5% ხსნარი 10% ნატრიუმის კარბონატის ხსნარში – ტეტრაჰიდროკანაბინოლი (ტჰკ) მუღავნდება ჟოლოსფერი, კანაბინოლი – ვარდისფერი, კანაბიდიოლი – მოყვითალო-ვარიდსფერი ლაქების სახით.

2. **პაულის რეაქტივით** (სტაბილიზირებული დიაზოტირებული მჟავა) – კანაბინოიდები იფერებიან ყვითლად.

<u>**ტეტრაჰიდროკანაბინოლის განსაზღვრის სასამართლო-ტოქსიკოლოგიური მეთოდი**</u>

<u>იზოლირება</u>: 1. 10 მლ სისხლს აცენტრიფუგირებენ 10 წთ 3000 ბრ/წთ. ახდენენ გამოყოფილი პლაზმის ექსტრაჰირებას 4-ჯერ პეტროლეინის ეთერის და 1.5% პენტანოლის ნარევის 5-5 მლ-ით. გამონაწვლილს აქროლებენ ოთახის ტემპერატურაზე ამოშრობამდე, მშრალ ნაშთს ხსნიან 1 მლ 96° ეთანოლში და იკვლევენ.

2. 10 მლ შარდს ამატებენ 2მლ 10 M კალიუმის ჰიდროქსიდსჰერმეტულად თავდახურულ ჭურჭელს დგამენ თერმოსტატში 50°C ტემპერატურაზე 20 წთ-ის განმავლობაში. ჰიდროლიზირებულ ხსნარს ამატებენ 2 M ქლორწყალბადმჟავას ხსნარს pH=2-მდე, 15 მლ ციკლოჰექსანის და ეთილაცეტატის (7:1) ნარევს ანჯღრევენ და ახდენენ ექსტრაჰირებას 10 წთ განმავლობაში. ორგანულ ფენას ფილტრავენ 1გ უწყლო ნატრიუმის სულფატში, ფილტრს ჩარეცხავენ 5მლ გამხსნელით და ააქროლებენ გამოშრობამდე, ოთახის

ტემპერატურაზე ჰაერის სუსტი ნაკადის ქვეშ. მშრალ ნაშთს ხსნიან 0.2 მლ მეთანოლში და იკვლევენ თფქ მეთოდით.

თფქ ანალიზის პირობები მოცემულია ცხრილი 14.2-ში.

ცხრილი 14.2. ტჰკ თფქ ანალიზში გამოყენებული გამხსნელთა სისტემები და შესაბამისი *Rf*-ის მნიშვნელობები

№	**გამხსნელთა სისტემები**	***Rf*** *9-კარბოქსიტეტრაჰიდროკანაბინოლი*
1	ეთილაცეტატი – მეთანოლი – კონც. ამიაკი – წყალი (12 : 5 : 1 : 0.5)	*0.35 – 0.40*
2	ქლოროფორმი – მეთანოლი – კონც. ამიაკი (70 : 30 : 2)	*0.25-0.38*

კანაბინოიდების დასაყოფად და აღმოსაჩენად იყენებენ გაზურ ქრომატოგრაფიას და ანალიზის სპექტრალურ მეთოდებს. ჰაშიშის სხვადასხვა სინჯების იდენტურობის საკითხის გადასაწყვეტად აუცილებელია სინჯებში მიკროელემენტების სპექტრალური ანალიზის ჩატარება, რომლებსაც შეიცავენ ეს სინჯები. სხვადასხვა ხარისხის ჰაშიშში ყველაზე მეტად გავრცელებული მიკროელემენტებია - სტრონციუმი, ბორი, მანგანუმი, ნიკელი, ქრომი, სპილენძი, ვანადიუმი და სხვა. ეს მიკროელემენტები კანაფში ხვდებიან ნიადაგიდან, რომელსაც რეგიონების მიხედვით აქვს მიკროელემენტების სხვადასხვა შემადგენლობა. სიგარეტებში მიკროელემენტების აღმოსაჩენად მათ წვავენ და ნაცარში საზღვრავენ მიკროელემენტებს ემისიური და ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრიის გამოყენებით.

§2. კოკაინი

კოკაინი ალკალოიდია, რომელსაც ღებულობენ მცენარე კოკას (*Erytroxylum coca*) და *Erytroxylaceae* ოჯახის სხვა სახეობების მშრალი ფოთლებისგან ან სინთეზურად ეკგონინისგან.

კოკაინი, როგორც ძლიერი ფსიქოსტიმულატორი, გამოიყენებოდა ჯერ კიდევ სამხრეთ ამერიკელი ინდიელების მიერ ჩვ. წ. აღ. მე-3 საუკუნეში. კოკას ბუჩქის ფოთლებს ინდიელი ინკები ხმარობდნენ სამედიცინო და რელიგიური მიზნებისთვის, ასევე

როგორც საშუალებას, რომელიც აქრობს შიმშილისა და დაღლილობის შეგრძნებას. კოკაინს აქვს ადგილობრივი ტკივილგამაყუჩებელი მოქმედება ლორწოვან გარსებზე.

1922 წლიდან კოკაინი ოფიციალურად გამოცხადდა ნარკოტიკულ საშუალებად. თუმცა მისი ქიმიური სტრუქტურის შესწავლამ დასაბამი მისცა ისეთ ანესთეტიკების სინთეზს, როგორიც არის ანესთეზინი, ნოვოკაინი და სხვა, რომელთაც თავის მხრივ ნარკოტიკული ეფექტი არ გააჩნიათ.

<u>ფიზიკური თვისებები</u>: კოკაინის ჰიდროქლორიდი კრისტალური, ჰიგროსკოპული, თითქმის თეთრი ფერის ფხვნილია. იხსნებაწყალში, 1 : 7 ეთანოლში, 1 : 0.5 ქლოროფორმში და 1 : 4 ეთილის ეთერში. მაღალი სიწმინდის კოკაინი სუფთა ნივთიერებას შეიცას 90% ოდენობით. "შავ ბაზარზე" შემოტანილი კოკაინის პრეპარატები ფალსიფიცირებული არიან და სუფთა ნივთიერებას შეიცავენ 30%-მდე. შემავსებლების სახით იყენებენ საანესთეზიო საშუალებებს (ლიდოკაინს, ტრიმეკაინის, დიკაინს), ნახშირწყლებს (ლაქტოზას, გლუკოზას, მანითოლს), სოდას, ბორის მჟავას. ასეთი კოკაინი აბსოლუტურად მშრალი თეთრი ფერის ფხვნილია. ნარკოტიკული ეფექტის მისაღწევად კოკაინს იყენებენ როგორც ფხვნილის (ფუძე კოკაინის ფხვნილს უწოდებენ "კრეკს", კოკაინის ნარევს ჰეროინთან "სნოუბორდს") ისე კოკას პასტის სახით. შეყვანის გზის გავლენა კოკაინის ბიოშეღწევადობაზე იხილეთ ცხრილში 14.3.

ცხრილი 14.3. კოკაინის ბიოშეღწევადობის დამოკიდებულება ორგანიზმში მისი შეყვანის გზაზე

კოკაინის ორგანიზმში შეყვანის გზები	**კოკაინის ბიოშეღწევადობა**
ინტრანაზალური – ცხვირით გზით	20-30%
პერორალური – პირის გზით	20-30%
სუბლინგვალური – ენისქვეშ	20-30%
რექტალური – სწორი ნაწლავის გზით	90%
ვაგინალური – საშოს გზით	80%
საინექციო – ინექციის გზით	100%
ინჰალაციური – მოწევა	32%

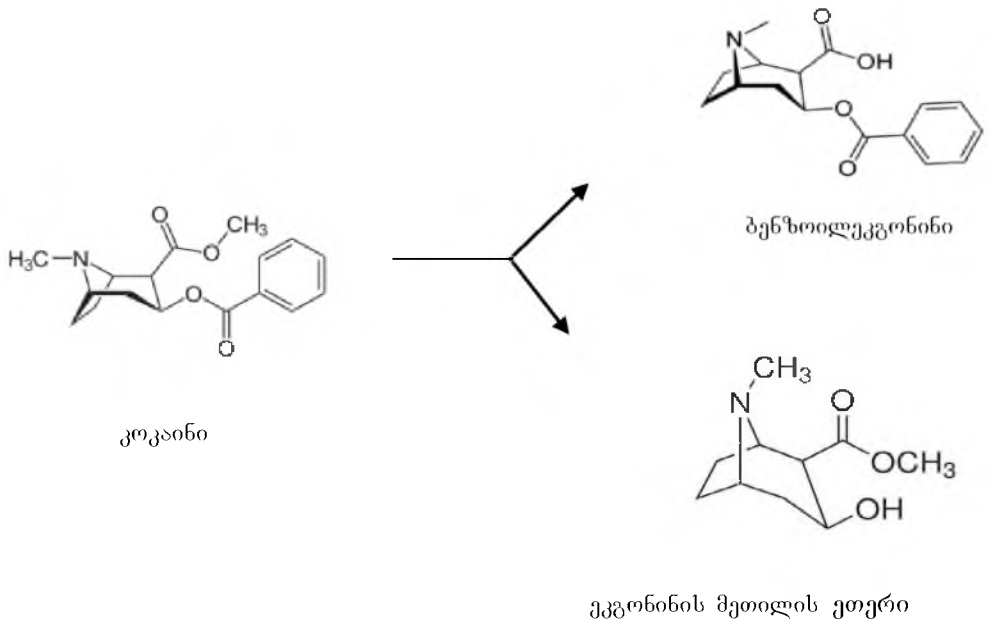
კოკაინის ტოქსიკური ეფექტი აღინიშნება სისხლში 0.25-5 მგ/მლ კონცენტრაციის დროს. მინიმალური **ლეტალური დოზა 1.2გ** ტოლია. ქრონიკულ მომხმარებლებს უვითარდებათ შეჩვევა, ამიტომ მათთვის ლეტალური დოზა 5-ჯერ და მეტჯერ აღემატება

ჩვეულებრივი ადამიანის მინიმალურ ლეტალურ დოზას. ეიფორიული ეფექტი მიიღწევა მიღებიდან 30-60 წთ-ის შემდეგ, ხოლო მოწევის შემთხვევაში -20 წუთის შემდეგ.

კოკაინით მოწამვლის სიმპტომები მრავალფეროვანია, რაც განპირობებულია მისი მოქმედებით როგორც ცენტრალურ ასევე პერიფერიულ ნერვულ სისტემაზე.

კოკაინის მოქმედება მჟღავნდება გამხიარულებით, ჰალუცინაციებით, მოგვიანებით ვითარდება ბოდვა, შიშები, დევნის მანია, გემოვნების, სმენის, მხედველობის (გუგების გაფართოვება, აკომოდაციის შემცირება) დაქვეითება, იშვიათ შემთხვევებში დაკარგვა, კონვულსიები. რაც შეეხება სიკვდილს, იგი დგება სუნთქვის ცენტრის დამბლის გამო.

ოკაინის **მეტაბოლიზმი** მიმდინარეობს ჰიდროლიზის გზით. მისი ძირითადი მეტაბოლიტებია ბენზოილეკგონინი და ეკგონინის მეთილის ეთერი:



კოკაინის ნახევარგამოყოფის პერიოდი, დოზასთან დამოკიდებულებით, შეადგენს – 0.7-1.86 სთ. შარდთან ერთად 9%-მდე გამოიყოფა შეუცვლელი სახით, 35-54% - ბენზოილეკგონინის სახით, 39-42% - ეკგონინის მეთილის ეთერის სახით, ამასთან აღინიშნება მეტაბოლიტების და ნატიური ნივთიერებების თანაფარდობის დამოკიდებულება შარდის pH-ზე.

გამოყოფა - კოკაინის ერთჯერადი დოზის მიღების შემდეგ მისი აღმოჩენა ნატიური სახით შესაძლებელია მხოლოდ დღე-ღამის განმავლობაში, ხოლო მეტაბოლიტების სახით – 48 სთ-ის განმავლობაში. თუმცა დასკვნები მიღებულ დოზასა და გამოყოფის დროს შორის დამოკიდებულებაზე პირობითია – კანონზომიერება არ აღინიშნება.

კოკაინზე კვლევის **ძირითადი ობიექტებია** შარდი, სისხლი, ნერწყვი, შინაგანი ორგანოები.

<u>იზოლირება</u> – 5-20 მლ მოცულობის შარდის pH-ის მნიშვნელობა ბორატული ბუფერით მიჰყავთ 8-9-მდე და ახდენენ მის ორჯერად ექსტრაქციას ქლოროფორმი-იზოპროპანოლის (1:1) ნარევის თანაბარი რაოდენობებით. მიღებულ ექსტრაქტს აქროლებენ ჰაერის სუსტი ნაკადის ქვეშ და მშრალ ნაშთს ხსნიან მეთილის სპირტში. კოკიანის იდენტიფიკაციას ახდენენ ანალიზის თფქ მეთოდით (ცხრილი 14.4). (აღმოსაჩენი მინიმუმი – 1მგ/ლ).

ცხრილი14.4. კოკაინის და მისი ძირითადი მეტაბოლიტების თფქ ანალიზში გამოყენებული სისტემები და შესაბამისი*Rf*-ის მნიშვნელობები

№	**გამხსნელთა სისტემები**	***Rf***		
		კოკაინი	**ბენზოილეკგონინი**	**ეკგონინის მეთილის ეთერი**
1	მეთანოლი – კონც. ამიაკი (100 : 1.5)	0.59	0.25	0.65
2	ქლოროფორმი-მეთანოლი (9 : 1)	0.61	0.28	არ მჟღავნდება

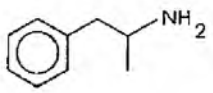
კოკაინის და მისი ძირითადი მეტაბოლიტების თფქ ანალიზში გამოყენებული გამოსამჟღავნებელი რეაქტივებია:

1. ნათება ულტრაიისფერ არეში – კოკაინი და ეკგონინი მჟღავნდებიან მუქი ლაქების სახით;
2. მუნიეს მიხედვით მოდიფიცირებულ დრაგენდორფის რეაქტივთან – ნატიური ნივთიერება და მისი მეტაბოლიტები იძლევიან ნარინჯისფერ ლაქებს;
3. შემჟავებული იოდპლატინატი – კოკაინი და ბენზოილეკგონინი მჟღავნდებიან იისფერი ლაქების სახით, ხოლო ეკგონინის მეთილის ეთერი ცისფერი ლაქის სახით.

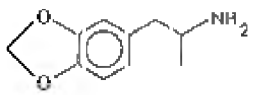
თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული გამოკვლევების შედეგების დასადასტურებლად და რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის გამოიყენება ანალიზის მაღალეფექტური სითხური და გაზური ქრომატოგრაფიული მეთოდები, აგრეთვე მათი ტანდემი მას-სპექტრომეტრიასთან.

§3. ამფეტამინებიდა მეტამფეტამინები (ფენილალკილამინები)

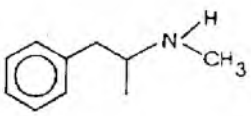
ამფეტამინები მიეკუთვნება განსაკუთრებით საშიშ ფსიქოტროპულ საშუალებებს. ისინი წარმოადგენენ ცენტრალური ნერვული სისტემის (ცნს) სტიმულატორებს, ხსნიან დაღლილობას, ძილიანობას, მოთენთილობას. არკოტიკული ეფექტი ძლიერად არის გამოხატული. შიგნით მიღების შემდეგ იწვევს ეიფორიას, ფსიქოზს, რომელიც საშუალოდ 8-10 სთ გრძელდება.რის შემდეგაც ვითარდება ღრმა აპათია, ფიზიკური სისუსტე, ძილის მკვეთრი დარღვევა, განწყობილების ხშირი ცვლილება და აზრობრივი უსუსურობა. ხანგრძლივი გამოყენებისას ადგილი აქვს შეჩვევას და შემდგომ გადასვლას ე.წ. "სასიკვდილო ძალის" ნარკოტიკებზე.



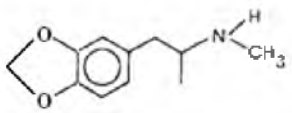
ამფეტამინი



მდა - 3,4 - მეთილენდიოქსიამფეტამინი



მეტამფეტამინი



მდმა- 3,4-მეთილენდიოქსიმეტამფეტამინი

<u>ფიზიკური თვისებები</u>: ამფეტამინები ფუძე ხასიათის, უფერო, ადვილად აქროლადი, ამიაკის სუნის მქონე სითხეებია. ფუძე თვისებები საკმაოდ ძლიერად აქვთ გამოხატული (pK_D=9.0-10.1). გამოიყენებიან მარილების, ძირითადად ქლორიდების და ფოსფატების სახით. მარილები უფერო, კრისტალური ნივთიერებებია, კარგად იხსნებიან წყალში, სპირტში, არ იხსნებიან ეთერებსა და ქლოროფორმში.

<u>გამოყენება</u>: ამფეტამინები გამოიყენება პერორალურად ტაბლეტების (ექსტაზი), კაფსულების სახით, ინჰალაციურად მოწევის გზით, ინტრავენურად. ამფეტამინებიშემოდის ძირითადად ტაბლეტების სახით, რომლებსაც აქვთ სხვადასხვა ფორმები – ცხოველების თავები, გეომეტრიული ფიგურები, სიმბოლოები და ა.შ. ფორმების ასეთი

მრვალფეროვნება და მარკირება მიუთითებს მოცემულ ტაბლეტში ამფეტამინის რაოდენობრივ შემცველობაზე.

ამფეტამინებს და მის წარმოებულებს ძირითადად იყენებენ ევროპაში, ხოლო მეტამფეტამინებსა და მის წარმოებულებს (მდმა-ს) კი აშშ და აზიაში.

<u>მეტაბოლიზმი</u>: პრეპარატები ადვილად შეიწოვებიან კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში და განიცდიან მეტაბოლიზმს:

- ჰიდროქსილირებით, შემდგომში გლუკურონიდების წარმოქმნით;
- დეზალკილირებით;
- დეზამინირებით.

ამფეტამინების ერთჯერადი მიღების შემდეგ სისხლში ტოქსიკური კონცენტრაცია აღინიშნება 2 სთ-ის შემდეგ, მისი ნახევარგამოყოფის პერიოდია – 8-12 სთ. ლეტალური კონცეტრაცია პლაზმაში >500 მკგ/ლ. მეტაბოლიტების შემადგენლობა და გამოყოფის სიჩქარე დამოკიდებულია შარდის pH-ზე:

1. ტუტე რეაქციის მქონე შარდთან ერთად, 24 საათის შემდეგ გამოიყოფა ამფეტამინების დოზის 45% მეტაბოლიტების – ჰიპურისა და ბენზოეს მჟავას წარმოებულები, აგრეთვე ჰიდროქსილირებული წარმოებულების სახით; 2% ნატიური ნივთიერებების სახით.
2. მჟავა რეაქციის მქონე შარდთან ერთად, 24 საათის განმავლობში გამოიყოფა ამფეტამინების დოზის 78%, ამასთან 68% უცვლელი სახით.

მეტამფეტამინების მიღების შემდეგ, 24 საათის შემდეგ დოზის 70% შარდთან ერთად გამოიყოფა. აქედან დოზის 43% გამოიყოფა უცვლელი სახით, ხოლო 15% ჰიდროქსილირებული მეტაბოლიტების და 5-20% ამფეტამინის (მთავარი აქტიური მეტაბოლიტი) სახით. მჟავა რეაქციის მქონე შარდში ნატიური სახით მეტამფეტამინის გამოყოფა იზრდება 44%-მდე, ხოლო ტუტე რეაქციის მქონე შარდში მცირდება 2%-მდე.

ამფეტამინის, მეტამფეტამინის და მათი წარმოებულების ერთჯერადი მიღების შემდეგ, მათი აღმოჩენა ნატიური სახით შესაძლებელია 24 საათის განმავლობაში მხოლოდ მჟავა რეაქციის მქონე შარდში. ამასთან მეტამფეტამინის შემთხვევაში შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს არა მარტო ნატიური ნივთიერება, არამედ მისი ძირითადი მეტაბოლიტი – ამფეტამინი.

ამფეტამინების **კვლევის ძირითად ობიექტს** წარმოადგენს შარდი.

<u>იზოლირებას</u> ბიოლოგიური ობიექტიდან ახდენენ დიქლორმეთანით სითხე-სითხოვანი ექსტრაციის მეთოდის გამოყენებით pH=11 პირობებში; შემდგომი რეექსტრაქციით მჟავა არეში; ექსტრაქტის აქროლებისას დანაკარგის თავიდან აცილების მიზნით ხსნარს ამატებენ სტაბილიზატორს – მეთანოლი-კონც. ქლორწყალბადმჟავა (9:1) ნარევს.

მიღებულ ექსტრაქტში კვლევის ობიექტების იდენტიფიკაციას ახდენენ ანალიზის თფქ მეთოდით, რომლის პირობებიც მოცემულია ცხრილი 14.5-ში.

ЧХРИЛИ 14.5. АМФЕТАМИНИС ДА МЕТАМФЕТАМИНИИС ТФЧ АНАЛИЗШИ ГАМОЧЕНЕБУЛИ ГАМХСНЕЛТА СИСТЕМЕБИ ДА ШЕСАБАМИСИ *Rf*-ИС МНИШВНЕЛОБЕБИ

№	გამსსნელთა სისტემები	***Rf***	
		ამფეტამინი	**მეტამფეტამინი**
1	მეთანოლი - კონც. ამიაკი (100 : 1.5)	*0.44*	*0.33*
2	ეთილაცეტატი- მეთანოლი - კონც. ამიაკი (85 : 10 : 5)	*0.66*	*0.63*

ქრომატოგრამის გამჟღავნება ხდება:

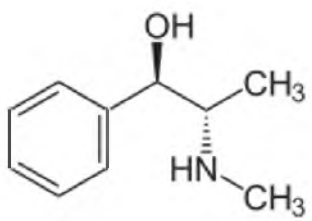
1. მტკიცე შავი *K*-ს 1%-იანი წყლიანი ხსნარით – მეორადი ამინები (მეტამფეტამინები) მჟღავნდებიან ნარინჯისფერი ლაქების სახით, შემდეგ ფირფიტას ამუშავებენ 1 M ნატრიუმის ჰიდროქსიდით – პირველადი ამინები (ამფეტამინები) მჟღავნდებიან იისფერი ლაქრბის სახით;
2. 10%-იანი ნინჰიდრინის ხსნარით ეთანოლში შემდგომი გათბობით 120°C-ზე 15 წთ. პირველადი ამინები იძლევიან იისფერ და ვარდისფერ ლაქებს, ხოლო უფრო ინტენსიურ ლაქებს იძლევა მეორადი ამინები;
3. ქრომატოგრაფიულ ფირფიტაზე ფლურამინის შესხურების შემდეგ ფირფიტას აშრობენ და შეაქვთ ულტრაიისფერ არეში (365 ნმ) – ამფეტამინები ყვითლად ფლუორესცირებენ, მეტამფეტამინები არ დეტექტირდებიან;
4. სიმონეს რეაქტივი: A- 20% ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი, B- 1% ნატრიუმის ნიტროპრუსიდის ხსნარი.ფირფიტას თანმიმდევრობით ამუშავებენ A და B

სითხეებით, აყოვნებენ აცეტალდეჰიდის ორთქლით გაჯერებულ კამერაში. მეტამფეტამინი იძლევა ინტენსიურ ცისფერ ლაქას, ხოლო ამფეტამინები კი ვარდისფერიდან წითელ ფერამდე;

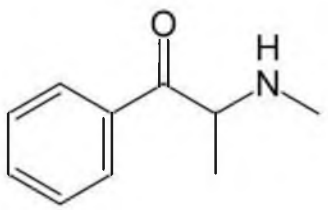
5. მარკის რეაქტივი იძლევა ლაქებს ნარინჯისფერიდან შავ ფერამდე;
6. დრაგენდორფის რეაქტივი მუნიეს მოდიფიკაციით იძლევა ნარინჯისფერ ლაქებს;
7. მჟავა კალიუმის იოდპლატინატიიძლევა იისფერ ლაქებს.

თფქ შედეგების დასადასტურებლად და რაოდენობრივი განსაზღვრის მიზნით იყენებენ ანალიზის მაღალეფექტურ სითხურ და გაზურ ქრომატოგრაფიულ მეთოდებს.

§5. ეფედრინი და ეფედრონი



ეფედრინი



ეფედრონი

ეფედრინს და მის იზომერს – ფსევდოეფედრინს შეიცავს ეფედრას ზოგიერთი სახეობა. *Ephedra procera*წარმოადგენს ეფედრინის მიღების ძირითად სამრეწველო ნედლეულს.მცენარეული ეფედრინი მარცხნივ მრუნავია, თუმცა მას ღებულობენ სინთეზურადაც, სინთეზის პროდუქტი მარჯვნივ მბრუნავი იზომერია. სამედიცინო პრაქტიკაში გამოიყენება ეფედრინის ჰიდროქლორიდი, როგორც სიმპატომიმეტური საშუალება, რომელიც მზადდება ხსნარების, ტაბლეტების, აეროზოლების და ა.შ. სხვადასხვა ფარმაცევტული ფორმის სახით.

<u>ეფედრინის მეტაბოლიზმი</u>

ეფედრინი სწრაფად შეიწოვება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან და გადადის სისხლში, საიდანაც მიეწოდება ღვიძლს, თირკმელებს, ფილტვებს, თავის ტვინს. ეფედრინის

მხოლოდ უმნიშვნელო რაოდენობა განიცდის ორგანიზმში მეტაბოლიზმს: N-დემეთილირებით ნორეფედრინამდე და ჟანგვითი დეზამინირებით შემდგომი კონიუგაციით მჟავურ ნაშთებთან. 24 საათის შემდეგ, დოზის დაახლოებით 30% გამოიყოფა შარდთან ერთად, ამასთან 55-75% გამოიყოფა უცვლელი სახით, 20% - ნორეფედრინის სახით.4-13% დეზამინირებული მეტაბოლიტების (ბენზოეს მჟავა, ჰიპურის მჟავა და 1-ფენილპროპან-1,2-დიოლის) სახით. მჟავა რეაქციის მქონე შარდში ეფედრინის გამოყოფა ნატიური ნაერთის სახით თანდათანობით იზრდება, ტუტე რეაქციის მქონე შარდში დოზის დაახლოებით 20-30% გამოიყოფა უცვლელი სახით და იზრდება ნორეფედრინის რაოდენობა.

ნარკომანებს შორის ეფედრინი ფართოდ გამოიყენება, როგორც ნედლეული ნარკოტიკული ნივთიერების ეფედრონის კუსტარული გზით მისაღებად.

ეფედრონის **მეტაბოლიზმი** ორგანიზმში მიმდინარეობს დეზალკილირების და დეზამინირების გზით, ეფედრონის ძირითადი მეტაბოლიტია ეფედრინი. ეფედრონის მიღებიდან 16 საათის განმავლობაში შარდში მჟღავნდება ნატიური ნივთიერება და ეფედ-რინი, რომლის რაოდენობა დროსთან დინამიკაში იზრდება. 16-დან 24 საათამდე შარდის ძირითადი კომპონენტია ეფედრინი, ხოლო ეფედრონი არის კვალის სახით. 24 საათის შემდეგ კი, შარდში არის მხოლოდ ეფედრინი.

<u>ეფედრინით მოწამვლის კლინიკა</u> – თავდაპირველად ხასიათდება უძილობით, თავბრუსხვევ-ვით, კიდურების ტრემორით, გაძლიერებული გულისცემით, არტერიული წნევის მომატე-ბით, არითმიით; შემდეგ ვითარდება გულის რევა, ღებინება, შარდის გამოყოფის გაძნელე-ბა, ცნს-ის აგზნება, მკვეთრი ფსიქიკური და მოძრაობითი მოუსვენრობა, ფილტვების შე-შუპება, სუნთქვის ცენტრის მომატებული აგზნებადობა და მისი გამოფიტვა.

<u>საკვლევი ობიექტებია</u>: სისხლი, შარდი, შინაგანი ორგანოები.

<u>იზოლირების მეთოდები</u>: ბიოლოგიური ობიექტებიდან ეფედრინის იზოლირებას ახდენენ ტუტე ხსნარებიდან pH 12 პირობებში ვასილიევას და სტას-ოტოს მეთოდით, შარდიდან იზოლირებისთვის იყენებენ ეთილის ეთერს ან ქლოროფორმს.

მიღებული ექსტრაქტში კვლევის ობიექტების იდენტიფიკაციის მიზნით მიმართავენ ანალიზის <u>თფქ მეთოდს</u>, რომლის პირობებიც მოცემულია ცხრილში 14.6.

ცხრილი 14.6. ეფედრინის და ეფედრონის თფქ ანალიზში გამოყენებული გამხსნელთა სისტემები და შესაბამისი*Rf*-ის მნიშვნელობები

№	**გამხსნელთა სისტემები**	***Rf***	
		ეფედრინი	ეფედრონი
1	ეთილაცეტატი-მეთანოლი-კონც. ამიაკი (85:10:5)	*0.25*	*0.65*
2	აცეტონი-ქლოროფორმი-დიოქსანი-კონც. ამიაკი (5:45:47.5:2.5)	*0.18*	*0.60*
3	ბენზოლი*-ეთანოლი-დიეთილამინი (90:10:10)	*0.20*	*0.78*
4	მეთანოლი-კონც. ამიაკი (100:1.5)	*0.15*	*0.65*

*** ბენზოლის მაღალი ტოკსიკურობის გამო, მისი გამოყენება სდება უკიდურესი საჭიროების შემთხვევაში!**

ქრომატოგრამის გამოსამჟღავნებლად გამოიყენება შემდეგი რეაქტივები:

1. ნინჰიდრინის 0.5% ხსნარი აცეტონში, რომელსაც აცხელებენ 60°C ტემპერატურაზე 10 წთ. ეფედრინი და ეფედრონი მჟღავნდებიან იისფერი ლაქების სახით;
2. დრაგნედორფის რეაქტივი, მუნიეს მოდიფიკაციით, ლაქების გოგირდმჟავას 20% ხნსარით შემდგომი დამუშავებისას მიიღება ნარინჯისფერი ლაქები.

თფქ-ს შედეგების დასადასტურებლად და რაოდენობრივი განსაზღვრის მიზნით იყენებენ ანალიზის მაღალეფექტურ სითხურ და გაზურ ქრომატოგრაფიულ მეთოდებს.

§5. ოპიუმი

არსებობს ოპიუმის რამდენიმე სახეობა:

1. **ოპიუმი ნედლეული** – წებოვანი, ფისის მაგვარი ყავისფერი, მცენარეული და თესლების ნარჩენების შემცველი მასა, რომელიც ადვილად ექვემდებარება ფორმის მიცემას. ხშირ შემთხვევაში შეფუთულია მცენარის მოზრდილ ფოთლებში, შემდეგ ქაღალდში, რომელიც არის მწარმოებელი ქვეყნის სავიზიტო ბარათი;

2. **დამუშავებული ოპიუმი** – გასუფთავებულ ოპიუმს ღებულებენ ექსტრაქციით და მისი შემდგომი გაფილტვრით, ფილტრატს აორთქლებენ მშრალ ნაშთამდე და ძირითადად იყენებენ მოსაწევად;
3. **ნარჩენი ოპიუმი** – მიიღება მოწევის პროდუქტებისგან, რადგან მოწევისას არ ხდება ოპიუმის ალკალოიდების მთლიანად გამოძევება, მასში კიდევ რჩება მორფინის საკმარისი რაოდენობა, რომელსაც შეურევენ ოპიუმ ნედლეულს და ისე იყენებენ;
4. **სამედიცინო ოპიუმი** – ღია ყავისფერი ფხვნილია, იხსნება წყალში, მასში მორფინი არის 9.5-10%. ზოგჯერ მას ურევენ სხვადასხვა ინდიფერენტულ შემავსებლებს: ლაქტოზას, სახამებელს. დღესდღეობით ოპიუმს ნატიური სახით აღარ იყენებენ. ოპიუმში შემავალი ალკალოიდები (დაახლოებით 25 წარმომადგენელი), არიან ფენანტრენის (მორფინი, კოდეინი, თებაინი) და იზოქინოლინის წარმოებულები (პაპავერინი, ნარკოტინი, ნარცეინი დასხვა). მორფინი ოპიუმში არის 3-23%, კოდეინი – 0.2-1.5%, თებაინი 0.15-1%, პაპავერინი 0.5-1%, ნარკოტინი 0.75-10%. ოპიუმის ნარკოტიკული ზემოქმედების ძალა დამოკიდებულია მასში მორფინის შემცველობაზე.

<u>**მორფინი**</u> ოპიუმის მთავარი ალკალოიდია, რომელიც წარმოადგენს თეთრ კრისტალურ ფხვნილს. ფუძე მორფინი ცუდად იხსნება წყალში, ეთანოლში და ქლოროფორმში. პრაქტიკულად უხსნადია ეთერში, ამიტომ მას იყენებენ მარილების (ქლორიდები, სულფატები) დაეთერების (აცეტატების, ტარტრატების) სახით.
მორფინს იღებენ შიგნით, კანქვეშ, ვენაში, ზოგჯერ სანთლების სახით. მისი ანალგეზიური მოქმედება მჟღავნდება ვენაში შეყვანიდან 20 წთ, კანქვეშ შეყვანიდან 60-90 წთ შემდეგ. მორფინის გამოყენებისას პირველყოვლისა ხდება სხვადასხვა წარმომავლობის ტკივილების დათრგუნვა, ქრება შიშის გრძნობა, ვითარდება ეიფორია.დოზის გადამეტება იწვევს სუნთქვის ცენტრის აგზნებადობის დაქვეითებას, ხდება მისი შენელება, შემდეგ სუნთქვის დათრგუნვა. წნევის დაცემასთან ერთად ირღვევა გულის მოქმედება, ადგილი აქვს კაპილარების დამბლას, გუგების მიოზი იცვლება გაფართოვებით, ეცემა სხეულის ტემპერატურა და შეიძლება განვითარდეს კომა. მორფინმა ძალიან სწრაფად (25-30 დღეში) შეიძლება გამოიწვიოს მისდამი პათოლოგიური ლტოლვა და მიჩვევა, დოზის გაზრდის მოთხოვნილება აქვს გამოხატული ეიფორიული და ტკივილგამაყუჩებელი ეფექტის შედეგად.

ქრონიკული მორფინიზმი იწვევს ავადმყოფის ზოგად ფსიქო-ფიზიოლოგიურ დეგრადაციას და სიკვდილს.

<u>მეტაბოლიზმი:</u> პარენტერალური გზით ორგანიზმში შეყვანის შემდეგ დოზის 90% გამოიყოფა შარდთან ერთად 24 საათის განმავლობაში. აქედან დოზის 10% თავისუფალი მორფინის, 65-79% გლუკურონიდების სახით, 1% ნორმორფინის სახით. მორფინის ექსკრეცია დამოკიდებულია შარდის pH-ზე. მჟავა არეში იზრდება თავისუფალი მორფინის გამოყოფა, ტუტე არეში კი – მორფინის გლუკურონიდების.

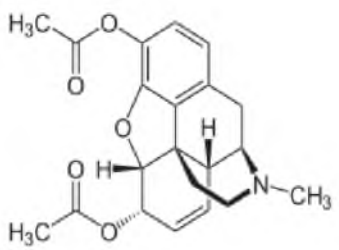
<u>მორფინის ლეტალური დოზაა</u> 200 მგ, მაგრამ ნარკომანები, რომლებიც დიდ დოზებს იყენებენ, რეზისტენტულები არიან და მათთვის მინიმალური ლეტალური დოზა 10-ჯერ და მეტჯერ აღემატება დასაშვებს.

მორფინის <u>კვლევის ობიექტებია</u> სისხლი, შარდი, ნაღველი, შინაგანი ორგანოები.

<u>იზოლირება</u>: მორფინის ბიოლოგიური მასალიდან გამოსაყოფად გამოიყენება მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია მის იზოლირებაზე მჟაუნმჟავით შემჟავებული ეთილის სპირტით, აგრეთვე მჟაუნმჟავით ან გოგირდმჟავით შემჟავებული წყლით. იმის გამო რომ, მორფინის ძირითადი მასა გვამის ორგანოებში იმყოფება გლუკურონიდების სახით, მორფინის გამოსაყოფად ორგანოებიდან, შარდის და ნაღვლისგან, დამატებით ატარებენ გლუკურონიდის ქლორწყალბადმჟავა ჰიდროლიზს.

§6. ჰეროინი

(დიამორფინი, აცეტილმორფინი, დიაცეტილმორფინი)



ჰეროინი

<u>ფიზიკური თვისებები:</u> - თეთრი, უსუნო, მწარე გემოს მქონე კრისტალური ფხვნილია. ტუტე არეში სწრაფად განიცდის ჰიდროლიზს, ცუდად იხსნება წყალში 1 : 1700 და დიეთილის ეთერში – 1 : 100. ქლოროფორმში იხსნება 1 : 1.5, ეთანოლში კი 1 : 31.

ნარკოტიკული მიზნით იყენებენ მარილს – დიაცეტილმორფინის ჰიდროქლორიდის სახით. იგი თეთრი ან ღია მოყავისფრო ფხვნილია, რომელიც იხსნება წყალში 1:6, ეთანოლში 1:12, ქლოროფორმში,პრაქტიკულად უხსნადია ეთერში. ჰეროინს ღებულობენ მორფინის აცეტილირებით. მინარევის სახით შეიცავს 6-მამ (6-მონოაცეტილმორფინს). ჰეროინი მორფინთან შედარებით 2-3-ჯერ უფრო ტოქსიკურია, მიჩვევა ყალიბდება ძალიან

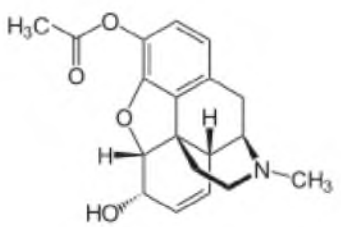
სწრაფად. ჰეროინის მომხმარებლები,თვით ნარკომანებს შორის მიიჩნევა უიმედო ავადმყოფებად. ისინი იშვიათად და ძნელად ექვემდებარებიან შესაბამისი თერაპიის შედეგად განკურნებას.

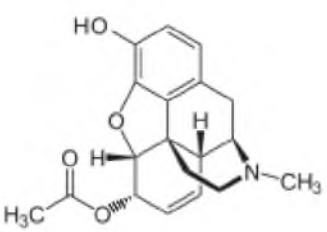
ჰეროინის ორგანიზმში პერორალურად და ინექციით შეყვანისას ადგილი აქვს ჰეროინის სრულ აბსორბციას. იგი სწრაფად მეტაბოლიზირდება სისხლში (10 წთ-ის შემდეგ) 6-მამ (6-მონოაცეტილმორფინის) წარმოქმნით და უფრო ნელა მორფინის წარმოქმნით, რომელიც ძირითადი მეტაბოლიტია. ჰეროინი და მეტაბოლიტები გამოიყოფიან შარდთან ერთად გლუკურონიდების სახით. დოზის 80% განიცდის ექსკრეციას პირველი 24სთ-ის განმავლობაში, დიდი ნაწილი მორფინ-3-გლუკურონიდის სახით, 5-7% თავისუფალი მორფინის სახით, 1% 6-მამ-ის, ხოლო 0.1 % ჰეროინის სახით.

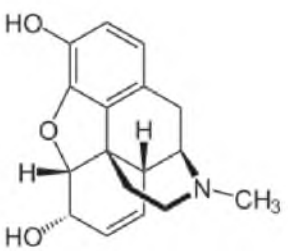
აღნიშნულიდანგამომდინარე ჰეროინის იდენტიფიკაციის რეაციები პრაქტიკულად დაყვანილია მორფინის აღმოჩენამდე. ჰეროინი ადამიანის ორგანიზმზე ტოქსიკური მოქმედების, მისით მოწამვლის შემთხვევების და ნარკოტიკული მოქმედების გათვალის-წინებით, წარმოადგენს სასამართლო-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ობიექტს.

თუ ჰეროინის აღმოჩენა ფხვნილებში, ხსნარებში, გრანულებში არ არის სიძნელებთან დაკავშირებული, გვამის ორგანოებსა და ბიოლოგიურ სითხეებში მისი აღმოჩენა არ იძლევა ყოველთვის სარწმუნო შედეგებსჰეროინი რთული ეთერია და ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ, იმყოფება ფერმენტების მოქმედების ქვეშ, განიცდის ჰიდროლიზს მორფინისა და ძმარმჟავას წარმოქმნით. ჰეროინის ის ნაწილი, რომელმაც ორგანოებში და ბიოლოგიურ სითხეებში არ განიცადა ბიოტრანსფორმაცია, შეიძლება მეტაბოლიზმი განიცადოს ობიექტიდან გამოყოფის პროცესში იმ მჟავეების მოქმედებით, რომლითაც ხდება წყლის ან ეთილის სპირტის შემჟავება ნივთიერების იზოლირების მიზნით. ამიტომ ექსპერტმა შეიძლება ჰეროინი ვერ აღმოაჩინოს ბიოლოგიური მასალის გამოწვლილვის დროს ან იპოვოს მხოლოდ კვალი.

ჰეროინის ძირითადი მეტაბოლიტებია







3მამ – 3-მონოაცეტილმორფინი 6მამ – 6-მონოაცეტილმორფინი მორფინი

იზოლირებისთვის იყენებენ ვასილიევას და სტას-ოტოს მეთოდებს.

ჰეროინის აღმოჩენა თფქ მეთოდით ხდებასილიკაგელის ფირფიტებზე (იხ. ცხრილი 14.7):

ცხრილი 14.7. ჰეროინის თფქ ანალიზში გამოყენებული გამხსნელთა სისტემები და შესაბამისი *Rf*-ის მნიშვნელობები

№	**გამხსნელთა სისტემები**	**ჰეროინის *Rf***
1	მეთანოლი-კონც. ამიაკი (100 : 1.5)	*0.47*
2	ჰექსანი-ტოლუოლი-დიეთილამინი – (75 : 15 : 10)	*0.15*
3	ქლოროფორმი-მეთანოლი – (9 : 1)	*0.38*

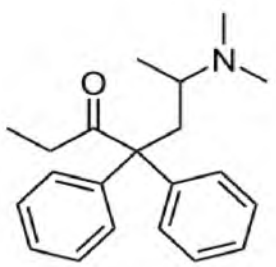
<u>დეტექტირება:</u> ქრომატოგრამების გამოსამჟღავნებლად გამოიყენება:

1. დრაგენდორფის რეაქტივი, მოდიფიცირებული მუნიეს მიხედვით, შემდეგ 20% გოგირდმჟავას ხსნარით – ნატიური ნივთიერება იღებება ნარინჯისფრად;
2. მანდელინის რეაქტივი – ჰეროინის აღმოჩენა ხდება იისფერი ლაქების სახით;
3. მარკის რეაქტივი – ჰეროინი იღებება იისფრად;

   ობიექტებში ჰეროინის აღმოსაჩენად იყენებენ თფქ, ულტრაიისფერ და ინფრაწითელ სპექტროსკოპიას, არსებობს აგრეთვე 6-მამ-ის სისხლში განსაზღვრის ქრომატო – მას-სპექტრომეტრიული და მაღალეფექტური სითხოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდები.

§7. მეტადონი

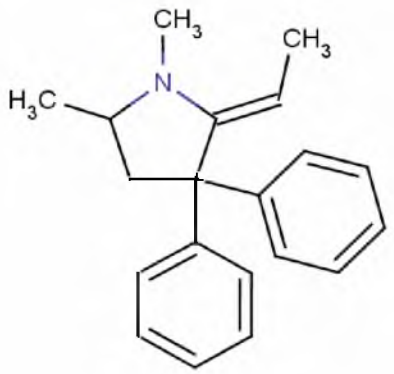
(დოლოფინი, ეპტადონი, ფენადონი, ამიდონი, მეფენონი)



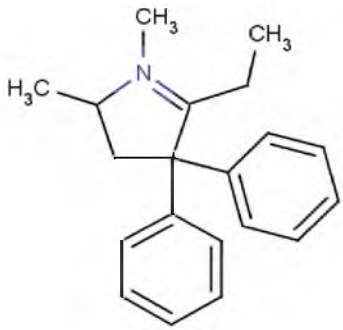
სამედიცინო პრეაქტიკაში გამოიყენება ნარკოტიკულ ანალგეტიკად სუსპენზიის, შუშხუნა ტაბლეტების და ტაბლეტების სახით.მოწამვლების დროს მეტადონის მაქსიმალურ კონცენტრაციას ადგილი აქვს

მეტადონი – 6-დიმეთილამინო-4-4-დიფენილჰეპტან-3-ონი

მეტაბოლიზმის ძირითადი მიმართულებაა: N-დემეთილირება მოლეკულების შემდგომი ციკლიზაციით.ცნობილია 8 ძირითადი მეტაბოლიტი,რომელთაგან ორია მთავარი: **ედდპ** (2-ეთილენ-1,5-დიმეთილ – 3,3-დიფენილპიროლიდინი) და **ემდპ** – (ეთილმეთილ-დიფენილპიროლონი).



ედდპ (2-ეთილიდენ-1,5-დიმეთილ-3,3-დიფენილპიროლიდინი)



ემდპ (2-ეთილ-5-მეთილ-3,3-დიფენილპიროლიდინი)

მეტადონის დოზის დაახლოებით 20-60% გამოიყოფა შარდით 24 საათის შემდეგ: აქედან 33% უცვლელი, 43% ედდპ და 5% ემდპ სახით. შარდის მჟავე pH-ის დროს იზრდება მეტადონის გამოყოფა ნატიური-უცვლელი სახით.მეტადონის მინიმალური **ლეტალური დოზა** არის 50 მგ/მლ, მაგრამ ზოგიერთი ქრონიკული ნარკომანი უძლებს 200 მგ/მლ და მეტ დოზასაც კი.

<u>ფიზიკური თვისებები</u>: თეთრი კრისტალური ნივთიერება.იხსნება ქლოროფორმში, წყალში 1 : 12, ეთანოლში 1 : 7, არ იხსნება ეთერში.

<u>აღმოაჩენენ</u>თფქ მეთოდით სილიკაგელის ფირფიტების გამოყენებით:

მეტადონის კვლევის **ძირითადი ობიექტებია** შარდი, პლაზმა, სისხლი და შინაგანი ორგანოები. იდენტიფიკაციის მიზნით ძირითადად გამოიყენება თხელფენოვანი, მაღალეფექტური სითხური და გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიული მეთოდები.ცხრილ14.8-ში მოცემული არის მეტადონის თფქ პირობები.

ცხრილი 14.8. მეტადონის თფქ ანალიზში გამოყენებული გამხსნელთა სისტემები და *Rf*-ის მნიშვნელობები

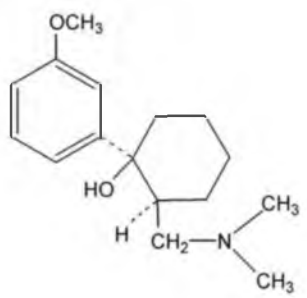
№	**გამხსნელთა სისტემები**	**მეტადონის *Rf***
1	მეთანოლი-კონც. ამიაკი (100 : 1.5)	*0.48*
2	ჰექსანი-ტოლუოლი-დიეთილამინი (75 : 15 : 10)	*0.61*
3	ქლოროფორმი-მეთანოლი (9 : 1)	*0.20*

დეტექტირება - ქრომატოგრამებს ამჟღავნებენ:

1. მუნიეს მიერ მოდიფიცირებული დრაგენდორფის რეაქტივით, შემდეგ ამუშავებენ 20% გოგირდმჟავას ხსნარით; ნატიური ნივთიერება იფერება ნარინჯისფრად;
2. მანდელინის რეაქტივი - მეტადონი მჟღავნდება მომწავნო-ცისფერი ლაქების სახით;
3. მჟავა კალიუმის იოდპლატინატით – იისფერი ლაქა

თფქ გამოკვლევის შედეგების დასადასტურებლად იყენებენ მაღალეფექტურ სითხურ ქრომატოგრაფიას, ხოლო გაზურ ქრომატოგრაფიას ძირითადი მეტაბოლიტების ანალიზის მიზნით.

§8. ტრამადოლი



ტრამადოლი

(ტრამადოლის ჰიდროქლორიდი)

საქართველოს კანონმდებლობით ტრამალი მიეკუთვენება სამედიცინო მიზნით ნებადართულ ნარკოტიკულ ანალგეტიკებს. გამოიყენება, როგორც ტკივილგამაყუჩებელი საშუალება საშუალო და ძლიერი ტკივილების დროს, როგორც პერორალურად ასევე პარენტერალურად.

ტრამალის ქიმიური სახელწოდებაა – 2 დიმეთილ-ამინოფენილ-1-(3-მეტოქსიფენილ)-ციკლოჰექსანოლი.

<u>ფიზიკური თვისებები</u> – თეთრი კრისტალური ფხვნილი, რომელიც კარგად იხსნება წყალში.

მეტაბოლიზმი: მეტაბოლიზმის ძირითად გზას წარმოადგენს O- და N- დემეთილირება, გლუკურონიდების და სულფატების შემდგომი წარმოქმნით. ძირითადი მეტაბოლიტებია O-მონოდეზმეთილტრამადოლი მისი კონიუგატი და N–მონოდეზმეთილტრამადოლი.O-მონოდეზმეთილტრამადოლი აქტიური მეტაბოლიტია და აქვს უფრო ძლიერი ანალგეზიური ეფექტი ვიდრე საწყის პრეპარატს. პერორალურად მიღებული დოზის 90% გამოიყოფა შარდთან ერთად 3 დღის განმავლობაში, აქედან 30% ნატიური სახით. იდენტიფიკაციის მიზნით ატარებენ თფქ ანალიზს, რომლის პირობებიც მოცემულია ცხრილში 14.9.

ცხრილი 14.9. ტრამადოლის თფქ ანალიზში გამოყენებული გამსხნელთა სისტემები და შესაბამისი *Rf*-ის მნიშვნელობები

№	**გამხსნელთა სისტემები**	**ტრამადოლის *Rf***
1	მეთანოლი – აცეტონი – ფორმიატის მჟავა (50 : 50 : 1)	*0.4*
2	ეთანოლი – წყალი – კონც. ამიაკი (9 : 1 : 0.05)	*0.42*

დეტექტირება ხდება შემდეგი აღმომჩენი რეაქტივების გამოყენებით:

1. დრაგენდორფის რეაქტივი, მუნიეს მიერ მოდიფიცირებული, შემდეგ 20% გოგირმჟავას ხსნარი, წარმოიქმნება მოწითალო-ნარინჯისფერი ლაქა;
2. იოდის ორთქლი – ნივთიერების გამომჟღავნება ხდება ყავისფერი ლაქების სახით.

ტრამადოლის ბიოლოგიურ მასალაში არსებობის დადასტურების მიზნით გამოიყენება ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სპექტრომეტრია.

§9. ბუპრენორფინი

ბუპრენორფინი ბრენდული სახელწოდებით სუბუტექსი 1980 წლიდან არის ფარმაცევტულ ბაზარზე, მისი ქიმიური სახელწოდებაა – 17- (ციკლოპროპილმეთილ)-7,8-დიჰიდრო-7-[(1S)-2-ჰიდროქსი-3,3-დიმეთილბუთილ-2] 6-მეტოქსი-O-მეთილ-6,14-ეთანო-17-ნორმორფინის ჰიდროქლორიდი. იგი წარმოადგენს ნახევრადსინთეზურ ოპიოიდს,

რომელიც მიიღება ოპიუმის ალკალოიდ თებაინისგან. სტრუქტურითა და მოქმედების მექანიზმით ნალბუფინის მსგავსია.

შუბუტექსი ოპიატ-რეცეპტორების, კერძოდ კი მიუ-რეცეპტორების ნაწილობრივი აგონისტი და კაპას-ანტაგონისტია. რეპარატს ახასიათებს ეიფორია, ტკივილის გაყუჩება, წამალზე დამოკიდებულების განვითარება და სუნთქვისცენტრის დათრგუნვა, თუმცა ეს უკანასკნელი პრეპარატის მიღებიდან მოგვიანებით ვითარდება და შედარებით სუსტია.

ძოგადად სუბუტექსი ნარკოტიკია და ნარკოტიკისათვის დამახასიათებელ ყველა მავნე ზეგავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე.

ბუპრენორფინის სინონიმებია: ანფინი, ბუპრანალი, ნორფინი, ანფინი, ბუპრენალი, ბუპრენექსი, ბუპრექსი, ლეპეტანი, ნორფინი, ტემგეზიკი და სხვ., ხოლო ჟარგონული სახელწოდებაა: ბუპრე.

ზოგიერთ ქვეყანაში (საფრანგეთი, პორტუგალია, ლუქსემბურგი) სუბუტექსი გამოიყენება ოპიატური ნარკომანიის ჩანაცვლებითი თერაპიის პროგრამაში. მიიჩნევა, რომ იგი უფრო უსაფრთხო ჩამნაცვლებელია ვიდრე მეტადონი, თუმცა ერთ-ერთი შემაფერხებელი ფაქტორი მისი ჩანაცვლებით თერაპიაში უფრო ფართოდ გამოყენებისა არის პროდუქტის ფასი, რომელიც 10-ჯერ უფრო ძვირია ვიდრე მეტადონისა. არის აგრეთვე სხვა მოსაზრებები და არგუმენტები, რომლის თანახმადაც ბუპრენორფინი ინტენსიურად არ გამოიყენება ჩანაცვლებითი თერაპიის პროგრამაში.

ფიზიკური თვისებები – ბუპრენორფინი თეთრი კრისტალური ფხვნილია, ფუძის სახით ძნელად იხსნება წყალში, კარგად – სპირტში და ქლოროფორმში.

ბუპრენორფინის მეტაბოლიზმი მიმდინარეობს ღვიძლში და გარდაიქმნება ნორბუპრენორფინად (N - დეალკილირებით). ბუპრენორფინისა და ნორბუპრენორფინის გლუკურონიდები ექსკრეციას განიცდიან ძირითადად ნაღველთან ერთად. ბუპრენორფინის ნახევარელიმინაციის პერიოდი არის 20-73 სთ (საშუალოდ 37 სთ) და ვინაიდან პრეპარატის ელიმინაცია ძირითადად ხდება ღვიძლისმიერი გზით, არ არის დოზის გადაჭარბების საშიშროება თირკმლის უკმარისობის მქონე პაციენტებში.

ბუპრენორფინის ძირითადი მეტაბოლიტი ნორბუპრენორფინი არის მიუ-, დელტა და ნიციცეპტური რეცეპტორების სრული აგონისტი, აგრეთვე კაპპა-ოპიოიდ რეცეპტორრების ნაწილობრივი აგონისტი. აღნიშნულიდან გამომდინარე ბუპრენორფინი იქნება მათი ანტაგონისტი.

იდენტიფიკაციის მიზნით ატარებენ თფქ ანალიზს, რომლის პირობებიც მოცემულია ცხრილში 14.10.

ცხრილი 14.10. ბუპრენორფინის თფქ ანალიზში გამოყენებული გამხსნელთა სისტემები და შესაბამისი *Rf*-ის მნიშვნელობები

№	**გამხსნელთა სისტემები**	**ბუპრენორფინი*Rf***
1	ქლოროფორმი - მეთანოლი (90 : 10)	*0.68*
2	მეთანოლი - კონც. ამიაკი (100 : 1.5)	*0.76*
3	ციკლოჰექსანი – ტოლუოლი – დიეთილამინი (75 : 15 : 10)	*0.09*

დეტექტირება მარკის რეაქტივით-იისფერი

ბუპრენორფინის იდენტიფიკაციისთვის აგრეთვე იყენებენ სპექტრალური ანალიზის მეთოდებს:

1. სპექტროფოტომეტრიას ულტრაიისფერ უბანში - წყლიან ხსნარში შთანთქმის მაქსიმუმის მნიშვნელობაა 286 ნმ ტალღაზე, ტუტიან ხსნარებში – 300 და 276 ნმ.

2. ინფრაწითელი სპექტრომეტრიას - შთანთქმის პიკების მახასიათებელი მნიშვნელობები 1077, 1320, 1503, 1115, 1120, 947.

3. მას-სპექტრომეტრიას - m/z=55, 378, 43, 29, 57, 410, 379, 87.

ბუპრენორფინის თვისობრივი და რაოდენობრივი განსაზღვრის მეთოდები:

თვისებითი ფერადი რეაქციებია: მარკის რეაქტივთან - იისფერი შეფერილობა; ლიბერმანის რეაქტივთან - მოშავო შეფერილობა; ფრედეს რეაქტივთან - იისფერი შეფერილობა და რკინის (III) ქლორიდთან (10%-იანი წყლიანი ხსნარი) - მუქი ცისფერი შეფერილობა.
მაღალეფექტური სითხური და გაზური ქრომატოგრაფია გამოიყენება, როგორც თვისობრივი ასევე რაოდენობრივი ანალიზის მიზნით:

ანალიზური მეთოდი - **მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფია:**

სვეტი - C18 150 მმ × 4.6 მმ ან PFP 250 მმ × 4.6 მმ

დეტექტორი – ულტრაიისფერი, 280 ნმ ტალღაზე.

მოძრავი ფაზა: მეთანოლი : ამონიუმის აცეტატის ბუფერი (55/45)

ნაკადის სიჩქარე: 0.5 მლ/წთ

გაზური ქრომატოგრაფია:

სვეტი: DB-5ms, 30მ × 0.53 მმ ID

ტემპერატურული რეჟიმი: 40°C-დან 200°C-მდე, 40°C/წთ სიჩქარით (დაყოვნება 0 წთ)

200°C-დან 260°C-მდე 5°C/წთ სიჩქარით (დაყოვნება 18 წთ)

დეტექტორი – მას სპექტრომეტრი

დეტექტორის ტემპერატურა: 325°C

ინჟექტორი: "coolon-column"*სისტემა.

აღწერილი მეთოდები გამოიყენება ბუპრენორფინის არსებობის დასადასტურებლად და რაოდენობრივი განსაზღვრის მიზნით სხვადასხვა წარმოშობის ობიექტებში.

***cool on-column –ეს არის სისტემა, რომელიც საშუალებას იძლევა სვეტში შევიდეს სინჯი მცირე მოცულობებით.**

საქართველოში 2004 წლის ბოლოს ნარკოლოგიის სამეცნიერო ინსტიტუტის მონაცემთა ბაზაში რეგისტრირებული იყო 24.000 პირი, მათ შორის 14.400 ოპიოიდების ინექციური მომხმარებელი, ანუ პრობლემური მომხმარებელი. თუმცა ექსპერტული მონაცემებით ქვეყანაში მომხმარებლებისა და ნარკომანების რაოდენობა უფრო მეტია. საექსპერტო შეფასებით საუბარია 200-240 ათას ნარკომომხმარებელზე, რომელთა შორის 80 ათასი პრობლემური მომხმარებელია. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ აშშ-ს სახელმწიფო დეპარტამენტის ცნობით, საქართველოში 2004 წელს 275 ათასი მომხმარებელი იყო. მომხმარებელთა ასეთი მკვეთრი ზრდა წინა წლებთან შედარებით განაპირობა ბაზარზე სუბოტექსის შემოსვლამ.

“ნარკომანიის სასამართლო-ქიმიური ასპექტები” *თავში მოყვანილია ყველაზე მეტად გავრცელებული და შესწავლილი ნარკოტიკული თუ ფსიქოტროპული საშუალებების მოკლე მიმოხილვა, რაც სტუდენტს საშუალებას აძლევს ჰქონდეს ზოგადი წარმოდგენა მათ შესახებ.*

ნარკოტიკული და ფსიქოტროპული საშუალებების ანალიზის თანამედროვე, მაღალმგრძნობიარე, სელექციური და კვლავწარმოებადი ანალიზის მეთოდების არსებობა საშუალებას იძლევა აღმოჩენილი იქნეს ამ ნივთიერებების უმნიშვნელო რაოდენობებიც კი ნებისმიერ ბიოლოგიურ მასალაში.

ნაწილი III

ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ასპექტები

თავი 15.

შესავალი

ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი

§1. გამაბრუებელი საშუალებები

უკანასკნელ ხანებში საზღვარგარეთ და ჩვენს ქვეყანაში ფართოდ გავრცელდა ნარკომანია და ტოქსიკომანია. თამბაქოსა და ალკოჰოლის გარდა თანამედროვე ადამიანი ღებულობს ფსიქიკაზე მოქმედ სხვა მრავალ ნივთიერებებს, რომელთა რაოდენობა განუწყვეტლივ იზრდება.

სამედიცინო თვალსაზრისით ნარკომანია და ტოქსიკომანია განიხილება როგორც ადამიანის მიერ ზოგიერთი ქიმიური ნივთიერების მიღებით <u>გამოწვეული დაავადება</u> – ადამიანს უვითარდება ქიმიურ ნივთიერებებზე ფსიქიკური დამოკიდებულება - მოთხოვნილება მუდმივად ან პერიოდულად მიიღოს გამაბრუებელი საშუალება სასიამოვნო ფსიქიკური შეგრძნების გამოსაწვევად ან პირიქით უსიამოვნო განწყობის თავიდან ასაცილებლად.

<u>**ფსიქიკური დამოკიდებულება**</u> – ეს არის მდგომარეობა, როდესაც ნარკოტიკი (გამაბრუებელი საშუალება) იწვევს სასიამოვნო შეგრძნებას და რომელიც თხოულობს მის პერიოდულ ან მუდმივ მიღებას სიამოვნების მისაღებად ან უსიამოვნო ფსიქიკური შეგრძნების თავიდან ასაცილებლად.

<u>**ფიზიკური დამოკიდებულება**</u> – ეს არის ორგანიზმის ადაპტაცია, რომელიც მჟღავნდება ძლიერი ფიზიკური დარღვევებით, როდესაც ადამიანი ნარკოტიკს აღარ იღებს. დარღვევა, კერძოდ კი <u>**აბსტინენციის სინდრომი**</u>, შედგება განსაზღვრული ფსიქიკური და ფიზიკური ხასიათის მრავალი სიმპტომისა და ნიშნისაგან, რომლიც დამახასიათებელია ნარკოტიკის თითოეული სახეობისათვის.

გამაბრუებელი საშუალებებს ყოფენ ორ ჯგუფად:

ა) ნარკოტიკული საშუალებები და

ბ) ტოქსიკომანური საშუალებები, მათ შორის საშუალებები, რომლებიც იწვევენ წამლის მიერ დამოკიდებულებას.

ტერმინი "ნარკოტიკული საშუალება" მოიცავს სამ კრიტერიუმს: **სამედიცინოს, სოციალურს** და **იურიდიულს**. ისინი ურთიერკავშირში არიან. <u>სამართლებრივ ასპექტში</u> ნივთიერება ნარკოტიკულად ითვლება მხოლოდ ამ სამი კრიტე-

რიუმის ერთობლიობის შემთხვევაში, კერძოდ: – სამედიცინო, თუ აღნიშნული საშუალება ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე ახდენს ზემოქმედებას, რაც განაპირობებს მის არასამედიცინო მიზნებით გამოყენებას; – სოციალური, თუ მისი არასამედიცინო მიზნით გამოყენება ღებულობს სოციალურ მნიშვნელობას და – იურიდიული, თუ, ზემოხსენებული ორი კრიტერიუმიდან გამომდინარე, ქვეყნის ჯანდაცვის სამინისტრო ამ საშუალებას აღიარებს ნარკოტიკულად და შეიტანს ნარკოტიკული საშუალებების სიაში.

ერთ-ერთი კრიტერიუმის არ არსებობისას გამაბრუებელ საშუალებას აკუთვნებენ საშუალებებს, რომლებიც იწვევენ ტოქსიკომანიას ანუ წამლის მიერ დამოკიდებულებას.

კონტროლის ქვეშ მყოფ ჯგუფზე ამა თუ იმ ფსიქოტროპული საშუალების მიკუთვნება ყოველი ქვეყნის ჯანდაცვის სამინისტროს პრეროგატივაა და განისაზღვრება ნივთიერებების შესაბამისი ჩამონათვალით.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციასთან არსებული ნარკოტიკების გამოყენებაზე კონტროლის კომიტეტის რეკომენდაციით მუდმივი კონტროლი უნდა ხორციელდებოდეს შემდეგ ფსიქოტროპულ საშუალებებზე: ოპიატებზე, კანაბინოიდებზე, მეტაკვალონზე, ამფეტამინზე და მის წარმოებულებზე, კოკაინზე, 1,4-ბენზოდიაზეპინის და ბარბიტურის მჟავას წარმოებულებზე, ფენციკლიდინსა და სხვა ჰალუცინოგენებზე (იხ. ცხრილი 15.1).

ცხრილი 15.1. ნარკოტიკული და გამაბრუებელი საშუალებები, რომლებიც არიან ბოროტად გამოყენების საგანი (ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის კლასიფიკაციით)

ნარკოტიკის სახეობა	ფსიქიკური დამოკიდებულება	ფიზიკური დამოკიდებულება	ტოლერანტობა
ალკოჰოლი	სუსტი აშკარად გამოხატულობამდე	სუსტი აშკარად გამოხატულობამდე	საშუალო
ბარბიტურატები და ზოგიერთი სხვა დამაწყნარებელი საშუალებები	"—"	"—"	მნიშვნელოვანი
ოპიატები	ზომიერი აშკარად გამოხატული	მკვეთრად გამოხატული	მკვეთრად გამოხატული
კოკაინი	სუსტი აშკარად გამოხატული	არა აქვს	არა აქვს

ამფეტამინი და ზოგიერთი სხვა სტიმულატორები	"—"	უმნიშვნელო ან არა აქვს	მკვეთრად გამოხატული
კატი (აბისინური ჩაი)	სუსტი, ზომიერად გამოხატული	"—"	უმნიშვნელო ან არა აქვს
ჰალუცინოგენი (LSD)	"—"	არა აქვს	შეიძლება იყოს აშკარად გამოხატული ზოგიერთ აგენტებთან
კანაბისი (მარიხუანა, ჰაშიში)	სუსტი, ზომიერად გამოხატული	უმნიშვნელო ან არა აქვს	შესაძლოა დიდ დოზებში
აქროლადი გამხსნელები (შესასუნთქი)	"—"	"—"	საშუალო განსაზღვრულ აგენტებთან

§2. გამაბრუებელი საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის თავისებურებანი

ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ანალიზი ხასიათდება ზოგიერთი სპეციფიკური თავისებურებებით და განსხვავდება როგორც საკუთრივ სასამართლო-ქიმიური, ასევე მწვავე მოწამვლების კლინიკური ანალიზისაგან.

მისი მიზანია დადგენილი იქნეს ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალების არსებობის ფაქტი მდგომარეობის სიმძიმისგან ანუ აღმოჩენილი ნივთიერების რაოდენობისაგან დამოუკიდებლად.

ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ანალიზში არსებობს ორი ძირითადი მიმართულება: **<u>სასამართლო-სამართლებრივი</u>** (არსებობის, გამოყენების ფაქტის დადგენა) და **<u>კლინიკური</u>** (მკურნალობა, რეაბილიტაცია, დიაგნოსტიკა).

მეთოდები, რომლებიც გამოიყენება ნარკოტიკული საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში მრავალგვარია. სასამართლო-სამართლებრივ მიმართულებაში ნივთიერების ანალიზი მიმდინარეობს მინიმუმ ორი მეთოდით, ამასთან, ერთ-ერთი მეთოდი გამოიყენება <u>წინასწარი</u> გამოკვლევისათვის, მეორე <u>დამადასტურებელი</u> გამოკვლევისათვის.

ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ანალიზის სპეციფიკიდან გამომდინარე (გამოყენების ფაქტის დამალვა, სინჯის ფალსიფიცირება და

სხვა) მის მეთოდოლოგიას საფუძვლად უდევს სკრინინგის მეთოდი, რომელიც გამოიყენება ე.წ. "არამიმართული" ანუ უცნობი ნივთიერების ანალიზის დროს.

<u>**სკრინინგის პირველი ეტაპი**</u> მიზნად ისახავს ცრუუარყოფითი შედეგების უმცირესი რაოდენობის მიღებას. მაგალითად, ბიოლოგიური სითხეების ანალიზის დროს საერთოდ უარყოფითი შედეგი მიუთითებს შემდეგზე:

1) გამოსაკვლევი პიროვნება არასდროს არ იყენებდა ნარკოტიკს;
2) გამოსაკვლევი პირი ნარკოტიკს ღებულობს პერიოდულად – არარეგულარულად, მაგრამ ბოლო ხანებში არ გამოუყენებია;
3) იცის რა, რომ ჩაუტარდება გამოკვლევა გამოსაკვლევმა პირმა შეწყვიტა ნარკოტიკის გამოყენება იმისათვის, რომ მიღებული იქნეს უარყოფითი პასუხი;
4) გამოსაკვლევმა პირმა განაზავა ნიმუში სინჯის აღების დროს, სინჯის აღებამდე დალია დიდი რაოდენობით სითხე ან შარდმდენი საშუალება;
5) გამოსაკვლევმა პირმა შეცვალა სინჯი თან მოტანილი ბიოლოგიური სითხით.

აქედან გამომდინარეობს, რომ ცრუუარყოფითი შედეგის მიღება დაკავშირებულია:

ა) გამოყენებული მეთოდის არასაკმარის მგრძნობელობაზე;
ბ) სინჯის წინასზარგანზრახულ ფალსიფიცირებაზე და ა.შ.;
გ) ექსპერტის არასაკმარის (დაბალ) კვალიფიკაციაზე;
დ) გამოკვლევის <u>სისტემატურ</u> ცდომილებაზე.

<u>**სკრინინგის მეორე ეტაპი**</u> მდგომარეობს ცრუდადებითი შედეგების აცილებაში.

დადებითი შედეგი საერთოდ მიუთითებს, რომ გამოსაკვლევი პირი ღებულობს ნარკოტიკს:

1) მუდმივად;
2) პერიოდულად;
3) ექიმის რეცეპტით ან დამოუკიდებლად;
4) აღმოსაჩენი წინასწარი კვლევის მეთოდები ნაკლებად საიმედოა.

ცრუდადებითი შედეგები (ალბათობა 10-15%) განპირობებულია:

ა) მეთოდის არასაკმარისი სპეციფიკურობით ჯვარედინი რეაქციების ხარჯზე;
ბ) ექსპერტის სუსტი პროფესიონალური მომზადებით;
გ) სისტემატური ცდომილებებით;
დ) ჭუჭყიანი რეაგენტებით;
ე) შრომის ცუდი ორგანიზაციით;

ვ) მოუწესრიგებელი და უხარისხო დოკუმენტაციით.

ასე მაგალითად, თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდით ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების იდენტიფიკაცია გაძნელებულია ბიოსინჯში თამბაქოს წევის პროდუქტების (ნიკოტინი და მისი მეტაბოლიტები) არსებობით; ყავის, ჩაის, კაკაოს, სხვა სამკურნალო საშუალებების გამოყენებით.

გამაბრუებელი საშუალებების ანალიზი მოიცავს შემდეგ ძირითად ეტაპებს: <u>სინჯის შერჩევა, სინჯის მომზადება, ანალიზის მეთოდის შერჩევა და საკუთრივ ანალიზი, შედეგების დამუშავება და გაცემა (მიღებული შედეგების ინტერპრეტაცია).</u>

სკრინინგის საშუალებით მიღებული ანალიზის შედეგების სიამედობა განისაზღვრება:

1. ორგანიზაციული ღონისძიებების (სინჯის შერჩევა, შენახვა, ხელსაწყოების მუშაობაზე, რეაგენტების სისუფთავეზე მუდმივი კონტროლი და სხვა) სისწორით;
2. გამოყენებული მეთოდების მგრძნობელობით და სპეციფიკურობით;
3. ნივთიერების ბუნების, ორგანიზმში შეყვანის ხერხების, ორგანიზმში განაწილების, მეტაბოლიზმის ხარისხის, გამოყოფის გზების, აგრეთვე ორგანიზმის ინდივიდუალური თავისებურების ცოდნით.

სკრინინგისათვის ანალიზის მეთოდების შერჩევა განისაზღვრება ანალიზის მიზნებით – მიღებული იქნეს მინიმუმი უარყოფითი და მაქსიმუმი დადებითი შედეგები – და დაკავშირებულია ანალიზის ისეთ მთავარ პარამეტრებთან, როგორიცაა მგრძნობელობა და სპეციფიკურობა, რადგან ამ პარამეტრებით განისაზღვრება შესაბამისად ცრუუარყოფითი და ცრუდადებითი შედეგების არსებობა.

ანალიზური მეთოდის <u>მგრძნობელობა</u> განისაზღვრება ნივთიერების იმ უმცირესი რაოდენობით, რომელიც უეჭველად განისაზღვრება მოცემული ტექნიკის პირობებში.

დაბალი მგრძნობელობის მეთოდის შერჩევის გამო შეიძლება ვერ აღმოვაჩინოთ საძებნი ნივთიერება (ცრუუარყოფითი შედეგი). ამ პოზიციიდანაც წინასწარი კვლევის მეთოდების მგრძნობელობას დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან უარყოფითი შედეგების შემთხვევაში, შემდგომ გამოკვლევას აღარ აწარმოებენ (შედეგს აქვს უარყოფითი სასამართლო-სამედიცინო მნიშვნელობა). თუ მეთოდი

ძალიან მაღალი მგრძნობელობისაა, მაშინ შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს ნარკოტიკული საშუალება გამოყენებიდან რამდენიმე დღის ან კვირის შემდეგ.

<u>სპეციფიკურობის</u> ქვეშ იგულისხმება მეთოდის უნარი განასხვავოს მოცემული ნივთიერების ქიმიური სტრუქტურა მისი მსგავსისაგან (ანალოგებისაგან).

სადღეისოდ ნარკოტიკული საშუალებების შემცველობაზე ანალიზის ჩატარების დროს გამოიყენება ანალიზური მეთოდები, რომელთა შერჩევა გაპირობებულია ერთი მხრივ საანალიზო სინჯის სახეობით და მეორე მხრივ – საქმის ვითარებით.

საანალიზო ობიექტებს ჰყოფენ შემდეგ ჯგუფებად:

1. მცენარეული წარმოშობის ობიექტები (კანაფი, ოპიუმი), მათი ექსტრაქტები და წარმოებულები;
2. მყარი სუბსტანციები (ფხვნილები);
3. ტაბლეტები, დრაჟეები;
4. საინექციო ხსნარები;
5. ბიოლოგიური მასალა (შარდი, სისხლი, თმები, ფრჩხილები და ორგანოები).

გამაბრუებელი საშუალებების აღმოსაჩენად <u>წინასწარი სკრინინგის</u> მეთოდებად ძირითადად გამოიყენება **ქიმიური** რეაქციები (ქრომოგენული, მიკროკრისტალური), **იმუნოქიმიური** მეთოდები (იფა-იმუნოფერმენტული, რია-რადიოიმუნური, პფია-პოლარიზაციული ფლუოროიმუნოანალიზი და სხვები) და **თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია**. ცხრილში 15.2 მოყვანილია ნარკოტიკული საშუალებების ანალიზში გამოყენებული ზოგიერთი მეთოდების მგრძნობელობის მონაცემები.

ცხრილი 15.2. ზოგიერთი მეთოდების მგრძნობელობა (ნგ/მლ)

№	ნივთიერება	იმუნოფერმენ-ტული ანალიზი (იფა)	თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია (თფქ)	გაზურ-სითხოვა-ნი ქრომატო-გრაფია (გსქ)	გაზური ქრომატო-გრაფია-მასს-სპექტრომეტრიით
1	ამფეტამინები	300	500-1000	500	10-100
2	ბარბიტურატები	300	500	500	10-50
3	ბენზოდიაზეპინები	300	100	500	10-50
4	კოკაინის მეტაბოლიტები	300	1000	1000	10-100

5	მეტადონი	300	1000	200	10-100

<u>დამადასტურებელი</u> მეთოდების სახით გამოიყენება გაზურ-სითხოვანი ქრომატოგრაფია (გსქ), მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფია (მესქ), გაზური ქრომატოგრაფია-მასს-სპექტრომეტრიით (გქ/მს). დამადასტურებელი მეთოდების მგრძნობელობა უფრო მაღალი ან ტოლი უნდა იყოს ნივთიერებების აღმოსაჩენი მეთოდების მგრძნობელობაზე, რათა შემცირებული იქნეს ცრუუარყოფითი შედეგების რაოდენობა. რაც შეეხება მათ სპეციფიკურობას – აუცილებლად უნდა იყვნენ უფრო მაღალი სპეციფიკურობის, რათა შემცირებული იქნეს ცრუდადებითი შედეგების რაოდენობა.

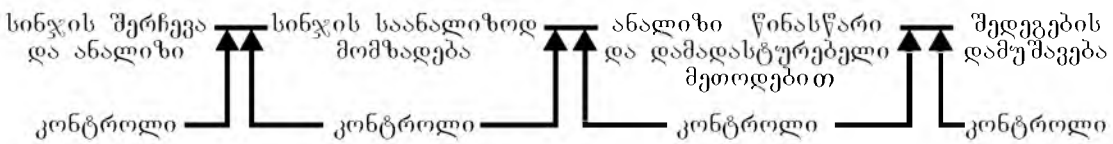
ამრიგად, ანალიზური მეთოდების შერჩევისას აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული მათი უპირატესობა და ნაკლოვანებანი (იხ. ცხრილი 15.3.) ყველა შემთხვევაში, თვით ყველაზე ზუსტი მეთოდის გამოყენების დროსაც კი, სკრინინგის შედეგები უნდა დადასტურდეს სხვა ანალიზური მეთოდებით, რომლებიც დამყარებული არიან სხვა ფიზიკურ-ქიმიურ პრინციპებზე.

ცხრილი 15.3. ზოგიერთი ანალიზური მეთოდების უპირატესობის და ნაკლოვანებების შედარება

უპირატესობა	ნაკლოვანებები
1. იმუნოქიმიური მეთოდები (იქმ)	
1. შედეგების ობიექტურობა 2. კარგი მგრძნობელობა 3. შესრულების სიმარტივე 4. რეაგენტების ზომიერი ღირებულება 5. ანალიზის სისწრაფე	1. ჯვარედინადმორეაგირე ნივთიერებებმა შეიძლება მოგვცეს ცრუდადებითი შედეგები 2. ჯგუფური (არასპეციფიკური) მეთოდია, არ ანსხვავებს ინდივიდუალურ ნივთიერებებს ჯგუფის შიგნით, რაც იწვევს ნივთიერებების სრული შემადგენლობის ნაწილობრივ შენიღბვას.
2. ქრომატოგრაფიული მეთოდები	
1. მრავალკომპონენტიანი ნარევების ერთდროული განსაზღვრა 2. კარგი მგრძნობელობა 3. მაღალი სპეციფიკურობა 4. როგორც თვისობრივი ასევე რაოდენობრივი განსაზღვრა	1. საჭიროა მაღალკვალიფიციური პერსონალი 2. ხელსაწყოების და რეაქტივების სიძვირე 3. ანალიზის (შედარებითი) ხანგრძლივობა 4. ზოგჯერ დამოკიდებულია შედეგების სუბიექტურ ინტერპრეტაციაზე

§3. ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის ძირითადი ეტაპები

სასამართლო-სამართლებრივი მიმართების მქონე ანალიზის თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ იურიდიული საკითხები წყდება საბუნებისმეტყველო მეცნიერული მეთოდებით, ხოლო მიღებული შედეგები საბოლოო სტადიაზე გვევლინება იურიდიულ პასუხად. აქედან გამომდინარე ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი უნდა იყოს სისტემური, ე.ი. ანალიზის ყოველ სტადიას თან უნდა ახლდეს კონტროლი.



ნახ. 15.1. ანალიზური პროცესის საერთო სქემა

ანალიზური პროცესის თითოეული სტადიის კონტროლი უნდა ხორციელდებოდეს შემდეგი ტიპიური მეთოდებით:

1. ეტალონური ნიმუშების გამოყენებით;
2. ჩატარებული ოპერაციების დაკალიბრებით (სისწორის შემოწმება);
3. სტატისტიკური დამუშავებით (აღწარმოების შემოწმება);
4. პროცესის პირობების კონტროლი (ტემპერატურა, pH და ა.შ.).

თავი 16.

ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზისადმი წაყენებული მოთხოვნები

იმ ლაბარატორიის საიმედობა, რომელიც აწარმოებს ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ანალიზს, განპირობებულია შემდეგი მოთხოვნებით:

1. ლაბარატორიამ უნდა გაიაროს გარე პროფესიული ტესტირება (გარე კონტროლი) და ატესტაცია;
2. თითოეულმა ექსპერტმა-ქიმიკოსმა უნდა დაამტკიცოს თავისი პროფესიული დონე (გაიაროს შიდა კონტროლი);
3. ყოველ ხელსაწყოს უნდა ჰქონდეს ექსპლუატაციის ინსტრუქცია;
4. გამოყენებულ ყველა რეაგენტს უნდა ჰქონდეს დამზადების და პასპორტიზაციის აღმნიშვნელი თარიღი;
5. მეთოდიკის თითოეული ეტაპი დაწვრილებით უნდა იყოს აღწერილი და ჰქონდეს მეტროლოგიური შეფასება (ხაზოვნება, აღწარმოება, აღმოსაჩენი ზღვარი და სხვა);
6. გამოყენებული შესადარი ეტალონური ნივთიერებანი (სტანდარტები) უნდა იქნეს პასპორტიზირებული;
7. გამოყენებულ ყოველ ანალიზურ მეთოდზე ცნობილი უნდა იქნეს თითოეული საანალიზო ნივთიერების აღმოსაჩენი ზღვარი (მინიმუმი);
8. ქრომატოგრაფიულ მეთოდებში უმჯობესია გამოყენებული იქნეს შიდა სტანდარტები;
9. რეგლამენტირებული უნდა იყოს ნიმუშების შერჩევის და შენახვის წესები, შენახვის პირობებში საანალიზო ნივთიერებების სტაბილურობის ხარისხი.
10. ანალიზის ყოველი დადებითი შედეგი დამოწმებული უნდა იყოს ანალიზის სხვა მეთოდით. გამონაკლისის გაკეთება შეიძლება მხოლოდ მიმართული ანალიზის შემთხვევაში (როდესაც ვიცით, რა უნდა მივიღოთ).

ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში, იდენტური ანალიზური მონაცემების მისაღებად, მკვლევარს აუცილებლად უნდა ჰქონდეს სტანდარტების, დამხმარე მასალების გამოყენების რაციონალური პროგრამა, მათი თვისობრივი და რაოდენობრივი სტატისტიკა.

<u>სტანდარტული ნივთიერება</u> – სუფთა, სტაბილური, მშრალი ფხვნილი, თავისუფალი ყოველგვარი შემავსებლისა და სხვა ფარმაცევტული მასალისაგან.

მისგან ამზადებენ ყველა ეტალონურ და საკონტროლო ნარევს. იგი უნდა იმყოფებოდეს ცნობილი მოლეკულური ფორმულის და წონის მქონე მარილის, მჟავას ან ფუძის სტაბილურ ფორმაში. სხვადასხვა წყაროებიდან მიღებული ნიმუშები და მეტაბოლიტები უნდა იყვნენ 100%-ის სისუფთავის. სტაბილური სუფთა ნივთიერებანი უნდა ინახებოდეს სეიფში, არამდგრადი ნივთიერებანი კი, რომელთა იდენტიფიკაცია მიმდინარეობს კოდის საშუალებით – მაცივარში ან საყინულეში.

ეტალონური ხსნარები წარმოადგენენ სტანდარტული ნივთიერებების (წამლების) ზუსტი კონცენტრაციის ხსნარებს გამოხდილ ან დეიონიზირებულ წყალში ან ორგანულ გამხსნელში, მათი ხსნადობის შესაბამისად. ისინი გამოიყენებიან ანალიზური ხელსაწყოების დასაკალიბრებლად ან ანალიზური კონტროლისათვის. ამ ხსნარების მოსამზადებლად წონიან სუფთა ნივთიერების ზუსტ რაოდენობას და ხსნიან ორგანულ გამხსნელში (უფრო ხშირად ეთანოლში ან მეთანოლში). თუ ნივთიერება იხსნება მარილის სახით გამხსნელად შეიძლება გამოყენებული იქნეს წყალი. ეტალონური ხსნარები მზადდება პირველი ხარისხის სიზუსტის გამზომ ჭურჭელში. მომზადებული ხსნარები უნდა მოთავსდეს სათანადო ჭურჭელში, გაუკეთდეს წარწერა, ხსნარის სახელწოდების, კონცენტრაციის, მომზადების თარიღის და მომმზადებლის გვარის აღნიშვნით. აუცილებელია, რომ გამოყენებული სასწორი იყოს ზუსტი და მგრძნობიარე, გამოიყენებოდეს თავის სამუშაო დიაპაზონში.

თითოეული ეტალონური ხსნარის კონცენტრაცია პერიოდულად უნდა შემოწმდეს შენახვისას მისი სტაბილურობის განსაზღვრისათვის. ეტალონური ხსნარების მდგრადობას ხანგრძლივი დროის განმავლობაში განაპირობებს მათი შენახვა მაცივარში ან საყინულეში ტეფლონის სახურავით მჭიდროდ თავდახურულ მინის ჭურჭელში. ჩვეულებრივ მზადდება ორი ან სამი იდენტური ეტალონური ხსნარი, რაც ერთმანეთის მიმართ მათი სტაბილურობის და კონცენტრაციის სიზუსტის განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. "ძველი სტანდარტებისათვის" ყოველთვის კეთდება პარალელური ცდა.

რეკომენდებულია შემდეგი კონცენტრაციის (მგ/მლ) ეტალონური ხსნარების მომზადება:

– ამფეტამინი და მისი წარმოებულები – 1.0
– ბარბიტურის მჟავას წარმოებულები – 1.0
– 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები – 0.5

– ბენზოილეკგონინი – 1.0
– კანაბინოიდები – 0.2
– კოდეინი – 1.0
– მეტადონი – 1.0
– მორფინი – 0.5.

<u>სამუშაო ხსნარები</u> მზადდება ეტალონური ხსნარების წყლით ან ორგანული გამხსნელით განზავების გზით. საკალიბრო მრუდის ასაგებად წყლის ან ბიონიმუშის ცნობილ რაოდენობას ამატებენ სამუშაო ხსნარის განსაზღვრულ რაოდენობას. ამ გზით ღებულობენ საკალიბრო (გრადუირებულ) ხსნარებს.

სისხლი, შარდი და ქსოვილები, რომლებსაც იყენებენ მოდელური ცდების ჩასატარებლად არ უნდა შეიცავდნენ აღმოსაჩენ ნივთიერებებს, რისთვისაც საჭიროა მათი წინასწარი გამოკვლევა.

წყლიანი სამუშაო ხსნარები ყოველთვის გამოიყენებიან მაშინ, როდესაც საჭიროა ზოგიერთი სამკურნალო საშუალების ექსტრაქციულ მახასიათებლებზე ეთანოლის ან მეთანოლის გავლენის თავიდან აცილება. გარდა ამისა, მათ იყენებენ სითხურ ქრომატოგრაფიაში შეკავების მოცულობის შესამოწმებლად.

ახლად მომზადებული სამუშაო ხსნარები შედარებული უნდა იქნენ ადრე მომზადებულ ისეთივე ხსნარებთან. ამისათვის, ძველი და ახალი სამუშაო სტანდარტები უნდა დაემატოს ბიოლოგიურ ნიმუშებს და ჩატარდეს მათი ანალიზი.

<u>საკონტროლო ნიმუში (სამუშაო ცდა)</u> – ეს არის გამოსაკვლევი ობიექტის იდენტურ ბიომატრიცაში ცნობილი კონცენტრაციის საანალიზო ნივთიერების შემცველი ბიოლოგიური ნიმუში. ანალიზის ხარისხის შესამოწმებლად ამ ნიმუშის ანალიზს ახდენენ უცნობ ნიმუშთან ერთად ერთ სერიაში. ობიექტურობისათვის საკონტროლო ნიმუშში ნივთიერების კონცენტრაცია ანალიტიკოსისათვის უცნობი უნდა იყოს. ეს იმას ნიშნავს, რომ იგი მომზადებული უნდა იქნეს სხვა თანამშრომლის მიერ.

<u>ფუჭი ნიმუში</u> – ეს არის ბიოლოგიური ნიმუში, რომელიც შემადგენლობით საკონტროლო ბიომატრიცის იდენტური უნდა იყოს, მაგრამ არ უნდა შეიცავდეს საკვლევ ნივთიერებას. <u>ფუჭი ცდა</u> ტარდება იმისათვის, რომ განისაზღვროს სისტემური ცდომილება, რომელსაც <u>ფონს</u> უწოდებენ. <u>ფონი</u> ანალიზური სიგნალია, რომელიც წარმოადგენს ბიომატრიცაში კომპონენტების, შეტანილი რეაგენტების და ნიმუშზე ჩატარებული ოპერაციების ერთდროული მოქმედების შედეგს. ბიომატრიცის კომპონენტებმა (ბიომატრიცის ფონმა) შეიძლება დაამახინჯოს ანალიზის შედეგები, იძლევიან რა დადებით ან უარყოფით ცდომილებებს.

რაოდენობით განსაზღვრამდე ჯერ უნდა ჩატარდეს ფუჭი (ცრუ) ცდა, შემდეგ – საკონტროლო ცდა. საკონტროლო ცდისათვის წყლიანი სამუშაო ხსნარის ალიკვოტა ემატება იმავე ბიოსითხის ფუჭ ნიმუშს, რომელიც გვაქვს ანალიზურ ნიმუშში ისე, რომ ნივთიერების კონცენტრაციის სიდიდე იმყოფებოდეს საკალიბრო გრაფიკის ხაზოვან საზღვრებში.

<u>შინაგანი (შიდა) სტანდარტი</u> – ქიმიურად საანალიზო ნივთიერების მსგავსი ნივთიერებაა, მისი განსაზღვრული რაოდენობა ემატება ბიონიმუშს ანალიზის ჩატარებამდე. შიდა სტანდარტი შეიძლება გამოყენებული იქნეს როგორც ნიშნული თვისობრივ ანალიზში, ასევე საკვლევი ობიექტის ზუსტი რაოდენობრივი განსაზღვრისთვის.

ბიოლოგიური ასევე არაბიოლოგიური წარმოშობის ობიექტებზე ანალიზის ჩატარების დროს არსებობს **<u>ცდომილების რამდენიმე წყარო</u>**. მათი ცოდნა ანალიზის საიმედობის მნიშვნელობის გაზრდის საშუალებას იძლევა. ცდომილების ძირითადი წყაროებია:

1. ექსპერიმენტის ტექნიკა;
2. ნიმუშის მომზადება, განსაკუთრებით მისი მრავალეტაპიანობა;
3. ბიოობიექტის და ნიმუშის შენახვის მეთოდები;
4. გაანგარიშების ცდომილება;
5. ანალიტიკოსის სუბიექტური ფაქტორები.

კვლევის როგორც წინასწარი, ასევე დამადასტურებელი მეთოდების შერჩევისას ხელმძღვანელობენ შემდეგი მოსაზრებებით:

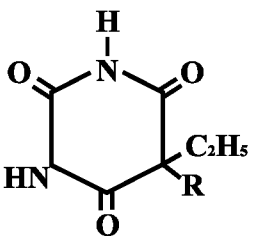
1. რამდენად ხელმისაწვდომია მეთოდი, ხელსაწყო, რეაგენტები;
2. არსებობს თუ არა ცდის ჩასატარებლად აუცილებელი ინფრასტრუქტურა;
3. შრომატევადობით;
4. ექსპრესიულობით;
5. ანალიზის შესრულების სიმარტივით;
6. ანალიზის ღირებულებით;
7. მეთოდის იურიდიული აღიარებით;
8. უსაფრთხოების ტექნიკით;
9. შესაძლებელია თუ არა მეთოდის შეცვლა სხვა მეთოდით.

თავი 17.

ზოგიერთი გამაბრუებელი საშუალების ფარმაკოკინეტიკა

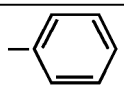
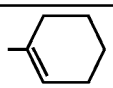
§.1. ბარბიტურის მჟავას წარმოებულების ფარმაკოკინეტიკა და მეტაბოლიზმი

1.1. ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. ბარბიტურის მჟავას წარმოებულები წარმოადგენენ ცენტრალური ნერვული სისტემის დეპრესანტებს და ხშირად გამოიყენებიან როგორც საძილე-სედაციური საშუალებები. ბარბიტურატების მოქმედების ხანგრძლივობა სხვადასხვაგვარია: 15 წუთიდან (ულტრამოკლე), ერთიდან რამდენიმე დღემდე (პროლონგირებული მოქმედების). ბარბიტურის მჟავას 2500 წარმოებულიდან ჩვენში ყველაზე უფრო ხშირად აღინიშნება ფენობარბიტალის, ბარბიტალის, ციკლობარბიტალის, ეტამინალ-ნატრიუმის, ბარბამილის და ზოგიერთი სხვების არასამედიცინო მიზნით გამოყენება. თავისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით ბარბიტურის მჟავას წარმოებულები მიეკუთვნებიან მჟავა ხასიათის ნივთიერებებს. ზოგიერთი ბარბიტურატის ძირითადი ფარმაკოკინეტიკური პარამეტრები მოცემულია ცხრილში 17.1.

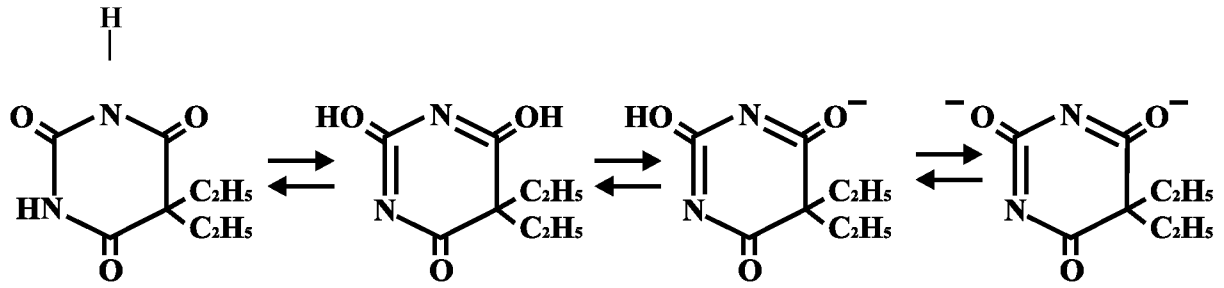


ბარბიტურატების ზოგადი ფორმულა

ცხრილი 17.1. ბარბიტურატების ფარმაკოკინეტიკური პარამეტრები

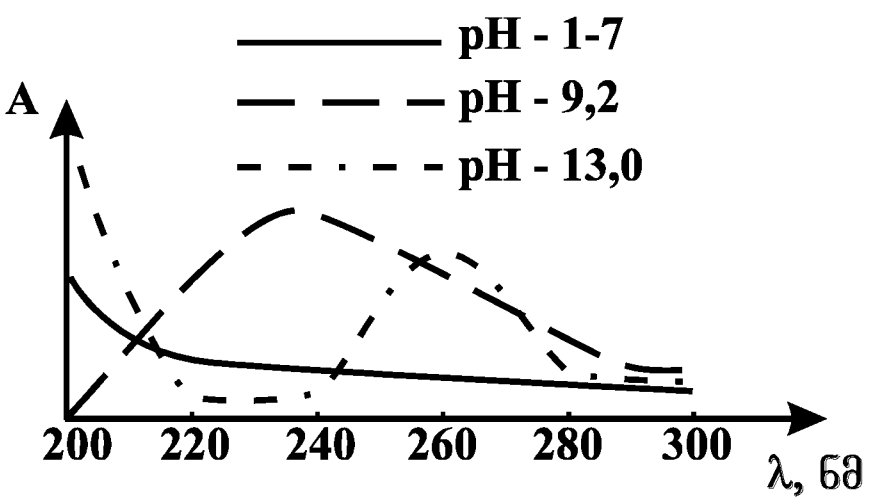
ნივთიერება	R	pK_a იონიზაციის მუდმივა	კონცენტრაცია პლაზმაში, მგ/ლ		მოქმედების ხანგრძლივობა	$T_{1/2}$-ნახევარგამოყოფის პერიოდი, დღეებში	უცვლელი სახით გამოყოფა, %
			ტოქსიკური	ლეტალური			
ბარბიტალი	– C_2H_5	7.8	20	40	12-24	4	70-40
ფენობარბიტალი		7.3	40	60	10-18	3	30
ციკლობარბიტალი		7.6	10		-	8-17	2-6
ბარბამილი		7.9	9	15	-	8-40	1
ეტამინალ-ნატრიუმი	- CH - CH_2 -CH_2 - CH_3 | CH_3	8.0	10	15	4-8	15-48	10

ეს ნივთიერებანი ცუდად იხსნებიან წყალში, კარგად იხსნებიან ეთანოლში, ქლოროფორმში, ეთერში, ტუტეთა წყალხსნარებში. ტუტეებში ხსნადობა აიხსნება ტაუტომერიის შედეგად ტუტე არეში ბარბიტურატების იონიზირებული ფორმის სიჭარბით.



ბარბიტურის მჟავას წარმოებულების უმრავლესობის ულტრაიისფერი სპექტრები მსგავსია, მათ არა აქვთ შესამჩნევი შთანთქმა 200-330 ნმ უბანში pH-ის მჟავა და ნეიტრალური მნიშვნელობების დროს, მაგრამ აქვთ შთანთქმის ორი მაქსიმუმი pH-ის ტუტე მნიშვნელობებისას, რომლებიც ახასიათებენ იონიზირებული ფორმების დისოციაციის პირველი (238-240 ნმ) და მეორე (254-256 ნმ) საფეხურების შთანთქმას (ცხრილი 17.2).

ბარბიტურატების ტიპიური სპექტრი მოცემულია ნახ. 17.1.



ნახ. 17.1. ბარბიტურატების ულტრაიისფერი სპექტრი

ცხრილი 17.2. ბარბიტურატების ულტრაიისფერი სპექტრის მახასიათებლები

საანალიზო	pH = 9.2	pH = 13.0

ნივთიერება	ε_a	$\lambda_{ნმ}$	ε_a	$\lambda_{ნმ}$
ბარბიტალი	549	239	427	254
ფენობარბიტალი	452	239	342	254
ციკლობარბიტალი	410	240	301	243
ბარბამილი	445	240	364	255
ეტამინალნატრიუმი	438	239	327	255

ბარბიტურატების ინფრაწითელი სპექტრების დამახასიათებელი სიხშირეები მოცემულია ცხრილში 17.3.

ცხრილი 17.3. ბარბიტურატების ინფრაწითელი სპექტრების ძირითადი მახასიათებელი სიხშირეები ($სმ^{-1}$)

ბარბი-ტალი	ფენობარბი-ტალი	ციკლობარბი-ტალი	ბარბამილი და ეტამინალნატრიუმი	რხევის ტიპი და ბმა
1680	1684	1693	1685	–NH–(დეფორმაციული)
1720	1712	1725	1719	C = O (ვალენტური)
1767	1770	1745	1744	–CONH– (ვალენტური)
1320	1310	1300	1315	⩾C-N⩽ (ვალენტური)
1245		1210	1218	C=O (დეფორმაციული)
875		830	845	⩾C-H (დეფორმაციული)

ბარბიტურატების ფარმაკოკინეტიკა და მეტაბოლიზმი - პერორალური შეყვანის შემდეგ ყველა ბარბიტურატი სწრაფად შეიწოვება (ბიოშეღწევადობა – 90-100%). ორგანიზმიდან ისინი გამოიყოფიან შარდთან ერთად სხვადასხვაგვარი ფორმებით, როგორც შეუცვლელი ასევე მეტაბოლიტების სახით. პროლონგირებული მოქმედების ბარბიტურატები (ფენობარბიტალის ტიპის) მნიშვნელოვანი რაოდენობით გამოიყოფიან შეუცვლელი სახით, მაშინ როდესაც საშუალო მოქმედების ბარბიტურატები (ბარბამილი, ეტამინალ-ნატრიუმი) ინტენსიურად მეტაბოლიზირდებიან და საწყისი ნივთიერებების სახით გამოიყოფიან ძალიან მცირე რაოდენობით.

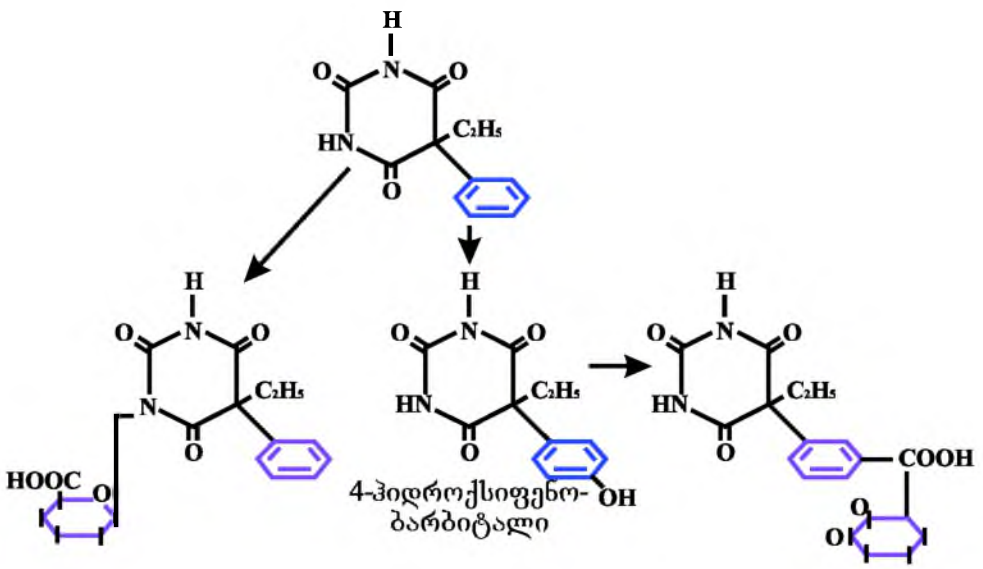
<u>ბარბიტალი</u> თითქმის მთლიანად (70-90%) გამოიყოფა შეუცვლელი სახით შარდთან ერთად. ელიმინირება ნელია (ნახევარგამოყოფის პერიოდი - 4 დღეა).

დოზის დაახლოებით 2% გამოიყოფა 8 საათში, დაახლოებით 16% – 32 საათის განმავლობაში. დეტექტირებადი რაოდენობის აღმოჩენა შეიძლება 16 დღის განმავლობაში.

<u>ფენობარბიტალი</u> მეტაბოლიზმს განიცდის ძირითადად გლუკურონიდებამდე – β, D-გლუკოზოპირანოზილფენობარბიტალამდე და 4-ჰიდროქსიფენობარბიტალამდე (სქემა 17.1).

სხვა მეტაბოლიტებიდან აღსანიშნავია ორი მეტაბოლიტი: დიჰიდროდიოლი და ჰიდროქსიმეთილფენილბარბიტურის მჟავა. ქრონიკული გამოყენებისას დოზის დაახლოებით 25% გამოიყოფა შარდთან ერთად 24 საათის განმავლობაში შეუცვლელი სახით, 17% - 4-ჰიდროქსიწარმოებულის სახით, რომლის დაახლოებით ნახევარი – გლუკურონიდია. შეუცვლელი ნივთიერების შარდთან ერთად გამოყოფა იზრდება ტუტე შარდში ან შარდის მოცულობის გაზრდისას. ერთჯერადი დოზის შემდეგ 80-დან 90% გამოიყოფა 16 დღის განმავლობაში (30% - N-გლიკოზიდი).

სქემა 17.1. ფენობარბიტალის მეტაბოლიზმი

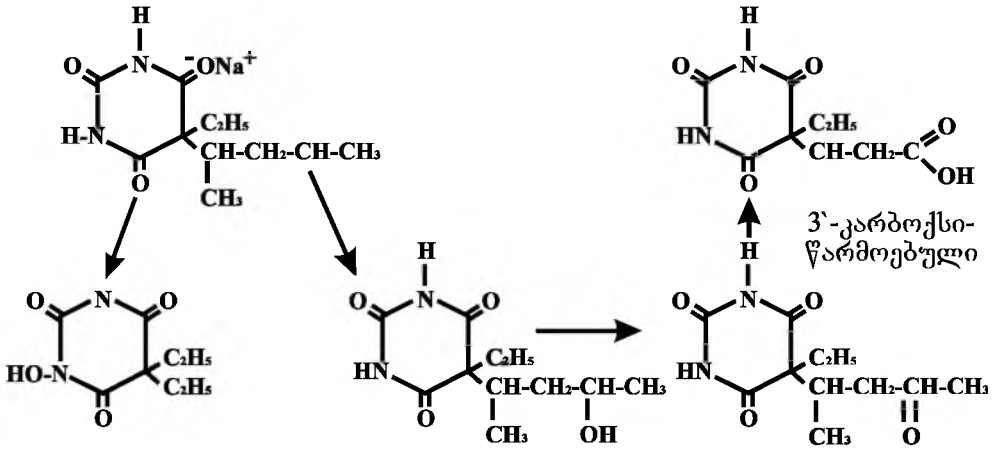


N-გლუკოზოპირანოზილ-ფენობარბიტალ-გლუკურონიდი (N-გლიკოზიდი)

4-ჰიდროქსიფენობარბიტალ--გლუკურონიდი

<u>ეტამინალ-ნატრიუმის</u> დოზის 80% გამოიყოფა შარდთან ერთად 5 დღის განმავლობაში: 37% – 3-ჰიდროქსი; 13%-ზე მეტი N-ჰიდროქსი; 7-დან 14%-მდე – 3-ოქსო; 10-დან 15%-მდე – კარბოქსიწარმოებულის სახით; დაახლოებით 1% გამოიყოფა შეუცვლელი სახით (სქემა 17.2).

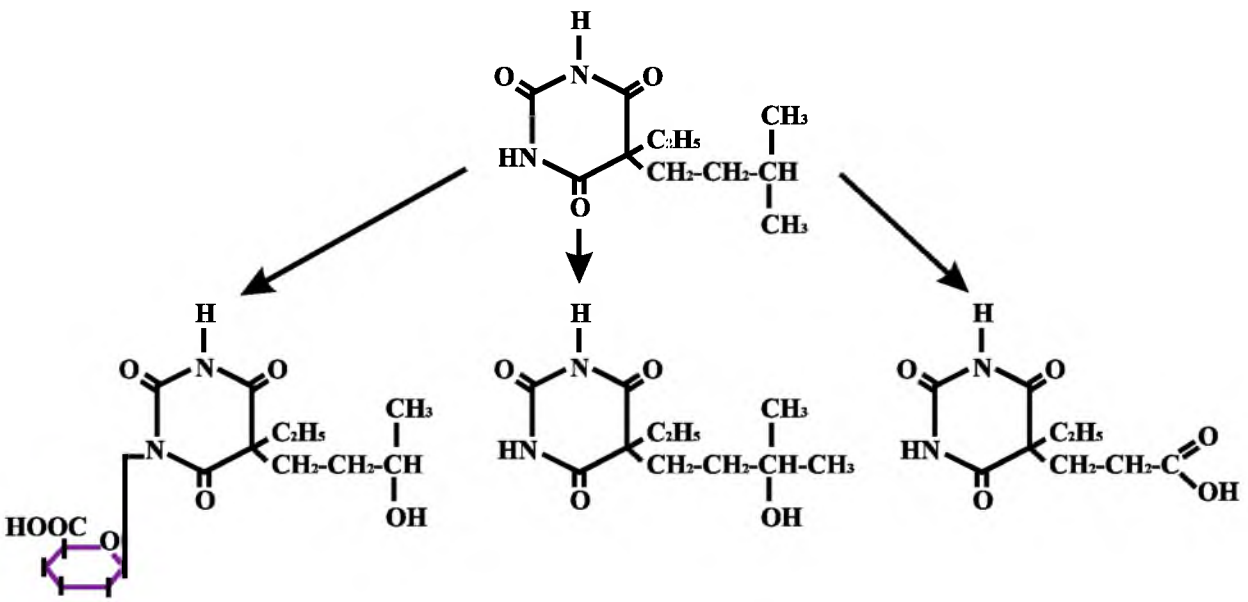
სქემა 17.2. ეტამინალ-ნატრიუმის მეტაბოლიზმი



N-ჰიდროქსიწარმოებული 3'-ჰიდროქსიწარმოებული 3'-ოქსოწარმოებული

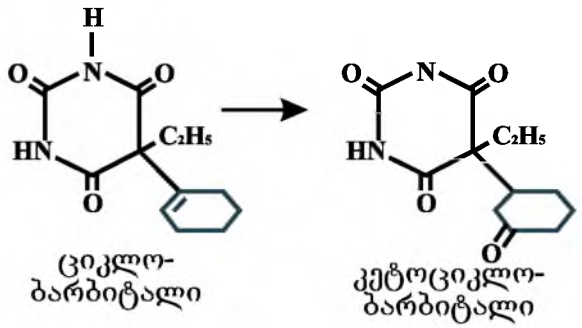
<u>ბარბამილის</u> 80-90% გამოიყოფა შარდთან ერთად 6 დღის განმავლობაში. უმნიშვნელოვანესი მეტაბოლიტია – 3′-ჰიდროქსიწარმოებული (იხ. ეტამინალ-ნატრიუმი) (30-50%) და N-გლუკურონიდი (30%), დაახლოებით 1% გამოიყოფა უცვლელი სახით. შარდში შეიძლება აღმოჩენილი იქნას 3′-კარბოქსიწარმოებული (სქემა 17.3).

სქემა 17.3. ბარბამილის მეტაბოლიზმი



N-გლუკურონიდი 3'-ჰიდროქსიწარმოებული 3'-კარბოქსიწარმოებული

ციკლობარბიტალი – პერორალური მიღების შემდეგ სწრაფად შეიწოვება. ძირითადი მეტაბოლური რეაქციაა დაჟანგვა კეტოციკლობარბიტალად. დაახლოებით 10% გამოიყოფა შარდთან ერთად უცვლელი სახით



§2. ოპიატები ფარმაკოკინეტიკა და მეტაბოლიზმი

ტერმინით "ოპიატები" აღინიშნება ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე (ცნს) და გლუვ კუნთებზე მოქმედი აღნაგობით და მოქმედებით მორფინის მსგავსი ანალგეზური თვისებების მქონე ბუნებრივი და სინთეზური ნივთიერებანი.

ოპიუმის ძირითადი ალკალოიდი მორფინი გამოიყენება სხვა ოპიატების შეფასებისათვის.

"ოპიატებს" მიაკუთვნებენ ნივთიერებებს, რომლებსაც აქვთ მორფინის მსგავსი აღნაგობაც და მოქმედებაც – მაგალითად ჰეროინი. ხოლო "ოპიოიდებს" უწოდენებ ნივთიერებებს, რომლებსაც არ აქვს მორფინის მსგავსი აღნაგობა, მაგრამ აქვს მსგავსი მოქმედება – მაგალითად მეტადონი.

ოპიატების განსაკუთრებული ზემოქმედება ცნს, რაც იწვევს ეიფორიას და ტოლერენტობის განვითარებას. განმეორებითი მიღებისას მოქმედების შესუსტება, რომელიც ეფექტის მისაღებად საჭიროებს დოზების სულ უფრო მეტად გაზრდას, იწვევს მისი მომხმარებლების ფიზიკურ და ფსიქიკურ დამოკიდებულებას - ნარკომანიას. ოპიატების ამ თავისებურებით აიხსნება მათი სამედიცინო გამოყენების შეზღუდულობა და არასამედიცინო გამოყენების მოტივები.

ოპიუმის ალკოლოიდებს ქიმიური აღნაგობის მიხედვით ჰყოფენ ოთხ ჯგუფად (იხ. ცხრილი 17.4)

ცხრილი 17.4. ოპიუმის ალკალოიდების კლასიფიკაცია აღნაგობის მიხედვით

ჯგუფი	შემცველობა ოპიუმში, %	მოლეკულის სტრუქტურა	წარმომადგენლები
მორფინი	3-23	ფენანტრენული ციკლი	მორფინი, კოდეინი, თებაინი, ფსევდომორფინი, ნეოპინი
პაპავერინი	0.5-1.3	ბენზილიზოქინოლი-ნური ციკლი	პაპავერინი, ლაუდანოზინი, ზოგიერთი სხვა მინორული ალკალოიდები
ნარკოტინი	2.0-8.0	ფტალილიზოქინო-ლინური ციკლი	ნარკოტინი, ნარცეინი
პროტოპინი	მცირე	–	პროტოპინი, კრიპტოპინი

სინთეზურ ოპიატებს მიაკუთვნებენ: ჰეროინს (დიაცეტილმორფინს), დიონინს (ეთილმორფინს). ამ ჯგუფს შეიძლება მივაკუთნთ ზოგიერთი სხვა ანალგეტიკები (ტკივილდამაყუჩებლები).

ოპიატების ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები წარმოდგენილია ცხრილში 17.5.

ცხრილი 17.5. ოპიატების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

ნივთიე-რებანი	ლღობ. ტემ-რა $T_{ლღ}$°C	ხსნადობა (1 გ გამხსნელის 1 მლ-ში)						*pKa* pKa_1 pKa_2	*lg p*
		წყალი	ეთა-ნოლი	ქლორო-ფორმი	დიეთილის ეთერი	ბენ-ზოლი	სხვები		
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<u>მორფინი</u>									
– ფუძე	254-256 (დაშლით)	5000	250	1500	6250-7630	1600	გლიცე-რინი 250	ამფოლიტი pKa_1=9.9 pKa_2=8.0	0.1 (ოქტა-ნოლში pH=7.4 დროს)
-ჰიდროქ-ლორიდი	200 (დაშლით)	24	100	არ იხსნება	არ იხსნება	-	-	-	-
–სულფატი	250 (დაშლით)	21	1000	“-”	“-”	-	მეთანო-ლი 77	-	-
აცეტატი	-	2.5	100	-	-	-	-	-	-
ტარტრატი	-	10	1000	-	-	-	-	-	-
<u>კოდეინი</u> – ფუძე	154-158	120	2	0.5-2.0	50	იხსნება	-	8.2	0.6 (ოქტა-ნოლში pH=7.4)
-ჰიდროქ-ლორიდი		280 (დაშ-ლით)	30	100	800	-	-	-	-
–სულფატი	278 (დაშლით)	30	1300	არ იხსნება	არ იხსნება	-	-	-	-
–ფოსფატი	225-240	0.5 (100°C)	450	“-”	“-”	-	-	-	-
<u>თებაინი</u>									
–ფუძე	193	1500	10	13	200	იხსნება	-	8.15-8.20	0.3 (ოქტა-ნოლში pH=7.5)
-ჰიდროქ-ლორიდი	-	საშუა-ლოდ	მცი-რედ	იხსნება	იხსნება	-	-	-	-
<u>ჰეროინი</u>									
–ფუძე	170-173	1700	31	100	1.5	-	-	7.8-8.1	0.2 (ეთერში pH=7.0)
- ჰიდრო-ქლორიდი	229-233	1.6	12	1.6	არ იხსნება	-	-	-	-
<u>ეთილ-მორფინი</u>									
–ფუძე	199-201	-	-	-	-	-	-	7.9-82	-
-ჰიდროქ-ლორიდი	123	12	25	250	არ იხსნება	-	-	-	-

ზოგიერთი ოპიატის სპექტრალური მახასიათებლები კი ცხრილებში 17.6, 17.7 და 17.8.

ცხრილი 17.6. ოპიატების შთანთქმის სპექტრები ულტრაიისფერ არეში

ნივთიერება	გამხსნელი	λ_{max}, ნმ	$E^{1\%}_{1სმ}$
მორფინი	0.1 N HCl	285	50
	0.1 N NaOH	205 298	202 100
კოდეინი	ეთანოლი 0.1 N HCl 0.1 N NaOH	286 211 285 284	50 825 54 49
კოდეინის ფოსფატი	წყალი	284	52.8
თებაინი	0.1 N HCl 0.1 N NaOH	284 284	270 253
ჰეროინი	0.1 N HCl 0.1 N H_2SO_4 ეთანოლი 0.1 N NaOH	278 279 281 278	39 52 54 47

ცხრილი 17.7. ოპიატების ინფრაწითელი სპექტრები

ნივთიერება	შთანთქმის ძირითადი ზოლები, $სმ^{-1}$
მორფინი	805, 1243, 1118, 945, 1086, 833
კოდეინი	1052, 1268, 1500, 1111, 783, 934
თებაინი	1234, 1605, 1144, 1270, 1030, 910
ჰეროინი	1245, 1764, 1178, 1215, 911, 1736

შენიშვნა. მოყვანილია ექვსი ყველაზე მეტად მნიშვნელოვანი შთანთქმის ზოლები. სპექტრები გადაღებულია კალიუმის ბრომიდში (1 მგ ნივთიერება 250 მგ კალიუმის ბრომიდში).

ცხრილი 17.8. ოპიატების ელექტრონული დარტყმის მასს-სპექტრის დამახასიათებელი ზოლები

ნივთიერება	m/z*
მორფინი	<u>285</u>, 162, 42, 215, 286, 124, 44, 284, 268
კოდეინი	<u>299</u>, 42, 162, 124, 229, 59, 300, 69
თებაინი	<u>311</u>, 255, 42, 44, 206, 310, 312, 174

ჰეროინი	341, 282, 229, 42, 43, 59, 342, 204
ნორმორფინი	271, 81, 150, 201, 148, 110, 272, 82
ნორკოდეინი	285, 81, 215, 148, 286, 164, 110, 115

*მოცემულია ინტენსიურობის შემცირების მიხედვით, ხაზგასმულია მოლეკულური იონი

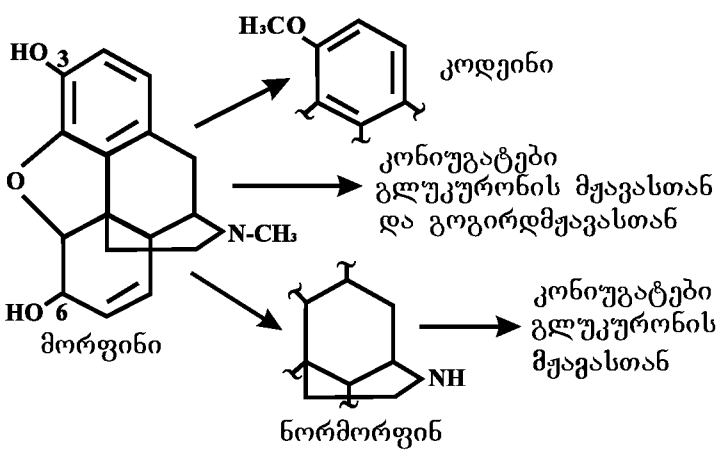
ოპიატების ფარმაკოკინეტიკა და მეტაბოლიზმი

მ ო რ ფ ი ნ ი – მორფინის ვენაში შეყვანის შემდეგ მაქსიმალურ ფარმაკოლოგიურ ეფექტს ადგილი აქვს რამდენიმე წუთში. კანქვეშ და კუნთში შეყვანისას – 15 წუთის შემდეგ. შემდგომში მორფინის რაოდენობა სისხლში მკვეთრად ეცემა; ასე მაგალითად, ვენაში შეყვანისას მისი კონცენტრაცია სისხლში შემდეგია: 2 საათის შემდეგ – 0.04-0.10 მკგ/მლ, 12 საათის შემდეგ 0.002-0.007 მკგ/მლ. შეყვანილი დოზის დაახლოებით 80% გამოიყოფა შარდთან ერთად 8 საათის განმავლობაში. თუმცა, მორფინის კვალი შარდში შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს 72-100 საათის შემდეგაც.

მორფინის ნახევარგამოყოფის დრო ($T_{1/2}$) 2-3 საათია, განაწილების მოცულობა (V_d) – 3-5 ლ/კგ, კლირენსი (Cl) – 15-20 მლ/წთ/კგ, პლაზმის ცილების შეკავშირების პროცენტი – 20-35%.

მორფინის მეტაბოლიზმის ძირითადი გზაა გლუკურონის და გოგირდმჟავასთან კონიუგირება მორფინ-3- და მორფინ-6-გლუკურონიდების, აგრეთვე 6- და 3-სულფატური კონიუგატების წარმოქმნით. N-დიმეთილერების პროცესში წარმოიქმნება ნორმორფინი, 3-ოქსიმეთილირების პროცესში – კოდეინი, N-დაჟანგვის პროცესში – N-ოქსიდი (იხილე სქემა 17.4).

სქემა 17.4. მორფინის მეტაბოლიზმი



მორფინის პარენტერალური შეყვანის შემდეგ 24 საათის განმავლობაში შარდთან ერთად გამოიყოფა მისი დოზის 85-90%: 2-12% – თავისუფალი მორფინის სახით, 65-70% – მორფინ-3- და მორფინ-6-გლუკურონიდების, 10%-მდე სულფატური კონიუგატების, 1% – ნორმორფინის და 3% – ნორმორფინ-გლუკურონიდის სახით. პერორალური მიღებისას 24 საათის შემდეგ შარდთან ერთად გამოიყოფა დოზის 64-90%, ამასთან ნატიური ფორმით 3%-ზე ნაკლები.

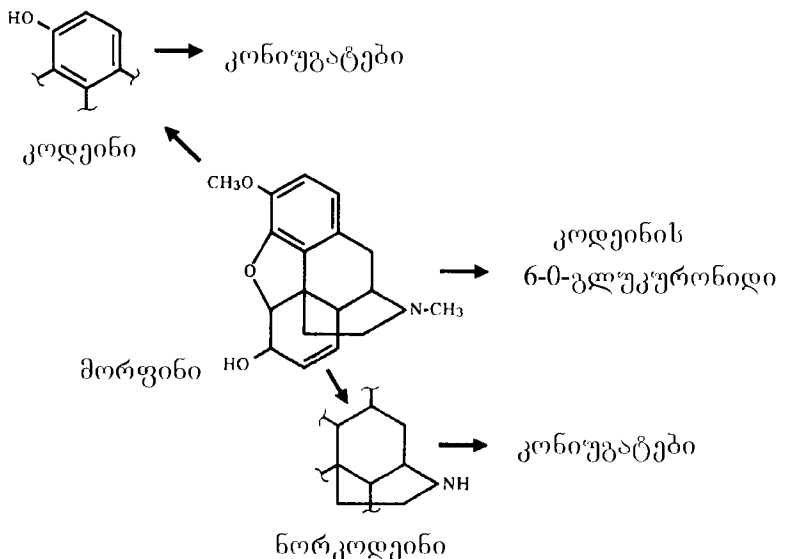
თავისუფალი და შეკავშირებული (6- და 3-გლუკურონიდების ჯამი) მორფინის თანაფარდობა სისხლში პრეპარატის მიღებიდან 1-3 საათის შემდეგ იცვლება 1:20-დან 1:28-მდე, ამასთან, მორფინ-3-გლუკურონიდი წარმოიქმნება 7-ჯერ მეტი ვიდრე მორფინ-6- გლუკურონიდი.

ნაღველთან ერთად გამოიყოფა შეყვანილი დოზის 10%-მდე. მრავალჯერადი მიღების შედეგად მორფინი გროვდება თმებსა და ფრჩხილებში.

<u>**კოდეინი**</u> ამფიონის შემადგენლობაში შემავალი ალკალიოდი პარენტერალურად შეყვანისას საკმაოდ სწრაფად შეიწოვება. პირის გზით (პერორალურად) მიღებისას მაქსიმალური კონცენტრაცია სისხლში აღინიშნება 1 საათის შემდეგ. კოდეინის ნახევარგამოყოფის დრო 3-4 საათია, განაწილების მოცულობა – 3.5 ლ/კგ (სხვა მონაცემებით 5-10 ლ/კგ), კლირენსი – 10-15 მლ/წთ/კგ, პლაზმის ცილების შეკავშირება – 7-25%.

კოდეინის მეტაბოლური გარდაქმნები მიმდინარეობს ძირითადად ღვიძლში. ძირითადი რეაქციებია: კონიუგირება გლუკურონის მჟავასთან, 0- და N-დიმეთილირება. მეტაბოლიზმის ძირითადი პროდუქტებია შესაბამისად: 6-0-კოდეინის გლუკურონიდი, ნორკოდეინი, მორფინი და ამ ორი ბოლო მეტაბოლიტის კონიუგატები (იხ. სქემა 17.5). კვალის სახით წარმოიქმნება ჰიდროკოდონი, ნორჰიდროკოდონი, 6α- და 6β-ჰიდროკოდოლი.

სქემა 17.5. კოდეინის მეტაბოლიზმი



კოდეინის თერაპიული დოზების მიღებისას 20-40 საათის ინტერვალში მორფინის რაოდენობა შარდში კოდეინის რაოდენობაზე მეტი ხდება. ამავე ინტერვალში ნორკოდეინი მხოლოდ კვალის სახითაა.

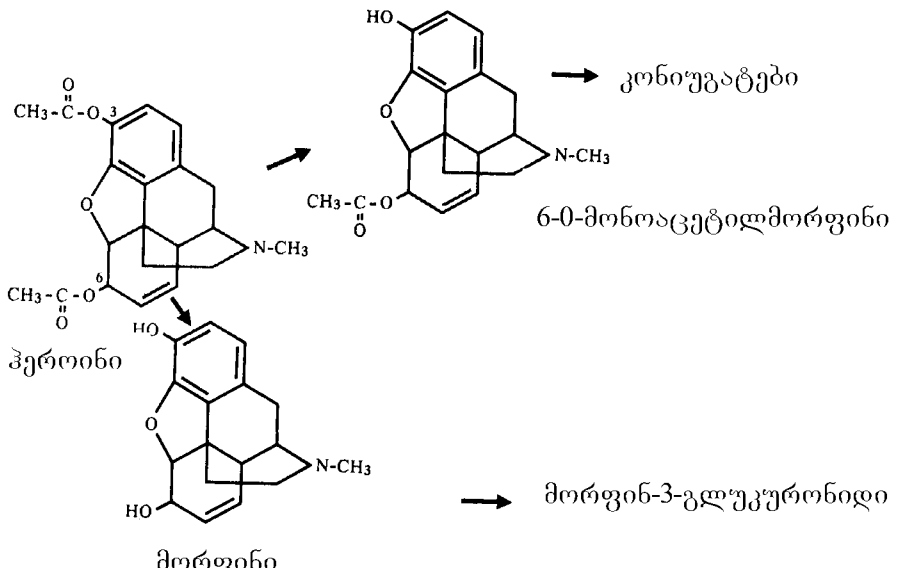
პირის გზით მიღების შემდეგ დოზის დაახლოებით 86% გამოიყოფა შარდთან ერთად 24 საათის განმავლობაში, მათ რიცხვში თავისუფალი და კონიუგირებული კოდეინი 40-70%, თავისუფალი და კონიუგირებული მორფინი – 5-15%, თავისუფალი და კონიუგირებული ნორკოდეინი – 10-20%. კუნთში შეყვანისას თავისუფალი კოდეინის რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა შარდთან ერთად 24 საათის შემდეგ, შეადგენს 15-20%.

მჟავა ხასიათის მქონე შარდთან ერთად თავისუფალი კოდეინის რაოდენობა იზრდება 6-8-დან 10%-მდე.

ჰეროინი (დიაცეტილმორფინი) – მორფინის ნახევარსინთეზის პროდუქტი მოკლეხნიანი და სწრაფადმოქმედი ნარკოტიკული ანალგეტიკია. იგი ნაკლებპოლარულია ვიდრე მორფინი, გააჩნია მაღალი ლიპიდური და მემბრანული ხსნადობა, რითაც აიხსნება მისი სწრაფი შეწოვა და ჰემატოენცეფალური ბარიერის ადვილი გავლა. სისხლში ჰეროინი ადვილად განიცდის ჰიდროლიზს 6-0-მონოაცეტილმორფინამდე, შემდეგ კი მორფინამდე. ჰერიონის ნახევარგამოყოფის პერიოდი შეადგენს 3 წუთს. ჰეროინის ძირითადი მეტაბოლიტებია – 6-0-მონოაცეტილმორფინი, მორფინი და მორფინ-3-გლუკურონიდი. მცირე რაოდენობითაა აგრეთვე აღმოჩენილი: ნორმორფინი, მისი გლუკურონიდი, მორფინ-6-გლუკურონიდი, დიჰიდრომორფინონი, 6-აცეტილ-3-გლუკურონიდი, ნორკოდეინი (იხ. სქემა 17.6).

ჰეროინის შეყვანილი დოზის 80% გამოიყოფა შარდთან ერთად 24 საათის განმავლობაში (50-60% მორფინ-3-გლუკურონიდი, 5-7% მორფინი, 1% მონოაცეტილმორფინი).

სქემა 17.6. ჰეროინის მეტაბოლიზმი



ჰეროინის ოთხჯერადი მიღებისას (დოზა – 10 მგ/70 კგ) პირველი მიღებიდან 24 საათის შემდეგ შარდში პოულობენ: საერთო მორფინს – 54%, მორფინს – 7.2%, 6-0-მონოაცეტილმორფინს – 1.5, საერთო ნორმორფინს – 4%.

ანალიზის შედეგების მიხედვით შეიძლება გაკეთდეს ზოგიერთი დასკვნა ოპიატების სამკურნალო და არასამკურნალო გამოყენებაზე. იმუნური მეთოდების საშუალებით არ ხერხდება ოპიატების და მათი გლუკურონიდების ერთმანეთისაგან განსხვავება, ისინი იძლევიან ჯამური, ჯგუფური განსაზღვრის შედეგებს, ამიტომ კონკრეტულ ნივთიერებებზე მონაცემების მისაღებად აუცილებელია დამადასტურებელი გამოკვლევების ჩატარება.

შარდში მხოლოდ მორფინის ან მისი კონიუგატების არსებობა მიუთითებს სუფთა სამკურნალო საშუალების – მორფინის გამოყენებაზე ან ჰეროინის არასამედიცინო მიზნით გამოყენებაზე ერთი ან ორი დღით ადრე.

შარდში მორფინის და კოდეინის ერთდროული არსებობა შეიძლება მიუთითებდეს კოდეინის სამკურნალო გამოყენებაზე, ამ შემთხვევაში კოდეინის კონცენტრაცია მეტია, ვიდრე მორფინისა. საერთოდ კოდეინის თერაპიული დოზების (30 მგ) გამოყენება საშუალებას იძლევა აღმოვაჩინოთ თავისუფალი მორფინი ან კოდეინი მოხმარებიდან მხოლოდ რამდენიმე საათის შემდეგ, თუმცა ამ დროს სხვა მეტაბოლიტები აღმოჩნდებიან შეყვანიდან ორი-სამი დღის შემდეგ. კოდეინის მნიშვნელოვანი რაოდენობის არსებობა მიუთითებს პრეპარატის არასამედიცინო მიზნით გამოყენებაზე.

მხედველობაშია მისაღები აგრეთვე ის, რომ კუსტარულად წარმოებული ჰეროინი მინარევის სახით (ზოგჯერ მნიშვნელოვანი რაოდენობით) შეიცავს აცეტილკოდეინს, რომლის მეტაბოლიზმის შედეგად აგრეთვე წარმოიქმნება კოდეინი.

ამრიგად, შარდში მორფინის და კოდეინის დაბალი კონცენტრაციებისას შეუძლებელია მკაცრი, ერთმნიშვნელოვანი დასკვნის გაკეთება იმ პროდუქტზე, რომელიც გამოყენებული იქნა სუბიექტის მიერ, კერძოდ მორფინი მიიღო მან, ჰეროინი თუ კოდეინი. ჰეროინის მიღების დასამტკიცებლად აუცილებელია ჰეროინის მეტაბოლიტის-6-მონოაცეტილმორფინის იდენტიფიკაცია, რაც მიიღწევა მაღალმგრძნობიარე დამადასტურებელი მეთოდების – გაზურ-სითხური, მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიების და განსაკუთრებით ქრომატო-მას-სპექტრალური მეთოდების დახმარებით.

ოპიატების აღმოჩენას მცენარეულ ნედლეულში, ტაბლეტებში, ფხვნილებში და სხვა აწარმოებენ ფერადი რეაქციების საშუალებით მარკის რეაქტივით რკინის (III) ქლორიდით, კონცენტრირებული აზოტმჟავით. ამასთან, რკინის მარილ-

თან შეფერვას გვაძლევს მხოლოდ მორფინი და მცენარეული ნედლეული, კოდეინი და ჰეროინი ამ რეაქციას არ იძლევიან. აზოტმჟავასთან ტესტი საშუალებას იძლევა სავარაუდოდ განვასხვაოთ ჰეროინი მორფინისა და კოდეინისაგან. ასე მაგალითად, აზოტმჟავას წვეთის დამატებისას საანალიზო ფხვნილის მცირე რაოდენობაზე ყვითელი შეფერვის ნელი გადასვლა ღია მწვანე ფერში მიუთითებს ჰეროინის შესაძლო არსებობაზე; ნარინჯისფერის სწრაფი გადასვლა წითელში და შემდეგ ნელი გადასვლა ყვითელში – მორფინის არსებობაზე; ნარინჯისფერის ნელი გადასვლა ყვითელში – კოდეინზე.

იმის გათვალისწინებით, რომ ოპიატები შარდთან ერთად შეუცვლელი სახით გამოიყოფიან ძალიან მცირე რაოდენობით, წინასწარი გამოკვლევის ჩატარებამდე შარდს ადუღებენ მჟავასთან ერთად კონიუგატების დაშლის მიზნით, რითაც ამაღლებენ ნატიური ნაერთების კონცენტრაციას. ოპიატების შარდიდან ექსტრაჰირებას ახდენენ ქლოროფორმ-იზოპროპანოლის (9:1) ნარევით pH=9-10 დროს.

§3. კ ა ნ ა ბ ი ნ ო ი დ ე ბ ი

ნარკოტიკული ნივთიერებების მოცემულ ჯგუფში შედიან პრეპარატები, რომლებიც მომზადებული არიან მცენარე კანაფის სხვადასხვა ნაწილებისაგან, ყველაზე უფრო გავრცელებულია: მარიხუანა (ფოთლების და ყვავილების ნარევი,), ჰაშიში (ჰაშიშის ზეთი, ფისი). თუმცა ნარკომანები იყენებენ მცენარის ყველა ნაწილებს.

ფისი შეიცავს ოცდაათამდე სხვადასხვა კანაბინოიდს. მათ შორის ყველაზე მეტად მნიშვნელოვანია კანაბინოიდი (კბდ), კანაბინოლი (კბ), (–)–ტრანს-Δ^9-ტეტრაჰიდროკანაბინოლი (Δ^9-ტჰკ), (–)–ტრანს-Δ^8-ტეტრაჰიდროკანაბინოლი (Δ^8-ტჰკ) და -Δ^9-ტეტრაჰიდროკანაბინოლის მჟავა (Δ^9-ტჰკ-მჟავა).

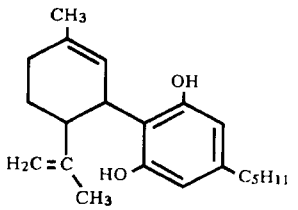
მარიხუანაში Δ^9-ტჰკ-ს რაოდენობა ტოლია 0.5-5%, ჰაშიშის ფისში – 2-10%, ხოლო ჰაშიშის ზეთში – 10-30%.

3.1. ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

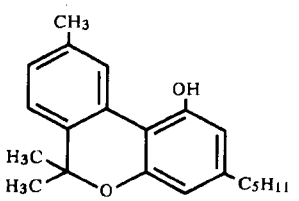
Δ^9-ტჰკ და Δ^9-ტჰკ-მჟავა დუღილის ტემპერატურა შესაბამისად 200 და 210-213°C-ის ტოლია. მოცემული ნივთიერებანი კარგად იხსნებიან ეთანოლში, აცეტონში. Δ^9-ტჰკ წყალში ხსნადობა ტოლია 3 მგ/ლ. Δ^9-ტჰკ-მჟავა შეზღუდულად იხსნება ქლოროფორმში და დიეთილის ეთერში, პრაქტიკულად უხსნადია წყალ-

ში, ბენზოლში, პეტროლეინის ეთერში. Δ^9-ტჰკ მიეკუთვნება სუსტ მჟავებს – pKa=10.6.

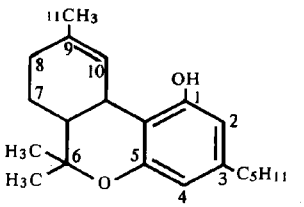
Δ^9-ტჰკ და Δ^9-ტჰკ-მჟავას სპირტიან ხსნარებს აქვთ დამახასიათებელი შთანთქმის სპექტრები ულტრაიისფერ უბანში, შთანთქმის მაქსიმუმებით შესაბამისად 283, 276 და 283, 278 ნმ ტალღებზე.



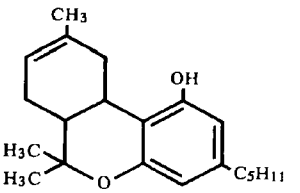
კანაბიდიოლი



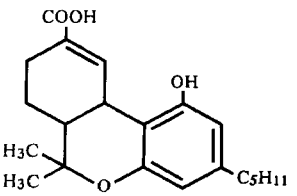
კანაბინოლი



Δ^9-ტეტრაჰიდროკანაბინოლი



Δ^8-ტეტრაჰიდროკანაბინოლი



Δ^9-ტეტრაჰიდროკანაბინოლის მჟავა

3.2. კანაბინოიდების ფარმაკოკინეტიკა და მეტაბოლიზმი

კანაბინოიდები მოწევისას სწრაფად (რამდენიმე წუთში) შეიწოვებიან. ამასთან, კბდ-ს დაშლის შედეგად იზრდება ფიზიოლოგიურად აქტიური კომპონენტების – კბ და Δ^9-ტჰკ-ს შემცველობა. Δ^9-ტჰკ დონე სისხლში სწრაფად მატულობს, 5-30 წუთის შემდეგ აღწევს მაქსიმალურ კონცენტრაციას და სწრაფად კლებულობს აქტიური მეტაბოლური პროცესების და ქსოვილებში ნივთიერებათა განაწილების გამო.

პერორალურად მიღებისას კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში ცუდი შეწოვის გამო Δ^9-ტჰკ-ს კონცენტრაცია სისხლში ნელა იზრდება, აღწევს რა მაქსიმალურ მნიშვნელობას 1.5-3 საათის შემდეგ. ნივთიერებების ნაწილი სისხლის მიმოქცევის დიდი წრის გვერდის ავლით დეპონირდება და მეტაბოლიზირდება ღვიძლში.

Δ^9-ტჰკ აბსორბციის ხარისხი მოწევისას და პერორალურად მიღებისას ინდივიდუალურია და შესაბამისად შეადგენს 2.56-დან, 6.20%-მდე.

Δ^9-ტჰკ-ს უმეტესობა ნაწილდება ლიპიდებით მდიდარ ქსოვილებში (ღვიძლში, თირკმელებში, ფილტვებში, ტვინში; ხანგრძლივად კავდება ღვიძლით, ელენთით და ძვლის ტვინით).

ქრონიკული მიღებისას Δ^9-ტჰკ დეპონირდება ცხიმოვან ქსოვილებში. უფრო პოლარული აქტიური მეტაბოლიტი-1-ჰიდროქსი-Δ^9-ტჰკ ხანგრძლივად ინახება ლიპიდებსა და ღვიძლში.

კანაბინოიდების მეტაბოლიზმი უმეტესად და საკმაოდ ინტენსიურად ხორციელდება ღვიძლში. აღმოჩენილია 50-მდე მეტაბოლიტი-ნივთიერებანი კანაფის კომპონენტები. მეტაბოლიზმის გზები, ექვემდებარებიან რა ზოგად კანონზომიერებებს, ამასთან განსხვავებული არიან – აქვთ სახეობითი და ინდივიდუალური თავისებურებანი და განსხვავებულად მიმდინარეობენ სხვადასხვა ქსოვილებში. Δ^9-ტჰკ მეტაბოლიზმი მოცემულია სქემა 17.7.

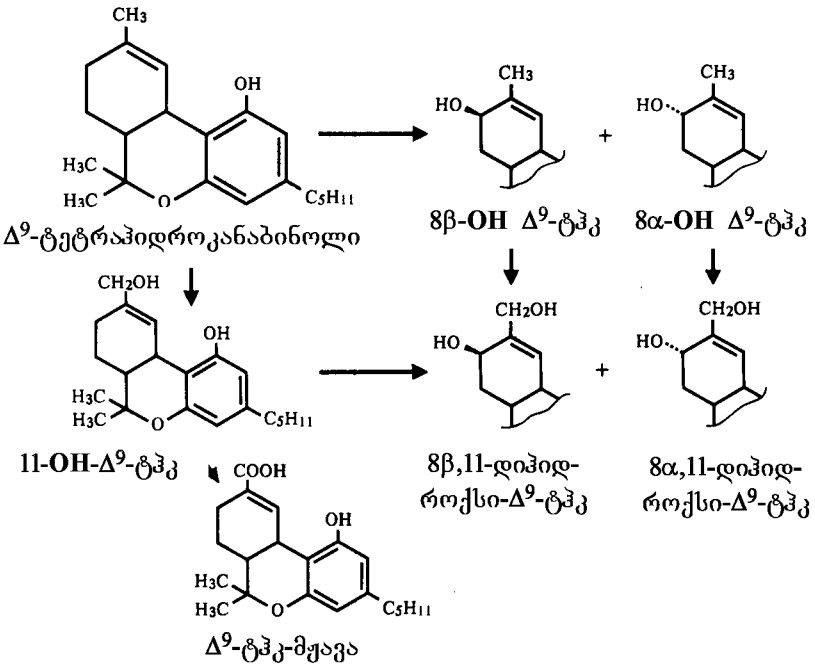
Δ^9-ტჰკ-ს ძირითადი არააქტიური მეტაბოლიტია 11-ნორკარბოქსი-Δ^9-ტჰკ და მისი კონიუგატი გლუკურონის მჟავასთან. პირველადი მეტაბოლიტი -C-11-თან დაჟანგვის პროდუქტი -11-ჰიდროქსი-Δ^9-ტჰკ უფრო აქტიურია ვიდრე საწყისი ნივთიერება. აქტიურია აგრეთვე 8β-ჰიდროქსი-Δ^9-ტჰკ.

მეტაბოლიტების გამოყოფა სწარმოებს შარდით, განავლით, ნერწყვის და სარძევე ჯირკვლების სეკრეტით.

Δ^9-ტჰკ დოზის დაახლოებით 80-90% გამოიყოფა მიღებიდან ხუთი დღის შემდეგ, ამასთან 20%-მდე შარდთან ერთად, ხოლო 65% – განავალთან ერთად. გამოყოფილი ნივთიერების რაოდენობა დამოკიდებულია შეყვანილ დოზებსა და გზებზე.

Δ^9-ტჰკ-ს გამოყოფის ხარისხი დამოკიდებულია ორგანიზმში მისი მიღების გზებზე (იხ. ცხრილი 17.9 (განსაზღვრულია პირველ დღე-ღამეში ერთჯერადი დოზის მიღების შემდეგ).

სქემა 17.7. Δ^9-ტჰკ-ს მეტაბოლიზმი



ცხრილი 17.9 Δ^9-ტჰკ-ს გამოყოფა (%-ში) სხვადასხვა გზით შეყვანის დროს

შეყვანის გზა	შარდი	განავალი
პარენტერალურად	15-25	37-45
პერორალურად	10-20	34-44
ინჰალაციურად	5-15	უცნობია

შარდთან ერთად კანაბინოიდები გამოიყოფიან მეტაბოლიტების სახით, რომელთაგან ძირითადია ტჰკ-მჟავა, რომლის 80% შეკავშირებულია გლუკურონის და გოგირდის მჟავეებთან. განავალთან ერთად უმეტესად გამოიყოფა ნაღვლის და ცხიმოვან მჟავეებთან კონიუგირებული Δ^9-ტჰკ და ტჰკ-მჟავა.

<u>3.3. კანაბინოიდების ანალიზი</u> გარკვეულ წილად გაძნელებულია ცხიმებში მათი მაღალი ხსნადობის და საანალიზო ბიოსითხეებში – შარდში და სისხლში მათი დაბალი კონცენტრაციების გამო. ამიტომ, კანაბინოიდების შემცველობას უფრო ხშირად ადგენენ მწეველების ხელის ნაბანში და პირის ღრუს გამონარეცხში.

კანაბინოიდების აღმოჩენის ყველაზე უფრო მარტივ და მგრძნობიარე მეთოდს წარმოადგენს იმუნოქიმიური მეთოდი, რომლითაც არა მარტო უმნიშვნელოვანესი მეტაბოლიტის – Δ^9-ტჰკ-მჟავას დეტექტირებას ახდენენ, არამედ აღმოა-

ჩენენ სხვა მეტაბოლიტებსაც. იმუნოფერმენტული მეთოდით ქრონიკული ნარკომანების შარდში უკანასკნელი მოხმარებიდან ერთი თვის განმავლობაში (4-დან 77 დღემდე) განისაზღვრება 20 ნგ/მლ-ზე მეტი, ხოლო ე.წ. "მსუბუქ" მომხმარებლებში – საშუალოდ 13 დღეში (3-დან 29 დღემდე)

უფრო სელექციური მეთოდები – გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფია, მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფია, გაზური ქრომატოგრაფია – მასს სპექტრომეტრიასთან ერთად – <u>გამოიყენებიან დამადასტურებელ მეთოდებად</u>. თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია ჩვეულებრივ გამოიყენება ხელის თითების, ხელისგულების, ტუჩების, პირის ღრუს ჩამონარეცხის ანალიზის დროს ანუ იმ ადგილების ანალიზისას, სადაც კონცენტრირდებიან მოწევის პროდუქტები, ჩამორეცხვას აწარმოებენ ეთილის სპირტში შესველებული ბამბის ან მარლის ტამპონით.

ტამპონიდან კანაბინოიდების ექსტრაჰირებას ახდენენ ორგანული გამხსნელებით – ეთილაცეტატით, ჰექსანით, პეტროლეინის ეთერით. ექსტრაქტს ააორთქლებენ 0.1-0.3 მლ-მდე და წინასწარი აღმოჩენისათვის იყენებენ ფერად რეაქციებს და თხელფენოვან ქრომატოგრაფიულ მეთოდს. ქრომატოგრაფირებას ახორციელებენ სისტემაში "პეტროლეინის ეთერი (40-70°C) – დიეთილის ეთერი (4:1)" – ორჯერადად. ქრომატოგრამას ამჟღავნებენ მტკიცე ლურჯი B ან BB 0.5%-იანი ხსნარით 10% ნატრიუმის კარბონატის ხსნარში. კანაბინოიდების *Rf* 0.76-ის ტოლია, ტეტრაჰიდროკანაბინოლისა კი – 0.84.

<u>მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ კანაბინოიდების აღმოჩენა მარტო ნარეცხებში არ არის დამადასტურებელი იმისა, რომ მოცემული პირი ეწეოდა ჰაშიშს</u>.

<u>§4. კ ო კ ა ი ნ ი</u>

<u>4.1. კოკაინის და მისი ძირითადი მეტაბოლიტების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები</u>

ფუძე კოკაინის ლღობის ტემპერატურა 98°C, ჰიდროქლორიდისა – 157°C (200-202°C). ბენზოილეკგონინის და მეთილეკგონინის ჰიდროქლორიდები ლღვებიან შესაბამისად 200°C და 215°C. კოკაინის და მისი მეტაბოლიტების ხსნადობა მოყვანილია ცხრილში 17.10.

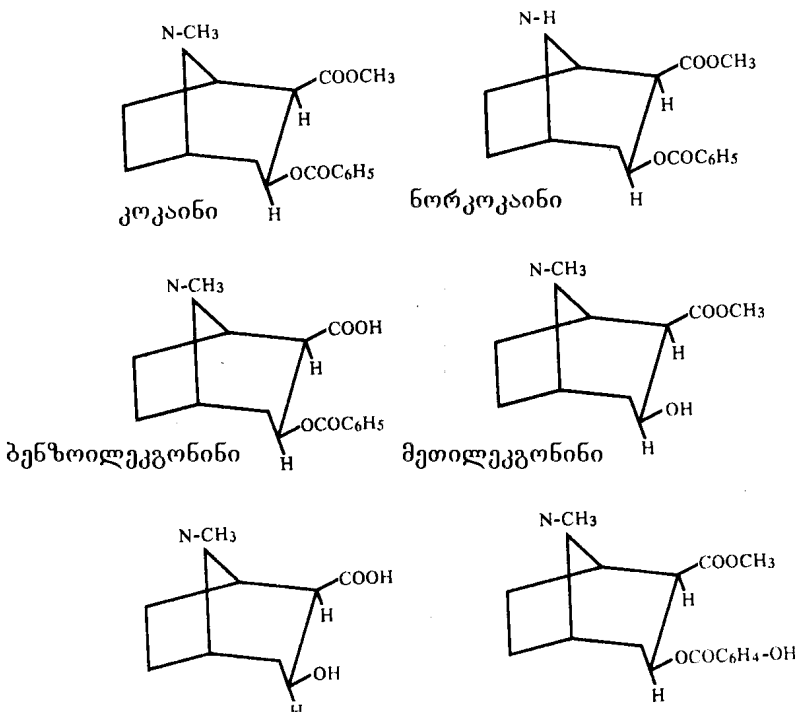
ცხრილი 17.10. კოკაინის, ბენზოილეკგონინის და ეკგონინის ხსნადობა (1 გ/მლ)

გამხსნელი	კოკაინი		ბენზოილეკგონინი		ეკგონინი	
	ფუძე	ჰიდრო-ქლორიდი	ფუძე	ჰიდრო-ქლორიდი	ფუძე	ჰიდრო-ქლორიდი
წყალი	1300	0.5	ხსნადია	ხსნადია	5	ხსნადია
ეთანოლი	7	4.5	ხსნადია	ხსნადია	67	სუსტად
დიეთილის ეთერი	4	უხსნადია	-	-	-	-
ქლოროფორმი	0.5	18	-	-	-	-
ეთილაცეტატი	-	-	-	-	75	-

4.2. კოკაინის ფარმაკოკინეტიკა და მეტაბოლიზმი.

კოკაინის ძირითადი მეტაბოლიტები (იხ.სქემა 17.8) – ბენზოილეკგონინი, ეკგონინი და ეკგონინის მეთილის ეთერი არააქტიურებია; მცირე რაოდენობით წარმოიქმნება აქტიური მეტაბოლიტი – ნორკოკაინი; სხვა მეტაბოლიტებიდან აღინიშნება ეთილეკგონინი, ჰიდროქსიკოკაინი და მეთილეკგონინი. ვენაში შეყვანილი კოკაინის ყოველდღიური დოზის (120 მგ-ის) 1-დან 9%-მდე გამოიყოფა შეუცვლელი სახით, 35-დან 55%-მდე – ბენზოილეკგონინის სახით.

სქემა 17.8. კოკაინის მეტაბოლიტები



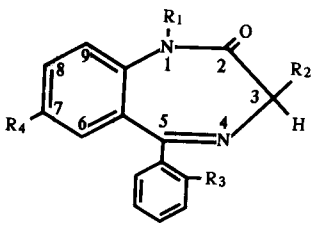
კოკაინის ნატიური სახით გამოყოფა იზრდება შარდის pH-ის შემცირებასთან ერთად. დოზის (1.5 მგ/კგ) ორგანიზმში მოხვედრის დასაწყისში 4%-ზე მეტი გამოიყოფა უცვლელი სახით 24 საათში და 16-34% დოზისა ბენზოილეკგონინის სახით. კოკაინის განაწილების მოცულობა (V_d) 1-დან 3 ლ/კგ-ია, კლირენსი – 10-

30 მლ/კგ, ხოლო ნახევარგამოყოფის პერიოდი – 0.7-1.5 სთ (მეტაბოლიტების ფორმულები მოყვანილია ზემოთ). კოკაინი აქტიურად აგრძელებს მეტაბოლიზირებას შარდის აღებულ სინჯში, ამიტომ სინჯს უმატებენ კონსერვანტს – ნატრიუმის ფტორიდს.

§5. 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები

ტრანკვილიზატორებიდან ბენზოდიაზეპინები გამოირჩევიან განუმეორებელი აქტიურობით, თერაპიული მოქმედების სპექტრით და მცირე ტოქსიკურობით. უფრო მეტიც, ფიზიოლოგიურად აქტიური ბენზოდიაზეპინების რიცხვი ყოველწლიურად განუწყვეტლივ იზრდება, როგორც 1,4-ბენზოდიაზეპინების წარმოებულების, ასევე 1,5- და 2,3-ბენზოდიაზეპინების წარმოებულების სინთეზისა და კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვის ხარჯზე.

ცხრილი 17.11. ზოგიერთი ბენზოდიაზეპინის ქიმიური სტრუქტურა

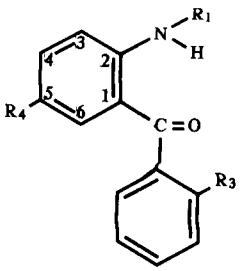


1-4 ბენზოდიაზეპინი	R_1	R_2	R_3	R_4
ოქსაზეპამი (ნოზეპამი)	H	OH	H	Cl
დიაზეპამი (სიბაზონი)	CH_3	H	H	Cl
ნიტრაზეპამი	H	H	H	NO_2
ფენაზეპამი	H	H	Cl	Br
გიდაზეპამი	CH_2-C(O)-NH-NH_2	H	H	Br
მედაზეპამი (მეზაპამი)*	CH_3	H	H	Cl
ქლორდიაზეპოქსიდი (ქლოზეპიდი)**	H	H	H	Cl
* C=0 ნაცვლად მე-2 მდებარეობაში დგას CH_2 ** C=0 ნაცვლად მე-2 მდებარეობაში დგას C-NH(CH_3), მე-4 მდებარეობაში NO, ორმაგი ბმა N(1)=C(2).				

ამ ჯგუფში შედის დაახლოებით 100 დასახელების იმპორტული და სამამულო პრეპარატი და 2000-ზე მეტი მოცემული სტრუქტურის ფარმაკოლოგიურად აქტიური ნივთიერება. მოცემული ჯგუფის ნაერთების არასამედიცინო მიზნებით გამოყენების შემთხვევების ზრდამ გამოიწვია ის, რომ გაეროს ნარკოტიკების

კომისიამ 1984 წელს ეს ჯგუფი აიყვანა საერთაშორისო კონტროლზე. ყველაზე მეტად გავრცელებული ზოგიერთი ბენზოდიაზეპინის და მათი ჰიდროლიზის პროდუქტების ზოგადი ფორმულა და სტრუქტურა მოცემულია 17.11. და 17.12. ცხრილებში.

ცხრილი 17.12. ზოგიერთი ბენზოფენონის ქიმიური სტრუქტურა



ბენზოდიაზეპინები	ჰიდროლიზის პროდუქტი – ბენზოფენონი	
	სახელწოდება	შემოკლება
ოქსაზეპამი	2-ამინო-5-ქლორბენზოფენონი	აქბ
ქლორდიაზეპოქსიდი	“—“	“—“
დიაზეპამი	2-მეთილამინო-5-ქლორბენზოფენონი	მქბ
ნიტრაზეპამი	2-ამინო-5-ნიტრობენზოფენონი	ანბ
ფენაზეპამი	(2-ამინო, 5-ბრომ), 2′-ქლორბენზოფენონი	აბქბ

5.1. ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

1-4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები სუსტი ფუძეები ან ამფოლიტებია. მოცემული ტიპის ნაერთების ფუძიანობა იზრდება მათ მოლეკულაში ელექტრონოდონორული ჩამნაცვლებლების შეყვანით. კარბონილის, ჰიდროქსი და კარბოქსი ჯგუფების შეყვანა მოლეკულებში ამცირებს ნივთიერებების ფუძე ხასიათს (ქლოზეპიდის pK_a მნიშვნელობა – 4.6; სიბაზონის – 3.4; მეზაპამის – 6.27; ფენაზეპამის – 2.3 და 12.5; ნიტრაზეპამის – 3.2 და 10.5; ლორაზეპამის – 1.3 და 11.5). pK_a მეორე მნიშვნელობა განისაზღვრება ამიდური ჯგუფის მჟავური ხასიათით.

1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების ფუძეები ცუდად იხსნებიან წყალში (ნოზეპამი – 0.03, სიბაზონი – 0.05, ქლოზეპიდი – 2, ლორაზეპამი – 0.08 მგ/მლ). ამავე დროს ისინი საკმაოდ კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში: ეთა-

ნოლში (ნოზეპამი – 4.3, სიბაზონი – 41, ქლოზეპიდი – 23, ლორაზეპამი – 14 მგ/მლ), ქლოროფორმში (ნოზეპამი – 3, სიბაზონი – 500, ქლოზეპიდი – 17, ლორაზეპამი – 3 მგ/მლ), რამდენადმე უფრო ცუდად დიეთილის ეთერში.

1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების ელექტრონულ სპექტრებს ახასიათებთ შთანთქმის სამი მაქსიმუმი 200-215 ნმ, 220-240 ნმ და 290-330 ნმ.

ორი პირველი მაქსიმუმი შეესაბამება არომატული ქრომოფორების აღგზნებას, მესამე, გრძელტალღოვან მაქსიმუმს მიაკუთვნებენ ბენზოლის ბირთვთან დაკავშირებულ აზომეტინური ბმის შთანთქმას.

ბენზოდიაზეპინების ამფოტერული თვისებები იწვევს სპექტრის ხასიათის შეცვლას იმ ხსნარის pH-ის სიდიდის მიხედვით, რომელშიც იღებენ სპექტრს. მჟავა არეში სპექტრის ცვლილებებს მიაწერენ ბირთვის პირველ და მეოთხე მდებარეობაში მყოფ აზოტის ატომების პროტონირებას, ხოლო ტუტე არეში კი აზომეტინური ფრაგმენტის ლაქტამ-ლაქტამურ ტაუტომერიას და ქრომოფორების ბმის ჯაჭვის გაზრდას (ცხრილი 17.13).

ცხრილი 17.13. 1,4-ბენზოდიაზეპინების, მათი ძირითადი მეტაბოლიტების და ბენზოფენონების შთანთქმის მაქსიმუმები

N	ნივთიერება	$\lambda_{(max)}$, ნმ		
		96% ეთანოლი	0.1 N HCl	0.1 N NaOH
1	ქლოზეპიდი	245, 267	245, 310	261
2	დემოქსეპამი	235, 312	235	243, 257
3	1,1′-დიმეთილქლოზეპიდი	242, 263	246, 310	258
4	2-ამინო-5-ქლორბენზოფენონი	232, 392	260	
5	დიაზეპამი	230, 255	241, 285, 360	229
6	ნორდიაზეპამი	228, 325	232, 282, 370	340
7	3-ჰიდროქსისიბაზონი	231, 255, 315	235, 283, 355	
8	ნოზეპამი	229, 324	234, 281	234, 340
9	2-მეთილამინო-5-ქლორბენზოფენონი	236, 410	270	
10	ნიტრაზეპამი	220, 258, 312	280	226, 258, 357
11	2-ამინონიტრაზეპამი	242, 350	232, 282, 350	238, 350
12	2-აცეტამიდონიტრაზეპამი	242, 330	257	237

13	2-ამინო-5-ნიტრობენზოფენონი	230, 350	355	355
14	2,5-დიამინობენზოფენონი	232, 363	232, 357	243, 400
15	მეზაპამი	231, 252, 360	254	
16	ლორაზეპამი	229, 322	230	234, 349
17	2-ამინო-5,2′-დიქლორბენზოფენონი	233, 266, 330, 394	232, 394	394
18	2-ამინო-5-ბრომ-2′-ქლორბენზოფენონი	232, 403		
19	ფენაზეპამი	230	241	

ადვილად ინტერპრეტირებადი ინფრაწითელი სპექტრები მიიღება ოთხქლორნახშირბადის ხსნარებთან მუშაობის დროს. თუმცა მასში რიგი ბენზოდიაზეპინების დაბალი ხსნადობა ყოველთვის არ იძლევა ასეთი სპექტრების მიღების საშუალებას. 1,4-ბენზოდიაზეპინების კრისტალური ნიმუშების სპექტრები, როგორც წესი, უფრო რთულია მოლეკულათაშორისი ურთიერთქმედების გამო. მათში სარწმუნო მიკუთვნება შეიძლება გაკეთდეს მხოლოდ ზოგიერთი დამახასიათებელი უბნისათვის (ცხრილი 17.14).

ცხრილი 17.14. 1,4-ბენზოდიაზეპინების ინფრაწითელი სპექტრების ძირითადი მახასიათებელი სიხშირეები, სმ$^{-1}$.

ქლოზეპიდი	დიაზეპამი	ნიტრაზეპამი	ოქსაზეპამი	რხევის ტიპი, ბმა
1700	-	1710	1706	N-H (ვალენტური)
1625	1680	1685	1687	C=O (ვალენტური)
1590	-	-	1578	N→O; NO_2 (ვალენტური)
1260	-	1255	-	C_{ap}-H (დეფორმაციული)
850	840	-	830	C_{ap}-Cl (დეფორმაციული)
760	740	748	-	C_{ap}-H (დეფორმაციული)
690	705	-	693	C_{ap}-Cl (ვალენტური)

1,4-ბენზოდიაზეპინების ხსნარები უფრო სტაბილურია სპირტებში, ვიდრე წყალში. მჟავა წყლიან ხსნარებში, განსაკუთრებით შეთბობისას, 1,4-ბენზოდიაზე-

პინები ჰიდროლიზირდებიან ყვითელი ფერის ამინობენზოფენონების წარმოებულების წარმოქმნით. განსაკუთრებით სწრაფად მიმდინარეობს ოქსაზეპამის და დიაზეპამის ჰიდროლიზი. ფენაზეპამი და მედაზეპამი კი პირიქით – ძნელად ჰიდროლიზირდებიან. წყლის ძალიან მცირე რაოდენობის (1%) არსებობისას დაშლის პროდუქტი შეიძლება იყოს ქინოლონიც.

ბიოლოგიურ ობიექტებში 1,4-ბენზოდიაზეპინების სტაბილურობა სხვადასხვაა და არსებითად არის დაკავშირებული მათ სტრუქტურაზე. ასე მაგალითად, დიაზეპამი პლაზმაში პრაქტიკულად არ იშლება სამი კვირის განმავლობაში ოთახის ტემპერატურაზე, რვა კვირა 4°C და ერთი წელი – -20°C-ზე. ნიტრაზეპამი პლაზმაში სტაბილურია სულ ცოტა სამი კვირა 4°C-ზე (სიბნელეში) და სამ კვირაზე მეტი გაყინულ ნიმუშში.

1,4-ბენზოდიაზეპინების შემცველი გვამის შინაგანი ორგანოების (ღვიძლი, კუჭი, ნაწლავები) და ბიოლოგიური სითხეების (შარდი) შენახვისას ოთახის ტემპერატურაზე ამ უკანასკნელზე მოქმედებენ ბიოტრანსფორმაციული და დაშლის სხვადასხვა პროცესები. ასე მაგალითად, ნიტრაზეპამი აღდგება 7-ამინოწარმოებულამდე, რომელიც ოთხი კვირის განმავლობაში იშლება 2,5-დიამინობენზოფენონამდე. აღდგენის პროცესების პარალელურად მიმდინარეობს ნიტრაზეპამის ჰიდროლიზი 2-ამინო-5-ნიტრობენზოფენონამდე. საკმაოდ სწრაფად (1-8 კვირის განმავლობაში) იშლება ქლოზეპამი გვამურ მასალაში. ძირითადი რეაქციებია – დაჟანგვა და ჰიდროლიზი. ჰიდროლიზური პროცესების შედეგად წარმოიქმნება 2-ამინო-5-ქლორბენზოფენონი, დაჟანგვის შედეგად კი დემოქსეპამი; ეს უკანასკნელი მიკროორგანიზმების მოქმედებით აღდგება ნორდიაზეპამამდე.

5.2. 1,4-ბენზოდიაზეპინების ფარმაკოკინეტიკა და მეტაბოლიზმი

ყველა ბენზოდიაზეპინი კარგად შეიწოვება საჭმლის მომნელებელ ტრაქტიდან, აღწევს რა სისხლში მაქსიმალურ დონეს 1-3 საათის შემდეგ, ამასთან აღინიშნება ზოგიერთი განსხვავება ორგანიზმში მათ მოქმედებაში. ბენზოდიაზეპინები აქტიურად უკავშირდებიან სისხლის ცილებს, გროვდებიან ცხიმოვან ქსოვილებში და მათგან გამოიყოფიან სისხლში. ამ მოვლენითაა მნიშვნელოვანწილად განპირობებული მათი ნახევარგამოყოფის საკმაოდ ხანგრძლივი პერიოდი (იხ. ცხრილი 17.15).

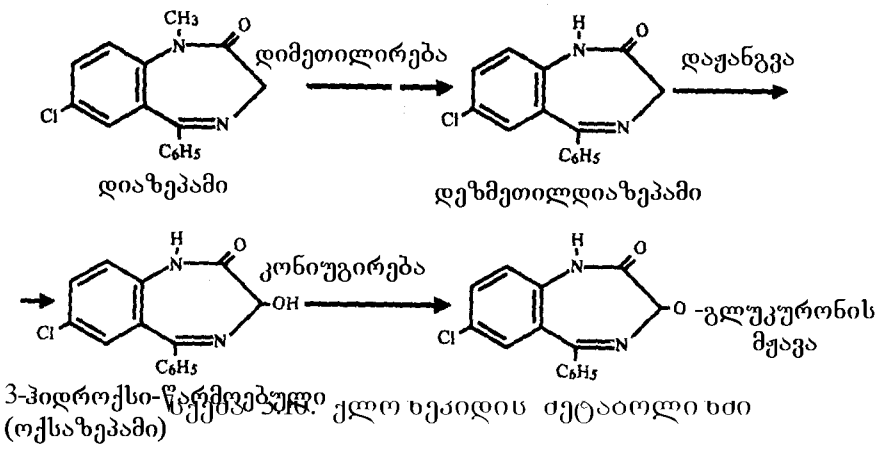
ცხრილი 17.15. ზოგიერთი ბენზოდიაზეპინების ფარმაკოკინეტიკური პარამეტრები.

ნივთიერება	pK_a	ნახევარგამოყოფის პერიოდი $T_{1/2}$(სთ)	განაწილების მოცულობა, V_d, მგ/კგ წონაზე	პლაზმის ცილებთან შეკავშირება, %
ქლოზეპიდი	4.6	8-28	0.3-0.5	94-97
დიაზეპამი	3.3	20-96	0.7	98
ოქსაზეპამი	1.6	7-14	1.6	90
ნიტრაზეპამი	3.2	21-28	2.1	85
ლორაზეპამი	1.3	10-16	-	94
კლონაზეპამი	11.5	10-40	-	82

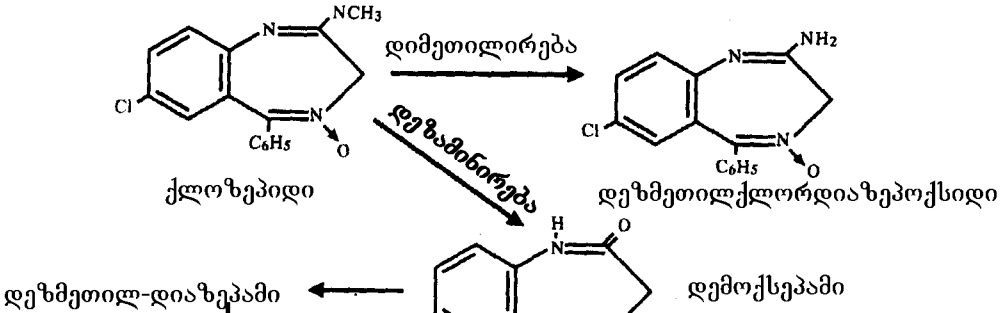
ბენზოდიაზეპინები პირველ რიგში გამოიყოფიან შარდთან ერთად (დოზის 60%-ზე მეტი), დანარჩენი გამოიყოფა საჭმლის მომნელებელი ტრაქტიდან.

ბენზოდიაზეპინების წარმოებულები ბიოტრანსფორმაციას განიცდიან ღვიძლში, გარდაიქმნებიან რამდენიმე მეტაბოლიტად, რომლებიც თავის მხრივ ამჟღავნებენ მაღალ ფარმაკოლოგიურ აქტიურობას. ბიოტრანსფორმაციის პროცესები მრავალფეროვანია, მოიცავენ დაჟანგვის, დიმეთილირების, დეზამინირების, ჰიდროქსილირების, აცეტილირების, აღდგენის და გლუკურონის მჟავასთან კონიუგაციის რეაქციებს (იხ. სქემები 17.9-17.11).

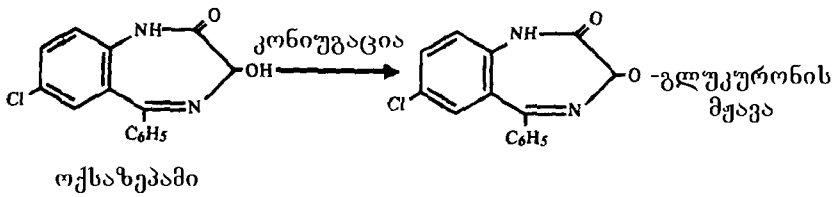
სქემა 17.9. დიაზეპამის (სიბაზონის) მეტაბოლიზმი



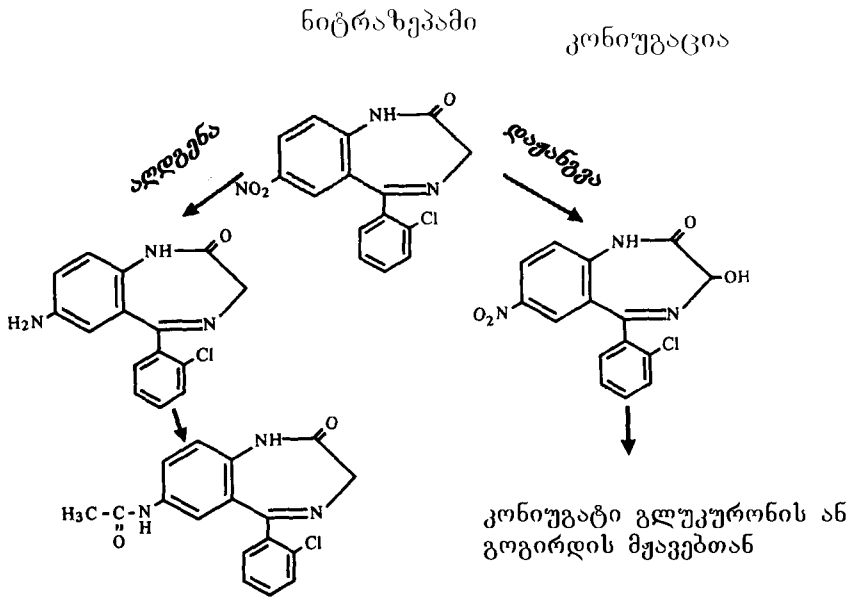
სქემა 17.10. ქლოზეპიდის მეტაბოლიზმი



სქემა 3.11. ოქსაზეპამის მეტაბოლიზმი

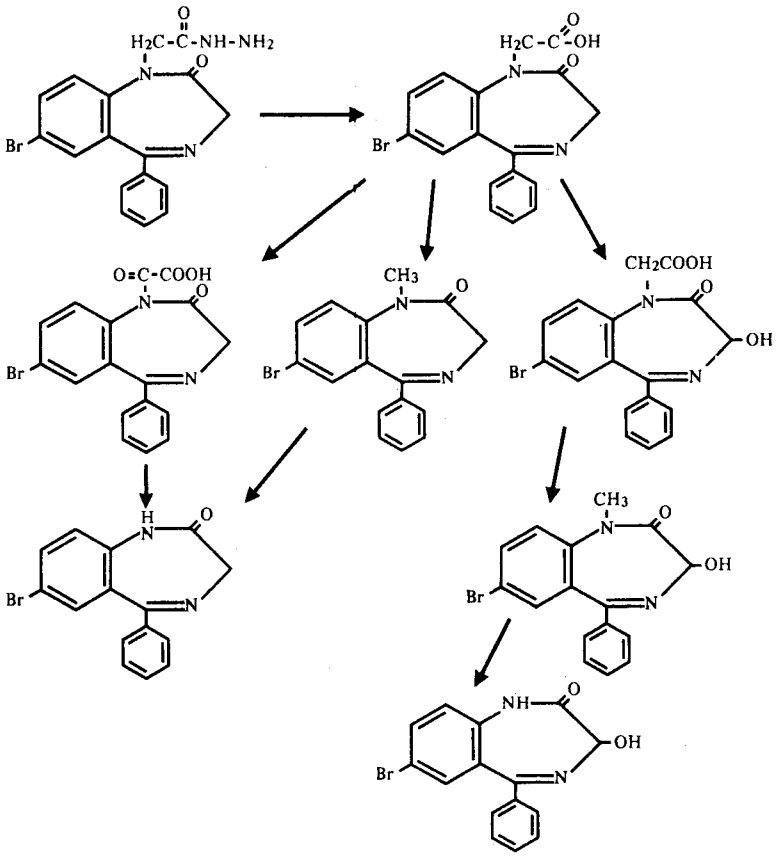


სქემა 17.10. ნიტრაზეპამის მეტაბოლიზმი



სქემა 17.11 გიდაზეპამის მეტაბოლიზმი

გიდაზეპამი



5.3. ბენზოდიაზეპინების ანალიზი

1,4-ბენზოდიაზეპინების შემცველი ობიექტების ანალიზში სადღეისოდ გამოყოფენ ორ ძირითად მიმართულებას: 1) ანალიზი ჰიდროლიზის პროდუქტების – ამინობენზოფენონების მიხედვით; 2) ანალიზი ნატიური ნაერთებისა და მეტაბოლიტების მიხედვით.

პირველი მიმართულება ძირითადად ითვალიწინებს 1,4-ბენზოდიაზეპინების და მათი მეტაბოლიტების მჟავურ ჰიდროლიზს (წინასწარი ექსტრაქციის, სორბციის ან ქსოვილების დესტრუქციის პროცესში შესაბამის ამინობენზოფენონებამდე გარდაქმნის შემდეგ) და მათი შემდგომი იდენტიფიკაციისათვის ქრომატოგრაფიული და სპექტრალური მეთოდების გამოყენებას.

მეორე, უფრო რთული მიმართულება, მოიცავს ნატიური ნაერთების და რიგი ჰიდროფობური მეტაბოლიტების იზოლირებას შემჟავებული წყლით (ორგანოები, ქსოვილები) და მათ შემდგომ კონცენტრირებას ორგანული გამხსნელებით ექსტრაქციის ან სორბციის გზით. ბიოლოგიური სითხეებისათვის გამოიყენება პირდაპირი ექსტრაქცია ორგანული გამხსნელებით pH=6-8 დროს ან სორბცია პოლისორბ-1-ზე.

ბენზოდიაზეპინების და მათი მეტაბოლიტების შემდგომი აღმოჩენისა და განსაზღვრისათვის გამოიყენება ანალიზური მეთოდების კომპლექსი.

პირველი მიმართულება გამოიყენება ქლოზეპიდის, ნოზეპამის, სიბაზონის, ფენაზეპამის, ლორაზეპამის, უფრო ნაკლებად ნიტრაზეპამის განსაზღვრისას (წამლის ფორმების ანალიზისას და ბიოლოგიური ობიექტების კვლევის ცალკეულ ეტაპებზე). მოცემული მიმართულება ნაკლებად შესწავლილი რჩება მედაზეპამის მიმართ.

1,4-ბენზოდიაზეპინების ამინობენზოფენონების მიხედვით გამოკვლევის ძირითადი უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ მოცემული ხერხი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ნატიური ნაერთის და რიგი მისი მეტაბოლიტების ჯამი. ჰიდროლიზირებული ბენზოდიაზეპინების ანალიზის უარყოფით შედეგს ეძლევა ე.წ. "უარყოფითი სასამართლო-ქიმიური მნიშვნელობა". დადებითი შედეგისას აუცილებელია გაგრძელდეს გამოკვლევა ნატიურ ნაერთებზე, რაც შხამის ბუნების უფრო ზუსტად განსაზღვრის საშუალებას იძლევა (განსაკუთრებით ქლოზეპიდის, ნოზეპამის და სიბაზონის შემთხვევაში).

ამინობენზოფენონების მიხედვით გამოკვლევა მოიცავს სამ ძირითად ეტაპს: მჟავურ ჰიდროლიზს, ამინობენზოფენონების ექსტრაქციას და ექსტრაქტების ანალიზს. ობიექტებს (წამლის ფორმების ნაშთს, შარდს, სისხლს, ორგანოების ჰომოგენატებს ან მათგან მიღებულ ექსტრაქტებს) დაასხამენ 0.1 M HCl და აცხელებენ 140-145°C 60 წუთის (სისხლი, შარდი, წამლის ფორმების ნაშთი, ღვიძლის ქსოვილი, თირკმლები) ან 80-90 წუთის (კუჭის ან ნაწლავის კედლები) განმავლობაში. დიაზეპამზე, ნოზეპამზე და ნიტრაზეპამზე მიმართული გამოკვლევისას ჰიდროლიზის დრო შეიძლება შემცირდეს 30 წუთამდე, ხოლო ტემპერატურა 120°C-მდე.

ამინობენზოფენონების ექსტრაქციას ჰიდროლიზატებიდან ახდენენ ორგანული გამხსნელებით pH=6-8 დროს. შინაგანი ორგანოების გამოკვლევისას ექსტრაქციას აწარმოებენ ჰიდროლიზატების წინასწარი მოცილების შემდეგ ფილტრაციით ან ცენტრიფუგირებით. ექსტრაჰენტებია – ქლოროფორმის და იზოამილის სპირტის 100:1 ნარევი (ქსოვილების და ორგანოების ჰიდროლიზატები, წამლის ფორმების ნაშთი) ან ჰეპტანი (სისხლის და შარდის ჰიდროლიზატი).

თხელფენოვანი ქრომატოგრაფია (სილიკაგელი) ძირითადად გამოიყენება გვამის შინაგანი ორგანოების, შარდის და წამლის ფორმების გამოკვლევის დროს. მეთოდი ითვალიწინებს ამინობენზოფენონების როგორც დაყოფას, ასევე აღმოჩენას საკუთარი ფერის, ულტრაიისფერ არეში ფლუორესცენციის (2-მეთილ-

ამინო-5-ქლორბენზოფენონი), N-α-ნაფტილეთილენდიამინთან, 3-ნაფტილთან აზოსაღებავის წარმოქმნის და ა.შ. საშუალებით. ამინობენზოფენონების აღმოსაჩენი მინიმუმია 1-5 მკგ.

რეაგენტებით დამუშავებული ზონებიდან შეიძლება ამინობენზოფენონების ელუირება სპირტით ან აცეტონით მათი ელექტრონული სპექტრების გადაღების და გაზურ-ქრომატოგრაფიული გამოკვლევის მიზნით. ეთანოლის ხსნარში ამინობენზოფენონს ახასიათებს შთანთქმის ძირითადი ზოლები 230-240 ნმ და 390-410 ნმ უბანში.

ნატიური ნაერთების მიხედვით 1,4-ბენზოდიაზეპინებზე გამოკვლევის დროს ობიექტებს წარმოადგენენ სისხლი, პლაზმა, შრატი, შარდი (არანაკლებ 10 მლ), ღვიძლი, თირკმლის ქსოვილი (არანაკლებ 200 გ), კუჭი და წვრილი ნაწლავი შიგთავსით (არანაკლებ 100 გ).

ამოღებული ობიექტები შეძლებისადაგვარად სწრაფად უნდა იქნეს გაგზავნილი გამოკვლევაზე გაყინულ მდგომარეობაში. <u>ეთანოლით კონსერვირება არ არის რეკომენდებული. ბიოლოგიური ობიექტების ანალიზი 1,4-ბენზოდიაზეპინებზე სასურველია ჩატარდეს დაუყოვნებლივ!</u> 1,4-ბენზოდიაზეპინების უმრავლესობა უკავშირდება სისხლის ცილებს (ძირითადად ალბუმინებს). მათი თერაპიული დოზები შეიძლება განისაზღვროს გაზურ-სითხური (გსქ) და მაღალეფექტური სითხური ქრომატოგრაფიის (მესქ) თანამედროვე მეთოდებით. მოცემული მეთოდები წარმატებით გამოიყენებიან შარდის ანალიზის დროსაც, ზოგჯერ თხელფენოვან ქრომატოგრაფიასთან ერთად. ამასთან, უნდა გავითვალისწინოთ, რომ თუ სისხლი (პლაზმა, შრატი) განსაკუთრებით ძვირფასი ობიექტია 1,4-ბენზოდიაზეპინების თერაპიული, ტოქსიკური ან ლეტალური კონცენტრაციების დასადგენად, შარდის ქრომატოგრაფიული გამოკვლევის შედეგად მიღებული ინფორმაცია, საშუალებას იძლევა უფრო ზუსტად დავადგინოთ ბენზოდიაზეპინის ბუნება.

“ნატიური ნაერთი/მეტაბოლიტის” კონცენტრაციათა ფარდობა საშუალებას იძლევა დავადგინოთ ორგანიზმში მისი ყოფნის ხანგრძლივობა.

1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიული (თფქ) გამოკვლევების მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 17.16.

ცხრილი 17.16. 1,4-ბენზოდიაზეპინების *Rf*-ის მნიშვნელობა ზოგად და კერძო სისტემებში

	ზოგადი სისტემები	კერძო სისტემები

ნივთიერება	ქლოროფორმი-აცეტონი (80:20)	ეთილ-აცეტატი	ქლოროფორ-მი-მეთანოლი (90:10)	ეთილაცეტატი-მეთანოლი-ამიაკი (85:10:5)	მეთანოლი
ქლოზეპიდი	0.62	0.00	0.50	0.10	0.51
დიაზეპამი	0.75	0.23	0.73	0.58	0.77
ნიტრაზეპამი	0.72	0.00	0.531	0.35	0.60
ოქსაზეპამი	0.56	0.00	0.40	0.22	-

1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების აღმოჩენას აწარმოებენ რეაგენტებით, რომლებიც იძლევიან სხვადასხვა შეფერვას.

ა) ძმარმჟავაში განზავებული დრაგენდორფის რეაქტივი იძლევა ნარინჯისფერ და მოყვითალო-ნარინჯისფერ კომპლექსურ მარილებს;

ბ) FPN რეაქტივი (რკინის (III) ქლორიდის ნარევი ქლორის და აზოტმჟავასთან) ბენზოდიაზეპინებს ჟანგავს ყვითლად შეფერილი პროდუქტების წარმოქმნით;

გ) მარკის რეაქტივი წარმოქმნის ყვითელი ფერის პროდუქტებს;

დ) შემჟავებული იოდპლატინატი წარმოქმნის მუქ ლაქებს.

გაზურ-სითხური ქრომატოგრაფიით 1,4-ბენზოდიაზეპინების წარმოებულების და მათი მეტაბოლიტების აღმოსაჩენად გამოიყენება ზოგადი სისტემა: მინის კალონკა 2მ×4მმ 2.5% SE-30 Q ქრომოსორბზე (80-100 სმ). ქლოზეპიდს და მის მეტაბოლიტებს აქვთ შემდეგი დაკავების ინდექსები: ქლოზეპიდს – 2453, დებოქ-სეპამს – 2529, დეზმეთილდიაზეპამს – 2496, ოქსაზეპამს – 2336, დიაზეპამს – 2425, ნიტრაზეპამს – 2885, 7-აცეტამიდონიტრაზეპამს – 3263, 7-ამინონიტრაზეპამს – 2900, 7-ამინო-3-ჰიდროქსი-ნიტრაზეპამს – 2890.

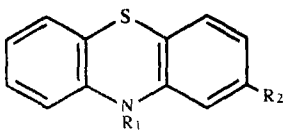
§6. ფენოთიაზინის წარმოებულები

ამინაზინი, დიპრაზინი, ლევოპრომაზინი და თიორიდაზინი არიან ის პრეპა-რატები, რომლებზეც ყველაზე უფრო ხშირად აწარმოებენ ბიოლოგიური ობი-ექტების ანალიზს.

მოცემული ნაერთები ფუძეების სახით ცუდად იხსნებიან წყალში, კარგად – ეთანოლში, ქლოროფორმში, ეთერში. ფენოთიაზინების მაღალი ლიპოფილურობა განაპირობებს მათ კარგ დეპონირებას ცხიმოვან ქსოვილებში, რის შედეგადაც მათ აქვთ მაღალი ნახევარგამოყოფის პერიოდი ე.ი. ნელა გამოიყოფიან ორგა-

ნიზმიდან. ფენოთიაზინები ფუძე ხასიათის ნივთიერებებია. ასე მაგალითად ამინაზინის pK_a-9.3, დიპრაზინის – 9.1, თიორიდაზინის – 9.5, ლევომეპრომაზინის – 9.3.

ფენოთიაზინის წარმოებულების ხსნარები ინტენსიურად შთანთქავენ სპექტრის ულტრაიისფერ უბანში. მათ სპექტრში აღინიშნება ორი მაქსიმუმი – 250-255 და 320 ნმ. მაქსიმუმების მდებარეობა განისაზღვრება ფენოთიაზინის მოლეკულაში ჩამნაცვლებლების სახეობით და მდებარეობით.



მეტაბოლიტებს, განსაკუთრებით სულფოქსიდებს, უფრო რთული სპექტრი აქვთ, მაგალითად განზავებულ მჟავაში ქლორპრომაზინსულფოქსიდის სპექტრი ხასიათდება ოთხი მაქსიმუმით 239, 274, 300 და 341 ნმ-ზე.

ინფრაწითელი სპექტრების ძირითადი მახასიათებელი სიხშირეები, რომლებიც ასახავენ ფენოთიაზინების კავშირების ტიპებს და ფუნქციონალურ ჯგუფებს მოცემულია ცხრილში 17.17.

ცხრილი 17.17. ფენოთიაზინების ინფრაწითელი სპექტრების ძირითადი მახასიათებელი სიხშირეები, სმ$^{-1}$.

ამინაზინი	დიპრაზინი	ლევომეპ-რომაზინი	თიორიდაზინი	რხევის და კავშირების ტიპები
1561	-	1580	-	N-H (დეფორმაციული)
1240	1259,1287	1270	1248, 1281	C-N (ვალენტური)
1220	1229	1205	1234	C-S (ვალენტური)
1095	-	1030	-	C-S (დეფორმაციული)
747	758	752	754	C-H (დეფორმაციული)

ფენოთიაზინების წარმოებულები ქიმიურად ძალიან ლაბილური ნაერთებია, განსაკუთრებით ადვილად იჟანგება გოგირდის ატომი სულფოდაჟანგვის სხვადასხვა პროდუქტების წარმოქმნით. დაჟანგვის რადიკალური რეაქციები ერთნაირად ადვილად ხორციელდება როგორც ამ ნივთიერებათა ხსნარებში გარემომცველი არის პირობებში, ასევე ცოცხალ ორგანიზმში.

ძირითადი მეტაბოლური რეაქციებია სულფოდაჟანგვა, N-დიმეთილირება, ჰიდროქსილირება, დაჟანგვა, კონიუგაცია გლუკურონის მჟავასთან.

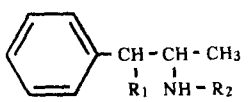
ფენოთიაზინები ძირითადად შარდით გამოიყოფა. ბიოლოგიურ სითხეებში ფენოთიაზინების განსაზღვრის მეთოდები აღწერილია ე. მ. სოლომატინის შრომებში.

§.7. ფენილალკილამინები

ფენილალკილამინები ცენტრალური ნერვული სისტემის სტიმულატორებია, წარმოადგენენ სიმპატომიმეტიკებს. ზოგიერთი ნაერთები გამოიყენებიან <u>მედიცინაში</u> (ეფედრინი-α-, β-ადრენოსტიმულატორი, იწვევს სისხლძარღვების შევიწროებას, არტერიული წნევის მომატებას), <u>სპორტში</u> – აკრძალული დოპინგური საშუალებების და ფსიქომოტორული სტიმულატორების სახით (ამფეტამინი, მეტამფეტამინი), როგორც <u>ნარკოტიკული საშუალება</u> (ეფედრონი). ფენილალკილამინების მოქმედების ხანგრძლიობა თითქმის ერთნაირია და შეადგენს 4-6 საათს.

7.1. ფენილალკილამინების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

<u>ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით ფენილალკილამინები ფუძე ხასიათის ნივთიერებებია</u>. მათი ზოგადი ფორმულაა:



ფუძის სახით ეს ნივთიერებანი (ეფედრინის გარდა) ზეთოვანი, ძნელადაქროლადი სითხეებია.

მათი მარილები მარილმჟავასა და გოგირდმჟავასთან – თეთრი ან ოდნავ კრემისფერი ფხვნილები ან კრისტალებია, რომლებიც ადვილად იხსნებიან პოლარულ გამხსნელებში (წყალში, ეთანოლში, მეთანოლში), პრაქტიკულად უხსნადებია ქლოროფორმსა და ეთერში.

ნივთიერებანი ოპტიკურად აქტიურები არიან: არჩევენ მარცხნივ მბრუნავ (L), მარჯვნივ მბრუნავ (D) და რაცემატულ (L, D) იზომერებს, რომლებიც განსხვავებული არიან კრისტალების ფორმებით, ხსნადობით, ლღობის ტემპერატურით.

მჟავა-წყლიან არეში ფენილალკილამინების ულტრაიისფერ სპექტრებს აქვთ ნაზი რხევითი სტრუქტურა, რომელიც დამახასიათებელია ბენზოლური შთანთქმისათვის (ცხრილი 17.18.).

ცხრილი 17.18. ფენილალკილამინების ულტრაიისფერი სპექტრის მახასიათებლები

ნივთიერება	წყლიანი ხსნარები, pH-1	
	λ (მაქსიმუმი), ნმ	ε_a
ამფეტამინი	251	14
	257*	
	263	
მეტამფეტამინი	251	12.1
	257	
	263	
ეფედრინი	251	12
	257	
	263	
ნორეფედრინი	251	11.7
	257	
	262	
ეფედრონი	251	878

*** ხაზგასმულია ულტრაიისფერი სპექტრის ძირითადი მაქსიმუმები**

ცხრილი 17.19. ფენილალკილამინების ინფრაწითელი სპექტრის ძირითადი მახასიათებელი სიხშირეები, სმ$^{-1}$.

ამფეტამინი	მეტამფეტამინი	ეფედრინი	ნორეფედრინი	ეფედრონი	რხევის ტიპები და ბმები

700	698	699	700	702	–C–H (დეფორმაციული)
740	747	754	746	757	(ბენზოლის მონოჩანაცვლებული)
825	1060	760	1030		და
1090	1085	994	1055		–C–H ალკილური რადიკალის
		1043			–C–O (სავალენტო)
		1242	1201		
1495	1491	1400	1500	1510	–C–C არომატული ბირთვის
1605	1590	1480	1590	1590	
		1605		1695	–C–O (სავალენტო)

7.2. ფენილალკილამინების ფარმაკოკინეტიკა და მეტაბოლიზმი

პერორალური შეყვანის შემდეგ ყველა ფენილალკილამინი სწრაფად შეიწოვება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, მაქსიმალური კონცენტრაცია სისხლში მიიღწევა 2-3 საათის შემდეგ. 24 საათში შარდთან ერთად გამოიყოფა ნივთიერებათა 70-90%, სრულად ექსკრეტირდება 2-3 დღის განმავლობაში.

სისხლის პლაზმის ნახევარგამოყოფის პერიოდზე და მეტაბოლიზმზე მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენს შარდის pH-ის მნიშვნელობა:

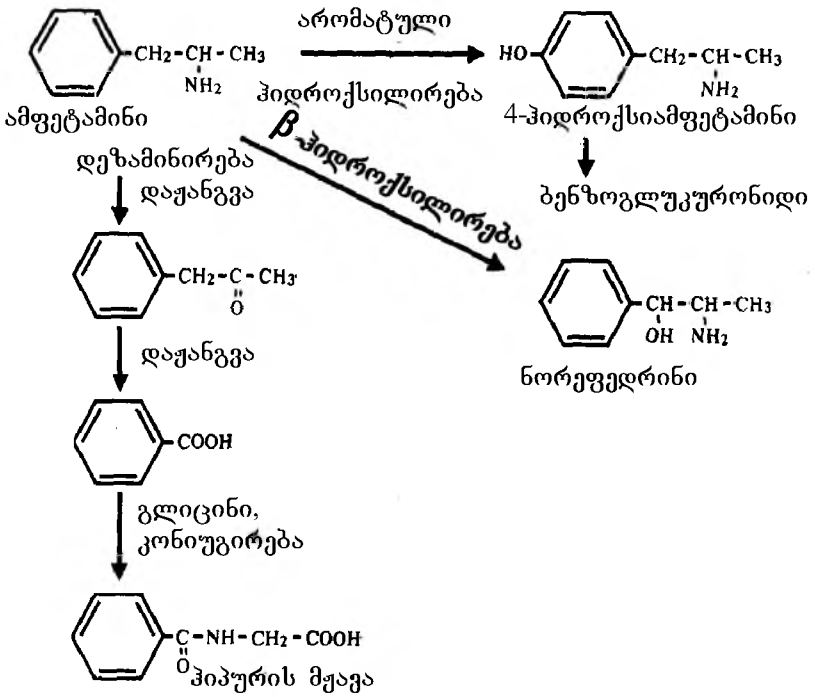
– მჟავე რეაქციის დროს უცვლელი სახით გამოიყოფა მაქსიმალური რაოდენობა, ნახევარგამოყოფის პერიოდის გაზრდით;
– ტუტე რეაქციის დროს იზრდება მეტაბოლიტების პროცენტი და მცირდება ნახევარგამოყოფის პერიოდი. ცხრილში 17.20 მოყვანილია ფენილალკილამინების ძირითადი ფარმაკოკინეტიკური პარამეტრები.

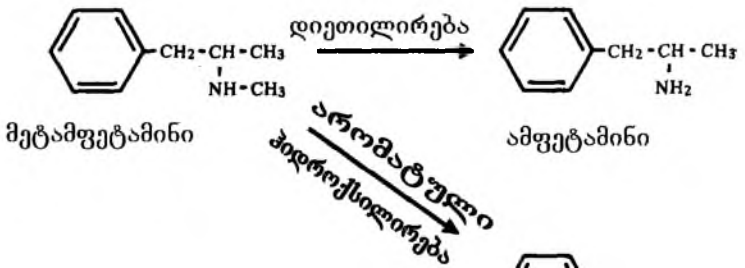
ცხრილი 17.20. ფენილალკილამინების ძირითადი ფარმაკოკინეტიკური პარამეტრები

ნივთიერება	იონიზაციის	კონცენტრაცია პლაზმაში, მკგ/მლ	ნახევარგამოყოფის პე-	შეუცვლელი სახით გამო-

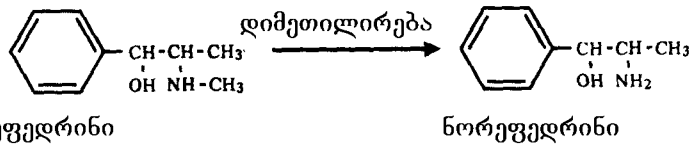
	მუდმივა, pK_a	თერაპევ-ტული	ტოქსიური	ლეტა-ლური	რიოდი $T_{1/2}$, საათებში	ყოფა, %-ში
ამფეტამინი	9.9	0.1	0.2-3.0	41.0-მდე	8-12	30-70
მეტამფეტამინი	10.1	0.01-0.05	0.1-2.0	43.0-მდე	9	45
ეფედრინი	9.6	0.035-0.08	0.15-10.0		3-11	55-75
ნორეფედრინი	9.4	0.05-0.12	50.0-მდე		4	90
ეფედრონი	9.0		0.2-30.0		3-8	15-20

სქემა 17.12. ამფეტამინის და მეტამფეტამინის მეტაბოლიზმი

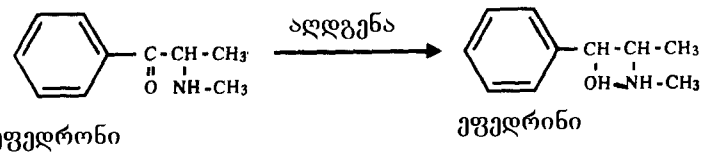




სქემა 17.13. ეფედრინის მეტაბოლიზმი



სქემა 17.14. ეფედრონის მეტაბოლიზმი



<u>ამფეტამინი</u> – უცვლელი სახით შარდთან ერთად ექსკრეტირდება მხოლოდ 30%. მისი მეტაბოლიტებია: 16-28%-მდე ჰიპურის მჟავა, 4% – ბენზოგლუკურონიდი, 2-4% – 4-ჰიდროქსიამფეტამინი, 2% – ნორეფედრინი (სქემა 17.12).

<u>მეტამფეტამინი</u> – 45% უცვლელი სახით გამოიყოფა შარდთან ერთად; ძირითადი მეტაბოლიტებია: 5% – ამფეტამინი, 15% - 4-ჰიდროქსიმეთილამფეტამინი (სქემა 17.12).

<u>ეფედრინი</u> – უცვლელი სახით გამოიყოფა 55-75%. ძირითადი მეტაბოლიტებია: 8-20% – ნორეფედრინი, 4-13% – არაამინური მეტაბოლიტები (ბენზოის და ჰიპურის მჟავეები, ფენილპროპანდიოლი). ტუტე ხასიათის შარდში ეფედრინის გამოყოფა მცირდება 20-35%-მდე, შესაბამისად იზრდება ნორეფედრინის რაოდენობა (სქემა 17.13).

<u>ნორეფედრინი</u> – უცვლელი სახით გამოიყოფა პრაქტიკულად მთლიანად – 90%. მეტაბოლიტების სახით პოულობენ ამფეტამინს, ეფედრინს, დიეთილპროპიონის მცირე რაოდენობას.

<u>ეფედრონი</u> – უცვლელი სახით გამოიყოფა 20-30% 12-16 საათის განმავლობაში. მისი ძირითადი მეტაბოლიტებია – ეფედრინი (50-60%), რომელიც შეიძლება აღმოვაჩინოთ გამოყენებიდან 24-36 საათის შემდეგ. ადგილი აქვს აგრეთვე მცირე რაოდენობა ნორეფედრინის და დაუდგენელი აღნაგობის მეტაბოლიტის არსებობას (იხ. სქემა 17.14).

თავი 18.

სინჯის შერჩევა და მომზადება

სინჯის შერჩევის სტადიაში საანალიზო ნივთიერებას ასუფთავებენ მინარევებისაგან, რომელთა გადაყრა არ შეიძლება, ვინაიდან ისინი წარმოადგენენ დამატებითი ინფორმაციის წყაროს. სინჯის მომზადების დროს იქმნება საშიშროება საანალიზო ნივთიერების და ობიექტის დაკარგვისა. ამიტომ, საანალიზო ნივთიერების შესანარჩუნებლად ამ სტადიაზე აუცილებელია მკაცრი და ლოგიკურად გამართლებული მოქმედება.

ამავე სტადიაზე გათვალისწინებული უნდა იქნეს შესაძლებლობა ობიექტის განადგურების ან ფალსიფიცირებისა. საანალიზო სინჯი შეიძლება იყოს მცირე მასის, გაჭუჭყიანებული და ჰქონდეს ისეთი ქიმიური შემადგენლობა, რომელიც განსხვავებული იქნება პირვანდელი სინჯისაგან არასწორი შენახვის გამო გარემო პირობების ზემოქმედებით.

არაბიოლოგიური წარმოშობის სინჯებზე (მცენარეთა ნედლეული, ფხვნილები, ტაბლეტები, ექსტრაქტები და სხვა) მუშაობისას ანალიზისათვის საჭირო წონაკს იღებენ სურვილისამებრ (თუ მეთოდში არ არის ზუსტად მითითებული წონაკის რაოდენობა, ან ნივთიერება მცირე რაოდენობითაა მოცემული). სინჯის ანალიზი უნდა ჩატარდეს ყველაზე მგრძნობიარე მეთოდით. ანალიზის მეთოდის შერჩევის კრიტერიუმს ამ შემთხვევაში წარმოადგენს ნივთიერების აღმოსაჩენი მინიმუმი. არაბიოლოგიური ხასიათის სინჯებს, როგორც წესი, იღებენ ოპერატიულ-საგამომძიებლო ღონისძიების პროცესში, ისინი წარმოადგენენ <u>ნივთმტკიცებას</u>.

სიკვდილის მიზეზის დასადგენად სასამართლო-ქიმიური ანალიზის დროს ბიონიმუშის სახეობა და რაოდენობა, გამოსაკვლევი ალიკვოტა რეგლამენტირებულია შესაბამისი მეთოდური წერილებით და რეკომენდაციებით, რომელიც ინახება ლაბორატორიის ბიბლიოთეკაში წერილობით და ელექტრონული სახით.

ნარკოტიკული საშუალებების აღმოსაჩენად ყველაზე ხშირად იყენებენ შარდს. ამ ბიოობიექტის შერჩევა განპირობებულია რამდენიმე მიზეზით. პირველი მიზეზია ის, რომ შარდი ყველაზე უფრო ინფორმაციული ობიექტია, რადგან ნარკოტიკული ნივთიერებები და მათი მეტაბოლიტები გამოიყოფიან შარდის გზით. მეორე, არსებული იურიდიული ნორმების მიხედვით, ბიოსინჯის აღების პროცესი გამოსაკვლევ პირს არ უნდა აყენებდეს ფიზიკურ უხერხულობას. ნარკოტიკული ნივთიერებების ანალიზისათვის შეიძლება აღებული იქნეს სხვა ბიოობიექტებიც – სისხლი, ნერწყვი, თმები და სხვა.

სინჯის შეცვლის ან გაფუჭების თავიდან ასაცილებლად შარდის აღება აუცილებლად უნდა წარმოებდეს პერსონალის მეთვალყურეობით. აუცილებელია იმის გათვალისწინება, რომ სინჯი შეიძლება შეცვლილი იქნეს სხვა – წინასწარ მოტანილი ნიმუშით, იგი შეიძლება გაფუჭებული იქნეს წყლის, ძმრის, მათეთრებლის ან სხვა ქიმიური რეაგენტების დამატებით. აღებული შარდის მოცულობა უნდა იყოს ≥250 მლ. ნაკლები რაოდენობის ბიოობიექტის შემთხვევაში ეს ფაქტი საბოლოო ოქმში აუცილებლად უნდა იქნეს აღნიშნული.

სინჯის აღებისთანავე უნდა განხორციელდეს მისი წინასწარი დათვალიერება, შესაძლო ფალსიფიცირების აღმოჩენის მიზნით. წინასწარი დათვალიერება მოიცავს:

ა) შარდის ტემპერატურის გაზომვას (შარდის აღებიდან არა უგვიანეს 5 წუთის შემდეგ აღებული შარდის ტემპერატურა უნდა იმყოფებოდეს 32.5-37.7°C ფარგლებში). ტემპერატურის მნიშვნელოვანი გადახრისას სინჯს ხელახლა იღებენ, სინჯის აღების პროცესში უფრო მკაცრი მეთვალყურეობის ქვეშ;

ბ) შარდის pH-ის განსაზღვრას, რომელიც უნდა იმყოფებოდეს 5-7-ის ფარგლებში;

გ) შარდის ვიზუალური დათვალიერებისას (ფერი, სიმღვრივე) აღებული სინჯის ბუნებრიობა ეჭვს არ უნდა იწვევდეს.

აღებულ სინჯს ასხამენ ორ ჭურჭელში: შესანახად და ტრანსპორტირებისათვის, რისთვისაც ახდენენ მის მარკირებას, კოდირებას და ლუქავენ. ერთ ნიმუშზე ატარებენ ნარკოტიკულ ნივთიერებებზე ანალიზს, მეორე გამოიყენება საკონტროლო ანალიზისათვის.

გამაბრუებელ საშუალებებზე შარდის, ისევე როგორც სხვა ბიოლოგიური ობიექტების, ანალიზის დროს აუცილებელია ყურადღება მიექცეს, როგორც ენდოგენური, ასევე ეგზოგენური ხასიათის პოტენციალურ ფონურ ნივთიერებებს, რომელთა არსებობაც საანალიზო სინჯში, სინჯის მომზადების ხერხის მიუხედავად, გარდაუვალია.

ასეთი ფონური ენდოგენური ნივთიერებები იქნებიან ცილების, ამინომჟავების და შაქრების მეტაბოლიზმის დაბალმოლეკულური პროდუქტები (ბიოგენური ამინები, შარდოვანა, კარბომჟავების მარილები და სხვები), პეპტიდების, შაქრების, სტეროიდების, პიგმენტ ურობილინის და სხვა ნაერთების მცირე რაოდენობები.

მრავალრიცხოვან ეგზოგენურ ფონურ ნაერთებს შორის შეიძლება იყვნენ საკვებთან ერთად მოხვედრილი ნივთიერებების და სხვადასხვა სამკურნალო

საშუალებების ბიოტრანსფორმაციის პროდუქტები. სამკურნალო საშუალებებისა, რომლებიც ნარკომანების მიერ გამოიყენებიან ნარკოტიკული ეფექტის გასაძლიერებლად, აბსტინენციის სინდრომის მოსახსნელად, ნარკოტიკული თრობის მდგომარეობიდან "გამოსვლის" შესარბილებლად. აგრეთვე, ორგანიზმში მოხვედრილი სხვა ქიმიური საშუალებების მეტაბოლიტების (საღებავები, ანტიოქსიდანტები, თამბაქოს მოწევის) პროდუქტები და ა.შ.

ანალიზის ჩატარებამდე შარდის დამუშავება შეიძლება შედგებოდეს რამდენიმე ოპერაციისაგან: პირდაპირი კონცენტრირება, გამხსნელით ექსტრაჰირება, ლიოფილიზაცია, ქრომატოგრაფიული დაყოფა ანუ მყარ სორბენტზე სორბცია, ან სხვადასხვა ოპერაციების კომბინაციები (კონცენტრირება-ექსტრაქცია, ლიოფილიზაცია-ექსტრაქცია და სხვა).

პირდაპირ კონცენტრირებას აღწევენ შარდის გარკვეული მოცულობის აორთქლებით მცირე მოცულობამდე წყლის აბაზანაზე ან როტორულ ამაორთქლებელზე ან ლიოფილიზაციით. ბიონიმუშის კონცენტრირების და გასუფთავების ხერხები აღწერილია მეთოდურ მითითებაში "ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზი".

სითხე-სითხოვანი ექსტრაქცია, როგორც შარდიდან საანალიზო ნივთიერებების იზოლირების მეთოდი, სადღეისოდ რჩება ბიოობიექტებიდან ნარკოტიკული საშუალებების გამოყოფის ერთ-ერთ ყველაზე უფრო გავრცელებულ მეთოდად. მას საფუძვლად უდევს ნივთიერების განაწილება ორ ურთიერთშეურევად სითხოვან ფაზებს შორის. რაოდენობრივად ასეთი განაწილება შეიძლება დავახასიათოდ განაწილების კოეფიციენტის სიდიდით (*Kp*) ან განაწილების კოეფიციენტების ფარდობის ლოგარითმით (*logP*), წყალთან შეურევად სხვადასხვა ორგანულ გამხსნელებში და გამოწვლილვის ფაქტორის სიდიდით (გამოწვლილვის პროცენტით).

გამოწვლილვის ფაქტორი დამოკიდებული იქნება საექტრაქციო ნივთიერების ქიმიურ ბუნებაზე და პირველ რიგში მისი იონიზაციის კონსტანტაზე (pK_a), შარდის pH-ის მნიშვნელობაზე, ექსტრაქციის შესრულების დროზე, ექსტრაგენტის სელექციურობაზე და პროცესის სხვა პირობებზე (ტემპერატურა, შესრულების ტექნიკა).

თავი 19.

ბიოლოგიური ობიექტების დახასიათება

ტოქსიკური ნივთიერების შემცველი ბიოობიექტების უმრავლესობა, მათი მორფოლოგიური თავისებურებებიდან გამომდინარე (რომლებიც განაპირობებენ სინჯების მომზადების შესაბამის სქემებს) იყოფიან შემდეგ კატეგორიებად:

1. სითხეები, რომლებიც ბიოლოგიურ მასალას შეიცავენ მცირე რაოდენობით – შარდი, კუჭის ამონარეცხი წყალი, წყალი, ღვინო, ლუდი, სპირტები, მინერალური წყლები, უალკოჰოლო სასმელები.
2. სითხეები, რომლებიც ბიოლოგიურ მასალას შეიცავენ საკმაო რაოდენობით – სისხლი, კუჭის წვენი და ნაწლავის შიგთავსი, ჩაი, ყავა, რძე, სიროფები, სუფები.
3. მყარი ნივთიერებები, რომლებიც წარმოადგენენ მარტივ ნაერთებს ან მარტივ ნარევებს – ტაბლეტები, კაფსულები, შაქარი, მარილი, "უცნობი" ფხვნილის ნარჩენები და ა.შ.
4. მყარი ნივთიერებები, რომლებიც წარმოადგენენ რთულ ნარევებს – პური, ცხიმები, ზეთები და ცოცხალი ქსოვილების ყველა სახეობები (კუნთები, თმები, ფრჩხილები, ტვინი, ღვიძლი, თირკმელი), მცენარეული ქსოვილები, ყვავილები.

ზემოჩამოთვლილი ყველა ჯგუფი საჭიროებს თავის საკუთარ ანალიზურ სქემას, რადგან შარდისათვის (პირველი ტიპი) გამოყენებული იზოლირების მეთოდები ყოველთვის არ გამოდგება სისხლისათვის (მეორე ტიპი) და ქსოვილებისათვის (მეოთხე ტიპი) და პირიქით (იხილე სქემები 17-20). იზოლირების მეთოდები, რომლებიც შეიცავენ მეოთხე ტიპისათვის აუცილებელ ეტაპს – ცილების მოცილების ეტაპს, სრულებით არ არის აუცილებელი შარდისათვის.

ანალიზის შედეგების სისწორე საერთოდ და ექსტრაქციისა კერძოდ, ბევრად არის დამოკიდებული ნიმუშის დამუშავების წინასაანალიზო ტექნიკაზე. მათი სპეციფიკიდან გამომდინარე თითოეული ბიოობიექტისათვის აუცილებელია გათვალისწინებული იქნეს შემდეგი: 1) სინჯის კორექტული შერჩევა; 2) სინჯის შენახვა; 3) სინჯის მომზადება ექსტრაქციისათვის; 4) ექსტრაქციის სქემა და მეთოდი; 5) ენდოგენური და ეგზოგენური ნივთიერებების არსებობა, რომლებიც გავლენას ახდენენ ექსტრაქციის სიწმინდეზე და შხამის და მისი მეტაბოლიტების სიწმინდეზე, შხამის და მისი მეტაბოლიტების საბოლო ანალიზზე.

თუ პირველი ოთხი ფაქტორი დაკავშირებულია ექსტრაქციული დამუშავების ტექნიკასთან, ბოლო ფაქტორის გათვალისწინება მკვლევარისაგან მოითხოვს

ბიოლოგიური მატრიცის და საანალიზო ნიმუშის ტოქსიკო- და ფარმაკოკინეტიკური პარამეტრების ცოდნას.

ექსტრაქტში ენდოგენური და ეგზოგენური კომპონენტების შემცველობაზე გავლენას ახდენს: 1) პაციენტის **ასაკი, სქესი და წონა**, რომლებიც განსაზღვრავენ შხამის და მისი მეტაბოლიტების განაწილებას; 2) პარალელურად სხვა **ეგზოგენური ქიმიური ნაერთების** (სამკურნალო საშუალებები, კოფეინი, თამბაქო, ალკოჰოლი და სხვა) არსებობა, რომლებიც ცვლიან შხამების ფარმაკოკინეტიკურ და ფარმაკოდინამიკულ პარამეტრებს; 3) **დიეტა** – თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავეები უკავშირდებიან ალბუმინებს და კონკურენციას უწევენ შხამის ცილასთან შეკავშირების ეტაპზე: ასე მაგალითად, თუ ტოქსიკური ნივთიერება ორგანიზმში შეყვანილი იქნა საჭმლის მიღებამდე, შეწოვის თავისებურებების შედეგად სწორ ნაწლავში ძლიერდება შხამის რეაბსორბცია და შესაბამისად მატულობს მისი კონცენტრაცია სისხლში; 4) **გენეტიკური ფაქტორი** – ადამიანის შემთხვევაში ამგვარი ინფორმაცია ძალიან განსხვავებულია, ამასთან აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ცალკეულ ინდივიდუმებს აქვთ მაღალი ტოლარენტობა ზოგიერთი შხამიანი აგენტების მოქმედების მიმართ; თუ ერთი ინდივიდუმისათვის შეყვანილი შხამის დოზა სასიკვდილოა, მეორისათვის იგივე დოზა შეიძლება შედარებით უვნებელი იყოს (ყოველ შემთხვევაში არ არის საკვდილის გამომწვევი); 5) **სხვა** ფაქტორები, რომელთა მოქმედების გათვალისწინება აუცილებელია – ავადმყოფობა (შეუძლია მოგვცეს ზოგიერთი ენდოგენური ნაერთების მომატებული არეული ფონი), საყოფაცხოვრებო ან ინდუსტრიული ქიმიის ნაერთებთან მუშაობა (ენდო- და ეგზოგენურ ნაერთების ფონის გაზრდა). ქვემოთ ჩვენ მოგვყავს სხვადასვა ობიექტების ზოგიერთი თავისებურებანი.

<u>**შარდი**</u> – სამკურნალო ტოქსიკური ნაერთების გამოსაკვლევად ყველაზე მეტად გავრცელებული და ანალიზისათვის ყველაზე უფრო (სხვებს შორის) მარტივი ბიოობიექტია, ცილოვანი ნივთიერებების დაბალი (მცირე) შემცველობის გამო.

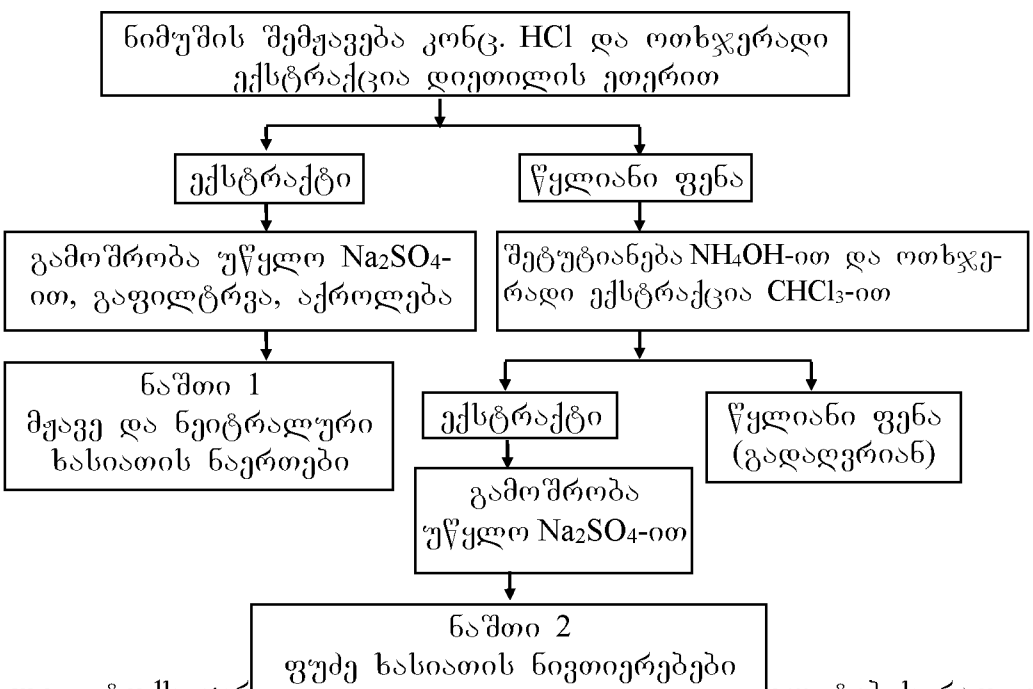
შარდის, როგორც ბიოობიექტის მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია pH. ამიტომ მასთან მუშაობა მოითხოვს pH-ის ცვლილებაზე მუდმივ დაკვირვებას. შარდის pH-ის სიდიდე დროთა განმავლობაში იცვლება ბაქტერიული ფლორის ზემოქმედებით, მათ მიერ ამიაკის გამოყოფის გამო. ამ მოვლენის თავიდან აცილება შეიძლება შარდის დაბალ ტემპერატურაზე შენახვის გზით (ძალიან ლაბილური ნივთიერებების ანალიზის დროს – გაყინული სახით). ბაქტერიული ფლორის

მოქმედება შეიძლება შევანელოთ ნატრიუმის ფტორიდის, ბორის მჟავას და სხვა ბაქტერიოსტატიკური პრეპარატების დამატებით, ამასთან გათვალისწინებული უნდა იქნეს მათი შემდგომი მონაწილეობა ექსტრაქციაში და ფონის წარმოქმნაში. შეიძლება შარდის ლიოფილიზირება, აქროლადი ნაერთების შესაბამის მარილებში წინასწარი გადაყვანის გზით.

პოტენციალური ენდოგენური ნაერთებიდან უნდა აღინიშნოს ამონომჟავების და შაქრების მეტაბოლიზმის დაბალმოლეკულური პროდუქტების (ამინების, შარდოვანას, კარბონმჟავეების და სხვების), სტეროიდების და პიგმენტ ურობილინის არსებობა, რომელიც შარდს ყვითლად ღებავს (λ_{max}=490 ნმ) და ხელს უშლის სპექტროფოტომეტრიულ განსაზღვრას.

ანალიზის ჩატარებამდე შარდის წინასწარი დამუშავება შედგება რამდენიმე ოპერაციისაგან: პირდაპირი კონცენტრირება, გამხსნელით ექსტრაქცია, ქრომატოგრაფიული დაყოფა ან მყარ სორბენტზე სორბცია. როგორც წესი, შარდიდან გამოსაკვლევი ნივთიერების იზოლირებას ახდენენ 19.1. სქემის მიხედვით.

სქემა 19.1. საკვლევი ნივთიერებების იზოლირების სქემა: სითხეები, რომლებიც ბიოლოგიურ მასალას შეიცავენ მცირე რაოდენობით (შარდი, კუჭის ამონარეცხი წყალი, წყალი, ღვინო, ლუდი, სპირტები, მინერალური წყალი)



<u>**სისხლი**</u> - ტოქსიკური ნივთიერებების და მათი მეტაბოლიტების რაოდენობა ბიოქიმიური ცვლილებების გამო ცოცხალი ობიექტებისა და გვამის სისხლში

ერთნაირი არ არის. განსხვავებულია აგრეთვე ტოქსიკური ნივთიერებების რაოდენობა არტერიალურ და ვენურ სისხლშიც. ბიოქიმიური სინჯის შემადგენლობაზე გავლენას ახდენს პაციენტის სხეულის მდებარეობაც კი – მნიშვნელობა აქვს პაციენტი წევს, ზის, თუ ფეხზე დგას, ვინაიდან ამ შემთხვევაში იცვლება ცილების შემცველობა სისხლში, რაც განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ტოქსიკური ნივთიერებებისათვის, რომლებიც ცილებთან არიან დაკავშირებული.

ექსტრაქციით შეიძლება დამუშავდეს უშუალოდ სისხლი, პლაზმა ან შრატი. თუ სისხლის შედედების თავიდან ასაცილებლად გამოყენებული იქნა ანტიკოაგულანტები, მაშინ აუცილებელია იმის გათვალისწინება, რომ ჰეპარინი გამოაძევებს ცხიმოვან მჟავეებს ალბუმინთან მათი შეკავშირების ადგილებიდან. ეს ერთი მხრივ იწვევს ტოქსიკური ნივთიერების ცილებთან შეკავშირების ამაღლებას, ხოლო, მეორე მხრივ – ცხიმოვანი მჟავეების ორგანულ გამხსნელებში გადასვლას ექსტრაქციის დროს. ენზიმატური აქტიურობის შესამცირებლად რეკომენდებულია სისხლი შენახული იქნეს მაცივარში გაყინული სახით.

იმის გამო, რომ ჭურჭლის მინის კედლები შეიცავენ დიდი რაოდენობით ჰიდროქსილის ჯგუფებს, შესაძლებელია პოლარული ტოქსიკური ნაერთების შეკავშირება ჭურჭლის კედლებთან წყალბადური ბმის წარმოქმნის გამო. ეს მოვლენა განსაკუთრებით ანგარიშგასაწევია ნივთიერების კვალის ანალიზის დროს. ჭურჭლის კედლების წინასწარი სილილირებით ეს მოვლენა შეიძლება მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი. ამ მოვლენის ალტერნატივას წარმოადგენს პოლიპროპილენის ან ტეფლონის ჭურჭლის გამოყენება, თუმცა, ამ დროს უნდა გავითვალისწინოთ სინჯის გაჭუჭყიანება ფისების მონომერებით. სხვა ენდოგენური ნაერთებიდან, ცხიმოვანი მჟავეების გარდა, სისხლიდან მიღებულ ექსტრაქტებში შეიძლება შეგვხვდეს სხვადასხვა სტეროიდული ჰორმონები (ტესტოსტერონი და სხვა), ქოლესტერინი, რომლებიც სისხლში იმყოფებიან პლაზმის პროტეინებთან შეკავშირებული სახით.

<u>ნერწყვი</u> წარმოადგენს პირის ღრუს ჯირკვლების სეკრეციის პროდუქტს. ახდენენ ნერწყვის აღებული სინჯის ცენტრიფუგირებას და ფერმენტების აქტიურობის შესამცირებლად ინახავენ გაყინული სახით. უმჯობესია შევინახოთ ტეფლონის ან პოლიპროპილენის ჭურჭელში, რათა თავიდან იქნეს აცილებული საანალიზო ნივთიერების კვალის შთანთქმა ჭურჭლის მინის კედლებით. დადგენილია, რომ პლაზმის წყლიან ხსნარში არსებული ტოქსიკური ნივთიერებების არაიონიზირებული ფორმები პასიურად დიფუნდირებენ ნერწყვში, ასე რომ არსე-

ბობს პირდაპირი დამოკიდებულება ნერწყვში და სისხლში არსებული საანალიზო ნივთიერების კონცენტრაციებს შორის.

<u>თმები</u> წარმოადგენს შედარებით ჰომოგენურ (აგრეგატული მდგომარეობის თვალსაზრისით) ბიოლოგიურ სუბსტრატს. იმის გამო, რომ თმები ადვილად ხელმისაწვდომი ობიექტებია, ისინი მნიშვნელოვან ინტერესს იწვევენ როგორც არაორგანული ასევე ორგანული შხამების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიური ანალიზის თვალსაზრისით.

სინჯის შერჩევის დროს ჭრიან დაახლოებით 1 სმ^2 ფართობის თმის კონას. თმის ძირთან რაც შეიძლება ახლოს. ამ დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს თმების მდებარეობას – აუცილებელია, რომ ისინი იყვნენ ერთნაირ მდებარეობაში. ამიტომ, თმის კონას აფიქსირებენ ლეიკოპლასტირით ქაღალდზე და ჩაინიშნავენ თმის კონის ზედა და ქვედა მხარეებს. იღებენ რა მხედველობაში თმის ზრდის სიჩქარეს (დაახლოებით 1 სმ თვეში), ნიმუშს ჰყოფენ სხვადასხვა სიგრძის ნაჭრებად და იკვლევენ. ამ დროს ჩნდება საშუალება მოვახდინოთ ნარკოტიკული საშუალების პაციენტის ორგანიზმში მოხვედრის დინამიკაზე დაკვირვება. 6-8 სმ (6-8 თვე) სიგრძის თმა საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ ნარკოტიკული დამოკიდებულების სიმძიმეზე.

უკანასკნელ წლებში დადგენილია, რომ ნარკომანების თმებში შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს ოპიატები, ამფეტამინები, ფენციკლიდინი, მეტაკვალონი, კოკაინი, კანაბინოიდები. ამრიგად, შესაძლებელია ნარკოტიკი აღმოვაჩინოთ თმებში, ისეთ შემთხვევებშიც კი, როცა სუბიექტი აღარ იღებს მათ და ბიოსითხეების ანალიზი უარყოფით შედეგებს იძლევა. მნიშვნელოვანია ის, რომ ნარკოტიკული საშუალება თმაში მეტაბოლიზმს არ განიცდის.

<u>ფრჩხილები</u> შეიცავენ 10.1–13.7% წყალს და 0.15–1.76% ცხიმის მაგვარ ნივთიერებებს (ქოლესტერინს და მის ეთერებს). ორგანული ნივთიერებებიდან ძირითადია, სხვადასხვაგვარი ქიმიური ნივთიერებების ზემოქმედების მიმართ მდგრადი ცილა – კერატინი, ხოლო მინერალური ნაერთებიდან – კალციუმი, ფოსფორი, თუთია, დარიშხანი და სხვები. ნარკოტიკების და პირველ რიგში ოპიატების ფრჩხილებში დაგროვება დადგენილი იქნა ე.ა. სიმონოვის მიერ, თუმცა მონაცემები მათ შესახებ ჯერ-ჯერობით მცირეა.

<u>ნაღველი</u> – არის ღვიძლის, ნაღვლის ბუშტის და თორმეტგოჯა ნაწლავის სეკრეტორული მოქმედების პროდუქტი. იგი შეიცავს დიდი რაოდენობით წყალს და პლაზმაში, შრატში და სისხლში არსებული ენდოგენური ნივთიერებების

მსგავს ნივთიერებებს, აგრეთვე ნაღვლის მჟავეებს და პიგმენტებს. ნაღველი ხასიათდება pH-ის სხვადასხვა მნიშვნელობებით (6.7–8.3 ფარგლებში), რის გამოც საჭირო ხდება pH-ის განსაზღვრა ექსტრაქციისათვის მზადების პერიოდში, საჭიროების შემთხვევაში კი გამოყენებული იქნეს შესაფერისი ბუფერი. რეკომენდებულია აგრეთვე სინჯის ცენტრიფუგირება დაბალ სიჩქარეებზე (ქოლესტერინის მოსაშორებლად) და ცილების დალექვა ქლოროფორმი-მეთანოლის (2 : 1) ან ქლოროფორმ-იზოპროპანოლის (9 : 2) ნარევების დამატებით.

ნაღველიდან ნაღვლის მჟავეების ექსტრაქციის დროს წარმოიქმნება მდგრადი ემულსია, ამიტომ ფაზების დასაყოფად საჭიროა ხანგრძლივი ცენტრიფუგირება; რადგან ტოქსიკური ნივთიერებების უმრავლესობა ნაღველიდან გამოიყოფა გლუკორონის მჟავასთან კონიუგატის სახით, ექსტრაქციის წინ ახდენენ ნაღვლის ჰიდროლიზს ან ამუშავებენ β-გლუკურონიდაზით, ხოლო შემდეგ ატარებენ ექსტრაქციას.

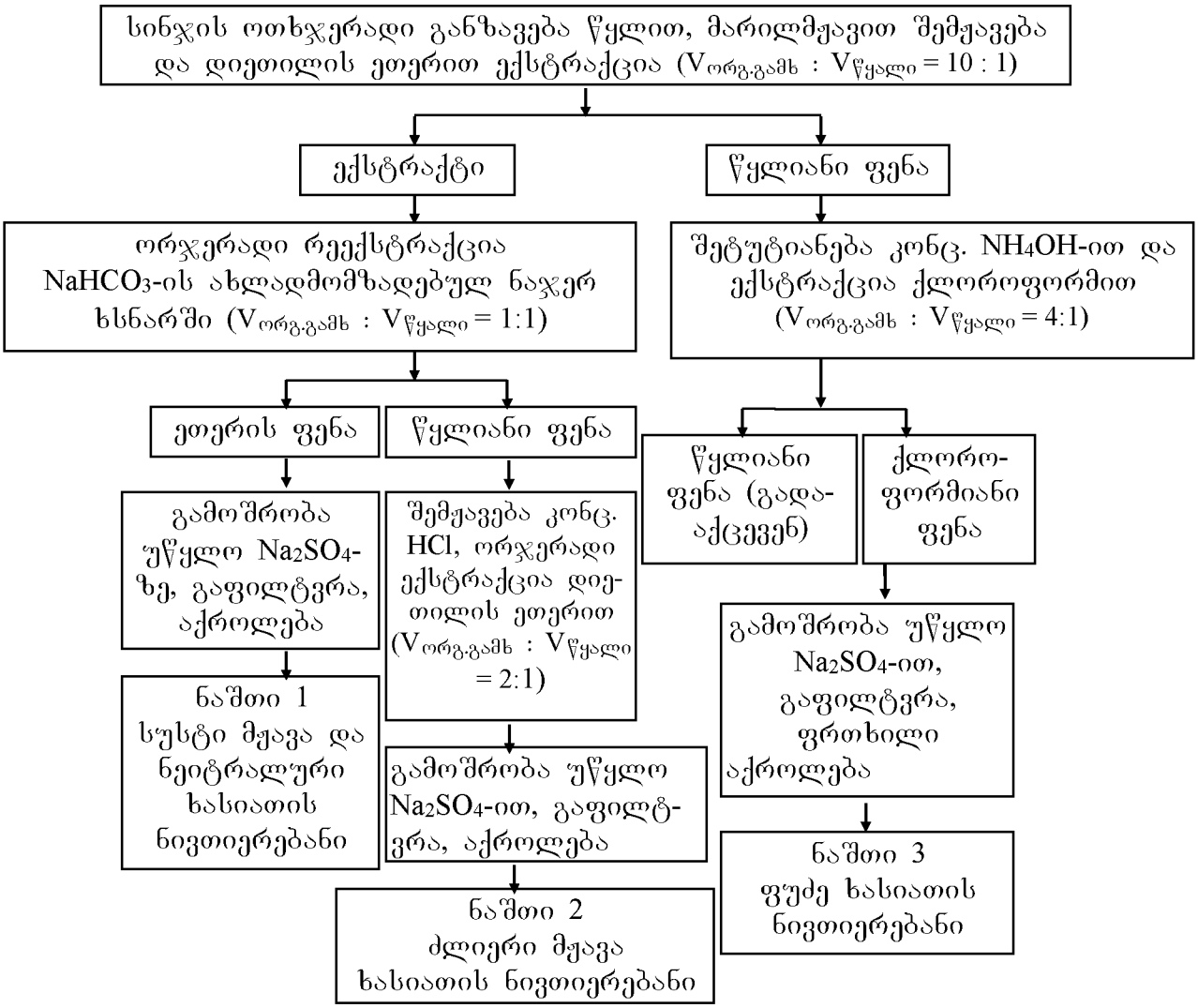
ნაღვლის ექსტრაქტები ხშირად შეფერილია, რაც აძნელებს მის სპექტროფოტომეტრირებას. ცილების წინასწარი დალექვა სინჯს რამდენადმე აუფერულებს.

ნაღვლის ენდოგენური ნივთიერებების უმრავლესობის ლიოფილური ხასიათის გამო ექსტრაქტებს აქვთ მნიშვნელოვანი ფონი, განსაკუთრებით არაპოლარული გამხსნელების გამოყენების დროს. ნაღვლის ექსტრაჰირებას ახდენენ 19.2. სქემის მიხედვით.

<u>**განავალი**</u> – ამ ობიექტში საზღვრავენ იმ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებიც ექსტრაჰირდებიან ნაღვლთან ერთად, თუ ცნობილია, რომ იგი მთლიანად არ იქნა ადსორბირებული კუჭნაწლავის ტრაქტში პირის გზით მიღების შემდეგ.

ხანგრძლივად შესანახად **სინჯებს ყინავენ** ან უკეთებენ ლიოფილიზაციას, რათა შეანელონ ბაქტერიული ფლორის ზემოქმედება და შეამცირონ არასასიამოვნო სუნი. სინჯის ანალიზისწინა ძირითადი დამუშავებაა მისი ჰომოგენიზაცია. გამომშრალი სინჯები, როგორც წესი, იძლევიან უფრო კარგ შედეგებს. ექსტრაქციას ატარებენ 19.2. და 19.4. სქემების მიხედვით pH-ის შესაბამის მნიშვნელობაზე.

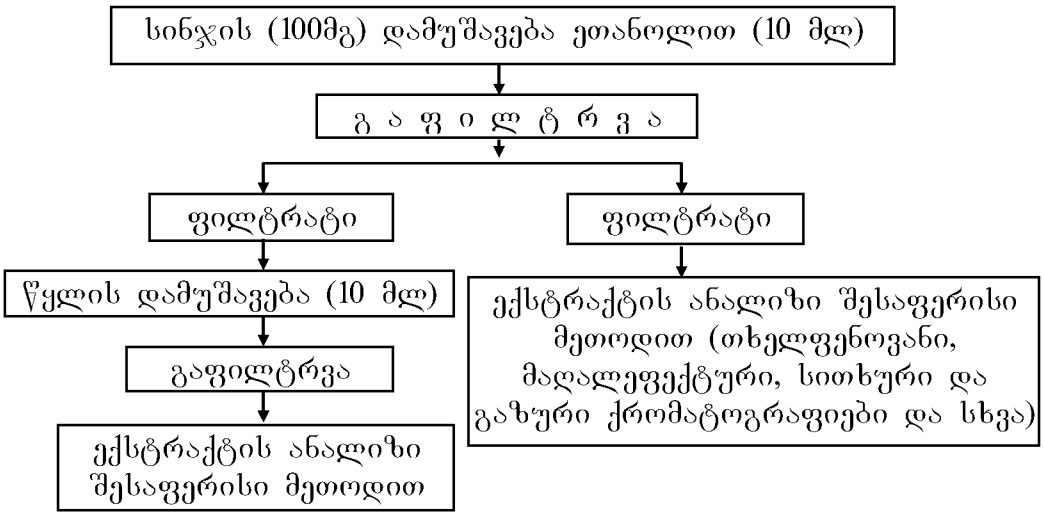
სქემა 19.2. საკვლევი ნივთიერებების იზოლირების სქემა:
სითხეები ბიოლოგიური მასალის მნიშვნელოვანი რაოდენობით
(სისხლი, კუჭ-ნაწლავის შიგთავსი, ჩაი, რძე, სიროფი, სუფები)



Vორგ.გამხს – ორგანული გამხსნელის მოცულობა, Vწყალი – წყლის მოცულობა

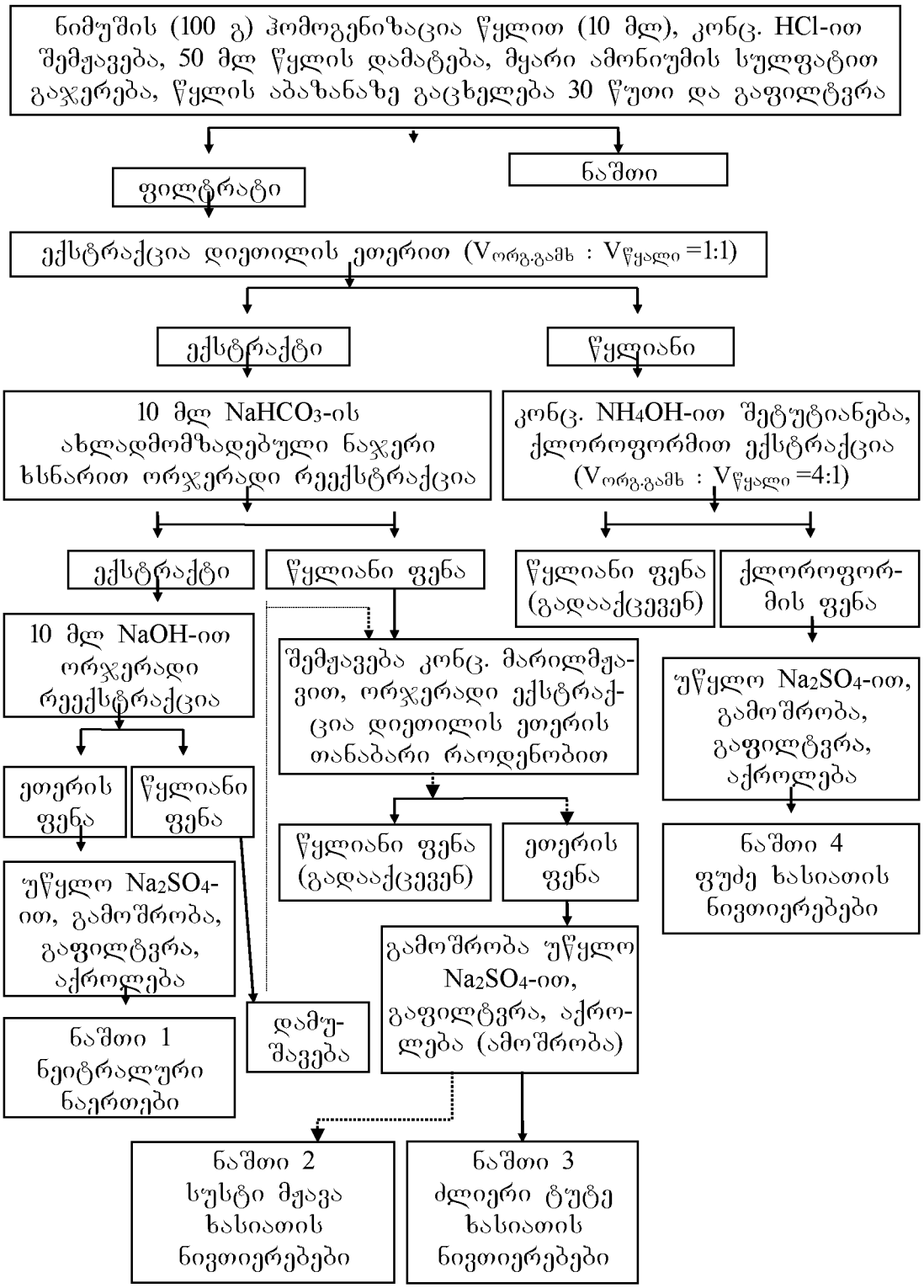
სქემა 19.3. საკვლევი ნივთიერებების იზოლირების სქემა:

მყარი ნივთიერებანი, რომლებიც წარმოადგენენ მარტივ ნაერთებს ან მარტივ ნარევებს (ტაბლეტები, კაფსულები, შაქარი, მარილები, "უცნობი" ფხვნილის ნაშთები და ა.შ.)



სქემა 19.4 საკვლევი ნივთიერებების იზოლირების სქემა:

რთული შემადგენლობის ნარევები მყარ მდგომარეობაში [ყვავილები, პური, ცხიმები, ზეთები, ბიოლოგიური (კუნთები, ტვინი, ღვიძლი, თირკმელები) და მცენარეული ქსოვილები]



ძირითადი ენდოგენური ნაერთებია – ნაღვლის წვენები, სტეროიდები, შაქრები და პორფირინები. საკვებთან ერთად ბიოობიექტში დიდი რაოდენობით ეგზოგენური ნაერთების მოხვედრის გამო ანალიზის შედეგები გამოირჩევიან დიდი ვარიაბელობით.

<u>ღვიძლი</u> – ქიმიური ჰომეოსტაზის ცენტრალური ორგანოა. მის ძირითად ფუნქციებს მიეკუთვნება ცილების, ნახშირწყლების, ლიპიდების, ფერმენტების, ვიტამინების, წყლის, მინერალური და პიგმენტური ცვლა, ნაღვლის სეკრეცია, დეტოქსიკაციური ფუნქცია. მრავალმხრივი ფუნქციები განაპირობებენ ექსტრაქტში სრულიად სხვადასხვა ენდოგენური და ეგზოგენური ნივთიერებების არსებობას. ესენია: **<u>ცილოვანი</u>** (სხვადასხვა სახეობის ცილები და მათი მეტაბოლიზმის პროდუქტები ამიაკისა და შარდოვანას ჩათვლით), ნახშირწყლოვანი (გლიკოგენის სინთეზის, ჟანგვითი ფოსფორილირების, კრებსის ციკლის რეაქციების შუალედური პროდუქტები), **<u>ცხიმოვანი</u>** (სტეროიდების მეტაბოლიზმის, ნეიტრალური, ფოსფო- და გლიკოლიპიდების, ქოლესტერინის სინთეზის ნახევარპროდუქტები) ნივთიერებების ცვლის პროდუქტები; ეგზოგენური, მათ შორის ტოქსიკური ნივთიერებების ბიოტრანსფორმაციის, ნაღვლის მჟავეების (ქოლის, დეზოქსიქოლის და სხვა ნაღვლის მჟავეების) სინთეზის პროდუქტები. პიგმენტების ცვლის შედეგად წარმოიქმნებიან ე.წ. ბილინები – შეფერილი ნივთიერებანი, რომლებიც ქმნიან შესაბამის ფონს და ხელს უშლიან სპექტროფოტომეტრიულ განსაზღვრებს. ჰემოგლობინის დაშლა იწვევს ღია ტეტრაპიროლების – ნაღვლის პიგმენტების წარმოქმნას: ფერმენტული დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ბილირუბინები (ბილირუბინი და ბილივერდინი) გამოიყოფიან ნაღველთან ერთად გლუკურონიდების სახით. ნაწლავთა ბაქტერიები ბილირუბინს აღადგენენ უფერო სტრუქტურებამდე, რომლებიც ჰაერის ზემოქმედებით იფერებიან მოყვითალო-ყავისფერ პროდუქტებამდე, რომლებიც ფერს აძლევენ განავალს და შარდს (სტერკობილინი და ურობილინი).

ბილივერდინი და ბილირუბინი მჟავეები არიან და ამიტომ იხსნებიან მწვავე ტუტეების წყლიან ხსნარებში. მათი მარილები, არატუტემეტალების იონების უმრავლესობასთან წყალში უხსნადებია. ბილირუბინის კალციუმის მარილი ნაღვლის ქვების მთავარი კომპონენტია.

ბილინების უმრავლესობისათვის დამახასიათებელია სინათლის ინტენსიური შთანთქმა სპექტრის ხილვად უბანში (ბილივერდინი – 680 ნმ, ბილირუბინი – 450 ნმ, ურობილინი – 490 ნმ).

ღვიძლის ექსტრაქტი მასში მრავალი ენდოგენური ნივთიერების არსებობის გამო ყველაზე უფრო მოუხერხებელი ობიექტია. თვით ყველაზე უფრო ხანგრძლივი და მრავალეტაპიანი ექსტრაქციაც კი მაგალითად, მჟავე ხასიათის სამკურნალო საშუალებებისა ქლოროფორმიან ექსტრაქტში, იძლევა რვამდე სხვადასხვა ენდოგენურ ნივთიერებას.

ტოქსიკური ნაერთების ექსტრაქციას ღვიძლიდან ახდენენ 19.4 სქემის მიხედვით.

<u>ტვინის ქსოვილები</u>. ბიოობიექტის ეს ტიპი გამოირჩევა ლიპიდების და, პირველ რიგში ფოსფოლიპიდების, სტერინების და სხვათა მაღალი შემცველობით. ცილოვანი ნაერთების მეტაბოლიზმის პროდუქტებს შორის აუცილებელია აღინიშნოს დაბალმოლეკულური პეპტიდების არსებობა (მათ რიცხვში ოპიატების თვისებების მქონენი). სტერინებიდან ტვინის ქსოვილში აღსანიშნავია ქოლესტერინის მნიშვნელოვანი რაოდენობის (მშრალ ნივთიერების 0.25-0.30%) არსებობა. ყველაზე მეტი რაოდენობითი ქოლესტეროლს შეიცავს ნერვული ქსოვილი, განსაკუთრებით თეთრი ნივთიერება. საერთოდ ტვინოვან ქსოვილში მისი რაოდენობა 2-3%-ის ტოლია, რუხ ნივთიერებაში – 0.9–1.4%, თეთრ ნივთიერებაში – 4-5.3%.

ტვინოვანი ქსოვილიდან ექსტრაქციის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს, რომ ქოლესტეროლი კარგად იხსნება მთელ რიგ ორგანულ გამხსნელებში (ქლოროფორმში, დიეთილის ეთერში, ცხელ ეთანოლში, ბენზოლში, გოგირდნახშირბადში, ტოლუოლში, აცეტონში). წყალში ის არ იხსნება, მაგრამ ადვილად ჯირვჯდება, წარმოქმნის მდგრად ემულსიას, რის გამოც შეუძლია წყლის უდიდესი რაოდენობის შეკავება, რომელიც მის მასას 100-ჯერ აღემატება. ამიტომ, აუცილებელია სინჯიდან ლიპიდების წინასწარი (ექსტრაქციამდე) მოცილება, რაც, პირველ რიგში, მოითხოვს "ლიპიდი – ცხიმშიხსნადი სამკურანლო საშუალება" კომპლექსის დაშლას. ტვინის ქსოვილების ექსტრაჰირებას ახდენენ 19.4. სქემით.

თავი 20

ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების შემცველი ბიოლოგიური ობიექტების ანალიზის შედეგების ინტერპრეტაციის თავისებურებანი

ქიმიკოს-ტოქსიკოლოგი, ანალიზის შედეგების ინტერპრეტაციის დროს, მოვალეა დაადასტუროს ან უარყოს გამაბრუებელი საშუალებების არსებობა საანალიზო ნიმუშში, გარდა ამისა, მან უნდა დაადგინოს პაციენტმა ნარკოტიკული საშუალება ერთჯერადად გამოიყენა, თუ ადგილი აქვს ქრონიკულ შემთხვევას. ეს შეიძლება მიღწეული იქნეს აღმოჩენილი ნივთიერების და მისი მეტაბოლიტების კონცენტრაციების ერთმანეთთან შედარებით. როგორც წესი, მეტაბოლიტების უფრო მაღალი კონცენტრაციები მიუთითებენ მათ ქრონიკულ მოხმარებაზე, ხოლო ნივთიერების უფრო მაღალი კონცენტრაცია მიუთითებს მწვავე მოწამვლაზე (ერთჯერად გამოყენებაზე).

ანალიზის შედეგების სწორი ინტერპრეტაციისათვის აუცილებელია შეყვანის ფორმისა და ხერხის ცოდნა. ნივთიერებების ვენაში შეყვანა და შესუნთქვა საწყის მომენტში იძლევა უფრო მაღალ კონცენტრაციას სისხლში, ვიდრე კუნთებში, პირის გზით ან კანქვეშ შეყვანილი.

გვამური მასალის ანალიზის დროს სისხლში და ღვიძლში თანაბარი კონცენტრაციების აღმოჩენა მიუთითებს ნარკოტიკული საშუალებების მაღალი დოზების ქრონიკულ გამოყენებაზე. მწვავე მოწამვლის დროს საანალიზო ნივთიერების კონცენტრაცია ღვიძლში მნიშვნელოვნად აღემატება მის კონცენტრაციას სისხლში. გამაბრუებელი საშუალებების მაღალი კონცენტრაციები სისხლში ვენაში ან პირის გზით შეყვანის შემდეგ ადრეულ ეტაპზე შეესაბამება უფრო მაღალ კონცენტრაციებს ფილტვებში და ღვიძლში, მაშინ როდესაც გამოყოფის პერიოდში ნაღველში და შარდში კონცენტრაცია უფრო მაღალი იქნება ვიდრე სისხლში.

ფუძე ხასიათის გამაბრუებელი საშუალებები სისხლში იძლევა შედარებით დაბალ კონცენტრაციას, ხოლო ღვიძლში და სისხლში კონცენტრაციების ფარდობა ხშირად ათზე მეტია. მჟავე ხასიათის ნაერთები სისხლში იძლევიან ზომიერად მაღალ კონცენტრაციებს და ეს ფარდობა იმყოფება 2-დან 5-მდე ფარგლებში. ნეიტრალური ხასიათის ნივთიერებებისათვის აღინიშნება მაღალი კონცენტრაციები სისხლში და თითქმის ერთნაირი რაოდენობა ქსოვილებში.

შარდისაგან მიღებული მონაცემების სწორი ინტერპრეტაციისათვის საჭიროა ნივთიერების შეყვანის ხერხების, პერიოდულობის, დროის, დოზების და განაწილების კინეტიკის ცოდნა. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ნარკოტიკების შემთხვევაში ამგვარი ინფორმაცია ძნელად ხელმისაწვდომი და ხშირ შემთხვევაში არასრულია. მიუხედავად ამისა, შეიძლება გამოითქვას შემდეგი შენიშვნები:

1. რაც უფრო დიდი დოზითაა ნივთიერება შეყვანილი, მით უფრო მაღალია მისი აღმოჩენის ალბათობა. მაღალი დოზები, ჩვეულებრივ, იძლევიან უფრო მაღალ კონცენტრაციებს პლაზმაში და შარდში. ასე მაგალითად, 30 მგ კოდეინის გამოყენებისას მისი დეტექტირება შარდში შეიძლება გამოყენებიდან 1-6 საათის შემდეგ, 60 მგ-ის დროს 1-10 საათის განმავლობაში.
2. ნივთიერების კონცენტრაცია პლაზმაში დამოკიდებულია ორგანიზმში მის განაწილებაზე, მეტაბოლიზმსა და გამოყოფაზე. თითოეული ნივთიერების ფარმაკოკინეტიკა ინდივიდუალურია. შარდში ნარკოტიკული ნივთიერებების კონცენტრაცია პლაზმასთან შედარებით მერყეობს და დამოკიდებულია შარდის მოცულობაზე და pH-ზე.
3. თითოეული ნივთიერება ორგანიზმში ჩერდება სხვადასხვა დროით. ისეთი ნივთიერება როგორიც კოკაინია ორგანიზმიდან გამოიყოფა შედარებით სწრაფად. მაგალითად, კოკაინის ჩვეულებრივი დოზის დეტექტირება შეიძლება დღის განმავლობაში ან ნაკლებ დროში. ყოველდღიურად ხანგრძლივი მიღების დროს კი მისი აღმოჩენა შეიძლება მისი მიღებიდან ორი-სამი დღის შემდეგ. ჰაშიშის ერთი სიგარეტის მოწევისას დღეში კანაბინოიდების შარდში აღმოჩენა შეიძლება გამოყენებიდან ერთი-ორი დღის განმავლობაში და სამი-ხუთი დღის განმავლობაში მაღალ მგრძნობელობის მქონე მეთოდებით. ყოველდღიური მოხმარების შემდეგ კანაბინოიდები შეიძლება აღმოჩენილი იქნეს გამოყენების შეწყვეტიდან სამი და მეტი კვირის შემდეგ. ზოგად კანონზომიერებად ითვლება ის ფაქტი, რომ ჰაშიშის ქრონიკული გამოყენება იწვევს ნივთიერების და მათი მეტაბოლიტების აკუმულაციას ორგანიზმში. რაც უფრო ხშირია მიღება, მით მაღალია მათი აღმოჩენის ალბათობა.
4. სხვადასხვა ნივთიერებები ინახებიან სხვადასხვაგვარად: ქიმიური აღნაგობისა და გამოყენების სიხშირეზე დამოკიდებულებით. კოკაინის მაგვარი ნივთიერებანი ორგანიზმიდან გამოიყოფიან სწრაფად, ამიტომ შარდის სინჯი აღებული უნდა იქნეს ნარკოტიკის მიღებიდან რაც შეიძლება მოკლე დროში. ნივთიერებებისათვის, რომლებიც ორგანიზმიდან ნელა გამოიყოფიან (მაგალითად,

ჰაშიშის კომპონენტები), შარდის აღების დროს გადამწყვეტი მნიშვნელობა არ აქვს. იმის გამო, რომ ნივთიერებების უმრავლესობის კონცენტრაციები შარდში (ეთანოლის გარდა) კორელაციაში არ არიან მათ კონცენტრაციებთან სისხლში და ნარკოტიკული ზემოქმედების ხარისხთან, ნარკოტიკების მიღების დროის დადგენა შარდში მათი კონცენტრაციებით შეუძლებელია.

თავი 21.
ნარკოტიკული და სხვა გამაბრუებელი საშუალებების ექსპრეს ანალიზი

§1. სინჯების ანალიზი, რომლებიც არ საჭიროებენ სპეციალურ მომზადებას. ნივთმტკიცებებს გულდასმით ათვალიერებენ. სხვადასხვა შეფუთვის ნიმუშები თუ რითიმე განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან გარეგნულად (ფერი, დაწვრილმანების ხარისხი და სხვა) მათ გამოყოფენ ძირითადი მასისაგან და ცალკე ატარებენ ანალიზს. თუ ნიმუშები თავისი აღნაგობით ერთგვაროვანია, შემდეგნაირად იქცევიან:

შეფუთვის რაოდენობა თუ 10-ზე ნაკლებია, ატარებენ ყველა ნიმუშის შიგთავსის ანალიზს. 10-დან 100-მდე რაოდენობის შეფუთვის არსებობისას ანალიზს ატარებენ 10 შეფუთვაზე, 100-ის შემთხვევაში იღებენ შეფუთვების იმ რაოდენობას, რომელიც მათი საერთო რაოდენობის კვადრატული ფესვის ტოლია.

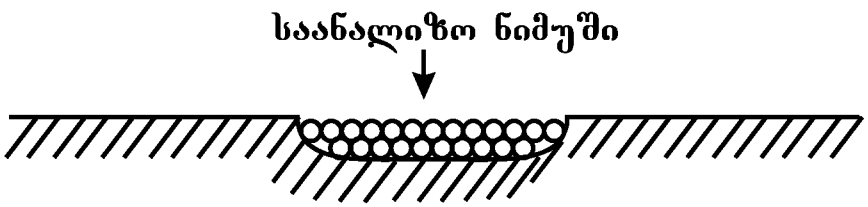
ნიმუშის ხარისხი, მისი აგრეგატული მდგომარეობა, ისევე როგორც მასში ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერების კონცენტრაცია, ძალიან განსხვავდება როგორც 100% სისუფთავის მქონე ნიმუშისაგან ასევე განზავებული (კუსტარული მომზადების ნარკოტიკები, "ქუჩის" კონცენტრაციები) ნიმუშებისგანაც. გარდა ამისა, საღებავებმა, რომლებსაც იყენებენ ნარკოტიკების შესანიღბავად ან მცენარეული ნედლეულის თანმხლებმა ნივთიერებებმა შეიძლება გავლენა იქონიონ რეაქციის მსვლელობაზე და საბოლოო შედეგების შეფასებაზე. ანალიზის შედეგების ხარისხზე შეიძლება იმოქმედოს ნარკობაზარზე გამოყენებულმა სხვადასხვა კომბინაციებმა, გამაბრუებელი საშუალებების "კოკტეილებმა".

წინასწარი ტესტებიდან მაქსიმალური გამოსავლის მიღებისათვის აუცილებელია შემდეგი წესების დაცვა:

1. თუ ნიმუშის რაოდენობა ძალიან ცოტაა, მაშინ ექსპრეს-მეთოდით მის შესაფასებლად აუცილებელია ანალიზი ჩატარდეს სტაციონარულ ლაბარატორიაში.
2. ფხვნილის მაგვარი ნიმუშებიდან აუცილებელია ტესტირება გავუკეთოთ რამოდენიმე მარცვალს. თუ საჭიროა ანალიზის განმეორება, ნიმუშის რაოდენობას ზრდიან მიახლოებით ასანთის ღეროს თავის სიდიდემდე.
3. ტაბლეტებიდან, სხვა მყარი და რეზინისმაგვარი ნიმუშებიდან (მაგალითად, ჰაშიში, ოპიუმი) იღებენ პატარა ნაჭერს, აწვრილმანებენ ფხვნილად და ატარებენ ანალიზს.

4. კაფსულების ანალიზის დროს ხსნიან ერთ კაფსულას და ანალიზს უკეთებენ რამოდენიმე მარცვალს.
5. მცენარეული ნედლეულიდან ამოიღებენ მცირე რაოდენობას, აწვრილმანებენ და შემდეგ ახდენენ ტესტირებას.
6. სიგარეტის ანალიზის დროს ხსნიან ერთ სიგარეტს, შიგთავსს მოურევენ, იღებენ შიგთავსის მცირე რაოდენობას, აწვრილმანებენ და ახდენენ ტესტირებას.
7. თუ მცენარეული ნედლეულის ტესტური ანალიზი უარყოფით პასუხს იძლევა, მაგრამ არსებობს ეჭვი, რომ იგი დამუშავებულია რაიმე ქიმიური ნივთიერებით, სამკურნალო პრეპარატით ან მათი კომბინაციით, მაშინ მისი ანალიზი უნდა ჩატარდეს სტაციონარულ ლაბარატორიაში.

§2. ექსპრეს-ტესტის ჩატარება. გამოსაკვლევი ნიმუშების ექსპრეს-ტესტირებას ატარებენ სხვადასხვა ხერხებით. ყველაზე ხშირად იყენებენ ჩაღრმავებულ მინის ან ფაიფურის ფირფიტებს, სადაც ათავსებენ საანალიზო ნიმუშს და უმატებენ რეაგენტს (იხ. ნახ. 21.1).



ნახ. 21.1. ექსპრესს-ტესტის ანალიზის ფირფიტა

ეს ფირფიტა ყოველი ხმარების შემდეგ უნდა გაირეცხოს წყლით და ორგანული გამხსნელით (აცეტონით ან მეთანოლით).

ექსპრეს-ტესტის სხვა ხერხი ითვალისწინებს ღია ტესტ-სინჯარების გამოყენებას, რომელშიც თავსდება და მუშავდება ნიმუში შესაბამისი მეთოდიკის მიხედვით.

გარდა ამისა, ექსპრეს-ტესტი შეიძლება ჩატარდეს ფილტრის ქაღალდზე, სტრიპებზე ან წინასწარ გაზომილ და შეფუთულ ტესტ-ამპულებში.

§3. შედეგების ინტერპრეტაცია. ექსპრეს-ტესტების შედეგების ინტერპრეტაციაზე შეიძლება მოწოდებული იქნეს შემდეგი რეკომენდაციები:

1. ტესტის შედეგად წარმოქმნილი შეფერვა საშუალებას იძლევა ვილაპარაკოთ მხოლოდ დადებით პასუხზე, მაშინ როდესაც ზოგიერთ შემთხვევაში ეს შეფერვა მიუთითებს ნივთიერების მხოლოდ შესაძლო არსებობაზე.

2. ყველა შემთხვევაში, როცა ვღებულობთ დადებით ან საეჭვო შედეგს ნიმუშის ანალიზი უფრო გულდასმით უნდა გაკეთდეს სტაციონარულ ლაბარატორიაში.
3. უარყოფითი ან საეჭვო შედეგის მიღების შემთხვევაში შეიძლება ექსპრეს-ტესტის განმეორება იმავე ნიმუშზე. თუ მეორე ტესტიც <u>უარყოფით შედეგს</u> იძლევა, ეს უნდა ნიშნავდეს, რომ ნიმუში <u>შეიძლება არ შეიცავდეს</u> საეჭვო ნივთიერებას. ამასთან, თუ არსებობს მიზეზი (საქმის ვითარებიდან გამომდინარე) ანალიზის უფრო გულდასმით ჩატარებისა, მაშინ ანალიზი უნდა ჩატარდეს სტაციონარულ ლაბარატორიაში. შემდეგ ახდენენ ექსპრეს-ტესტის მაჩვენებლების, ლაბარატორიული კვლევის შედეგების და უფრო მკაცრი კონტროლით გამოწვეული მიზეზების გაანალიზებას.

ყველა ექსპრეს-ტესტს აქვს სავარაუდო მტკიცების ხასიათი და არ შეიძლება მათი ინტერპრეტირება როგორც საბოლოო და უტყუარი დასკვნისა.

4. ცალკეული ჯგუფების ექსპრეს-ანალიზი:

<u>ო პ ი უ მ ი</u>

ა. <u>აღმოჩენა მარკის რეაქტივით</u>.

რეაქტივები: A_1 – 8-10 წვეთი 40%-იანი ფორმალდეჰიდი 10 მლ ძმარმჟავაში;

A_2 – კონცენტრირებული გოგირდმჟავა (ρ = 1.84).

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ 3 წვეთ წყალს. მინის წკირით ნარევს ფირფიტაზე კარგად მოურევენ.
3. სითხის ერთი წვეთი გადააქვთ ფირფიტის მეორე ჩაღრმავებაში.
4. ამატებენ 1 წვეთ A_1 რეაქტივს.
5. ამატებენ სამ წვეთ A_2 რეაქტივს.

ძოწისფერიდან იისფერამდე შეფერვა მიუთითებს ოპიუმის შესაძლო არსებობაზე. თუ ტესტის შედეგად მიიღება ყავისფერი წყლიანი ექსტრაქტი აუცილებელია ტესტის განმეორება საანალიზო სინჯის მცირე რაოდენობასთან.

<u>ბ. აღმოჩენა რკინის (III) სულფატით.</u>

რეაქტივები: რკინის (III) სულფატის 5%-იანი წყლიანი ხსნარი.

1. ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ სამ წვეთ წყალს. ნარევს ფირფიტაზე გულდასმით შეურევენ მინის წკირით.
3. სითხის ერთი წვეთი გადააქვთ ფირფიტის მეორე ჩაღრმავებაში.
4. ამატებენ ერთ წვეთ რეაგენტს.

ძოწისფერ-ყავისფერი შეფერვა მიუთითებს ოპიუმის შესაძლო არსებობაზე. ტესტის შედეგად წყლიანი ხსნარის ყავისფერი შეფერვის წარმოქმნისას ცდას იმეორებენ საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობასთან.

<u>**მორფინი, კოდეინი, ჰეროინი**</u>

ა. <u>აღმოჩენა მარკის რეაქტივით</u>.

რეაქტივები: A_1 და A_2 – (იხ. ოპიუმი).

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ A_1 რეაგენტის ერთ წვეთს.
3. ამატებენ A_2 რეაგენტის ერთ წვეთს.

იისფერიდან მოწითალო-ძოწისფერამდე შეფერვა მიუთითებს მორფინის, კოდეინის ან ჰეროინის შესაძლო არსებობაზე.

ბ. <u>აღმოჩენა მეკკეს რეაქტივით (ტესტი ტარდება მხოლოდ ლაბარატორიულ პირობებში)</u>.

რეაქტივები: 1 გ სელენის მჟავას ხსნიან 100 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ერთ წვეთ რეაგენტს.
3. ამატებენ სამ წვეთ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავას.

ცისფერიდან მწვანემდე შეფერვა მიუთითებს მორფინის, კოდეინის ან ჰეროინის შესაძლო არსებობაზე. მსგავსი შეფერვა შეიძლება მოგვცეს სხვა საშუალებებმაც.

გ. <u>აღმოჩენა კონცენტრირებული აზოტმჟავით (ტესტი ტარდება მხოლოდ ლაბორატორიულ პირობებში)</u>.

რეაქტივები: კონცენტრირებული HNO_3.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ერთ წვეთ რეაგენტს.

ყვითელი შეფერვა, რომელიც ნელ-ნელა გადადის ღია მწვანე ფერში, მიუთითებს <u>ჰეროინის შესაძლო</u> არსებობაზე.

ნარინჯისფერი, რომელიც სწრაფად გადადის წითელში და შემდეგ ნელა ყვითელში, მიუთითებს <u>მორფინის შესაძლო</u> არსებობაზე.

ნარინჯისფერი, რომელიც ნელა უფერულდება, მიუთითებს <u>კოდეინის შესაძლო</u> არსებობაზე. მსგავსი ან სხვა ფერები შეიძლება მოგვცეს სხვა საკონტროლო და არასაკონტროლო ნივთიერებებმა.

ეს რეაგენტი გამოიყენება მორფინის, კოდეინის და ჰეროინის დიფერენცირებისათვის. არ შეიძლება მარტო ამ ტესტზე დაყრდნობა. მას ატარებენ A ტესტ-ექსპრესის ჩატარების შემდეგ.

დ. <u>აღმოჩენა რკინის (III) სულფატით.</u>

რეაქტივები: 5% რკინის სულფატის ხსნარი წყალში.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ორ წვეთ რეაგენტს.

წითელი შეფერვა მიუთითებს მორფინის შესაძლო არსებობაზე.

<u>მეტადონი</u>

ა. <u>აღმოჩენა მარკის რეაქტივით.</u>

რეაქტივები: A_1 და A_2 – (იხ. ოპიუმი).

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ორ წვეთ A_1 რეაქტივს.
3. ამატებენ სამ წვეთ A_2 რეაქტივს.

მელნისფერი შეფერვა, რომელიც ნელ-ნელა ვითარდება და იცვლება იისფერამდე მიუთითებს მეტადონის შესაძლო არსებობაზე. მსგავსი ან სხვა შეფერილობა შეიძლება მოგვცეს სხვა საკონტროლო და არასაკონტროლო ნივთიერებებმა.

ბ. <u>აღმოჩენა აზოტის და გოგირდის მჟავათა ნარევით.</u>

რეაქტივები: 10 წვეთ კონცენტრირებულ აზოტმჟავას ხსნიან 10 მლ კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში.

1. საანალიზო ნივთიერების მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ორ წვეთ რეაგენტს.

ნარინჯისფერი შეფერვა, რომელიც ნელ-ნელა ვითარდება და გადადის წითელში მიუთითებს მეტადონის შესაძლო არსებობაზე.

<u>ამფეტამინი, მეტამფეტამინი და ამფეტამინის სხვა წარმოებულები</u>

ა. <u>აღმოჩენა მარკის რეაქტივით.</u>

რეაქტივები: A_1 და A_2 – (იხ. ოპიუმი).

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ორ წვეთ A_1 რეაქტივს.
3. ამატებენ სამ წვეთ A_2 რეაქტივს.

ნარინჯისფერი შეფერვა, რომელიც ნელ-ნელა გადადის ყავისფერში მიუთითებს ამფეტამინის შესაძლო არსებობაზე.

მოყვითალო-მწვანე შეფერვა მიუთითებს მეტამფეტამინის (პერვიტინის) შესაძლო არსებობაზე. ამფეტამინის სხვა წარმოებულებიც აგრეთე იძლევიან ყვითელ, მოყვითალო-მწვანე და სხვა შეფერილობებს.

ბ. <u>აღმოჩენა კონცენტრირებული გოგირდმჟავით (ტესტი ტარდება ლაბარატორიულ პირობებში).</u>

რეაქტივები: კონცენტრირებული გოგირდმჟავა (ρ = 1.84).

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ რეაგენტის ორ წვეთს.

ამფეტამინის და მეტამფეტამინის (პერვიტინის) არსებობისას შეფერვა არ წარმოიქმნება. რეაქტივის გამოყენება შეიძლება ამფეტამინის, მეტამფეტამინის და სხვა წარმოებულების დიფერენცირებისათვის; თუ ამფეტამინი და მეტამფეტამინი ამ რეაქტივთან შეფერვას არ იძლევიან, ამფეტამინის სხვა ბევრი წარმოებული წარმოქმნიან სხვადასხვა შეფერილობებს.

გ. <u>აღმოჩენა სიმონის რეაქტივით.</u>

რეაქტივები: B_1 – აცეტალდეჰიდის 10%-იანი ხსნარის და ნატრიუმის ნიტროპრუსიდის 1%-იანი ხსნარების თანაბარი რაოდენობების ნარევი; B_2 – 2 გ ნატრიუმის კარბონატს ხსნიან 100 მლ წყალში.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ერთ წვეთ B_1 რეაგენტს.
3. ამატებენ ორ წვეთ B_2 რეაგენტს.

ცისფერი შეფერვა მიუთითებს მეტამფეტამინის (პერვიტინის) შესაძლო არსებობაზე.

დ. <u>აღმოჩენა სიმონის მოდიფიცირებული რეაქტივით (ტესტი ტარდება ლაბარატორიულ პირობებში.</u>

რეაქტივები: C_1 – 1 გ ნატრიუმის ნიტროპრუსიდის ხსნარი 100 მლ 5%-იან წყლიან აცეტონში; C_2 – 2 გ ნატრიუმის კარბონატის ხსნარი 100 მლ წყალში.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ერთ წვეთ C_1 რეაგენტს.
3. ამატებენ ერთ წვეთ C_2 რეაგენტს.

ძოწისფერი შეფერვა მიუთითებს ამფეტამინის შესაძლო არსებობაზე. ამ რეაგენტთან მსგავსი შეფერვა შეიძლება მოგვცეს სხვა გამაბრუებელმა საშუალებებმაც.

<u>კანაბასი (ჰაშიში)</u>

ა. <u>აღმოჩენა "მტკიცე ლურჯი B-თი".</u>

რეაქტივები: A_1 – "მტკიცე ლურჯი B" კარგად ურევენ ნატრიუმის სულფიტს; A_2 – ქლოროფორმი; A_3 – ნატრიუმის ჰიდროქსიდის 0.1N. წყლიანი ხსნარი.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ სინჯარაში.
2. ამატებენ მცირე რაოდენობა A_1 რეაგენტს.
3. ამატებენ 25 წვეთ A_2 რეაგენტს და სინჯარას ანჯღრევენ ერთი წუთის განმავლობაში.
4. ამატებენ 25 წვეთ A_3 რეაგენტს და სინჯარას ანჯღრევენ ერთი წუთის განმავლობაში.

ქლოროფორმის ქვედა ფენის ძოწისფერ-წითელი შეფერვა მიუთითებს კანაბინოიდების შესაძლო არსებობაზე.

ბ. <u>აღმოჩენა დიუკენ-ლევინის რეაქტივით</u>

რეაქტივები: B_1 – 0.4 გ ვანილინის ხსნარი 20 მლ 95% ეთანოლში, რომელსაც დამატებული აქვს 0.5 მლ აცეტალდეჰიდი; B_2 – კონცენტრირებული მარილმჟავა; B_3 – ქლოროფორმი.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ სინჯარაში.
2. ამატებენ 2 მლ (დაახლოებით 50 წვეთ) B_1 რეაგენტს და ანჯღრევენ ერთი წუთის განმავლობაში.
3. ამატებენ 2 მლ B_2 რეაგენტს და ანჯღრევენ რამდენიმე წუთი და ტოვებენ რამდენიმე წუთს.
4. თუ შეფერილობა განვითარებას იწყებს ორი-სამი წუთის განმავლობაში ამატებენ B_3 რეაგენტს და ნარევს ფრთხილად შეანჯღრევენ.

ქლოროფორმის ქვედა ფენის იისფერი შეფერილობა მიუთითებს ჰაშიშის შესაძლო არსებობაზე. მსგავს შეფერილობას იძლევიან ძალიან ცოტა ბუნებრივი ნაერთები.

<u>ბარბიტურის მჟავას წარმოებულები</u>

ა. <u>აღმოჩენა დილლ-კოპანის რეაქტივით</u>

რეაქტივები: A_1 – 0.1 გ კობალტის აცეტატის ტეტრაჰიდრატს ხსნიან 100 მლ აბსოლუტურ მეთანოლში, შემდეგ უმატებენ 0.2 მლ ყინულოვან ძმარმჟავას; A_2 – 5 მლ იზოპროპილამინს შეურევენ 95 მლ აბსოლუტურ მეთანოლს.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ სამ წვეთ A_1 რეაგენტს.
3. ამატებენ სამ წვეთ A_2 რეაგენტს.

მოწითალო-ძოწისფერი შეფერვა მიუთითებს ბარბიტურატების შესაძლო არსებობაზე. ძალიან ცოტა ნივთიერებები იძლევიან მსგავს შეფერვას.

<u>1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები</u>

ა. <u>აღმოჩენა ციმერმანის რეაქტივით</u>

რეაქტივები: A_1 – 1 გ 2,4-დინიტრობენზოლის ხსნარი 100 მლ მეთანოლში; A_2 – 15 გ კალიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი 100 მლ წყალში.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ერთ წვეთ A_1 რეაგენტს.
3. ამატებენ ერთ წვეთ A_2 რეაგენტს.

მოწითალო-ძოწისფერი ან მელნისფერი შეფერვა მიუთითებს 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების შესაძლო არსებობაზე. ანალოგიური ფერი შეიძლება მოგვცეს მრავალმა ნივთიერებამ.

ბ. <u>აღმოჩენა მარილმჟავით</u>

რეაქტივები: 2 მლ კონცენტრირებული მარილმჟავა.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ორ წვეთ რეაგენტს.

ყვითელი ფერი მიუთითებს 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების შესაძლო არსებობაზე. მსგავსი შეფერვა შეიძლება მოგვცეს მრავალმა ნივთიერებამ.

გ. <u>აღმოჩენა ვიტალი-მორენის რეაქტივით (ტესტი უნდა სრულდებოდეს ლაბარატორიული პირობებში).</u>

რეაქტივები: B_1 – კონცენტრირებული აზოტმჟავა; B_2 – აცეტონი; B_3 – კალიუმის ჰიდროქსიდის 0,1 მლ ეთანოლიანი ხსნარი.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ სინჯარაში.
2. ამატებენ B_1 რეაგენტის 0.5 მლ-ს და ააორთქლებენ წყლის აბაზანაზე ამოშრობამდე.
3. ამატებენ 5 მლ B_2 რეაგენტს.

4. ამატებენ 1 მლ B_3 რეაგენტს.

ყვითელი შეფერვა მიუთითებს 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების შესაძლო არსებობაზე. მსგავსი რეაქცია შეიძლება მოგვცეს ამინოჯგუფის შემცველმა სხვა ნაერთებმაც.

დ. <u>აღმოჩენა ერლიხის რეაქტივით.</u>

რეაქტივები: 1 გ პარა-დიმეთილამინობენზალდეჰიდს ხსნიან 10 მლ კონცენტრირებულ ორთოფოსფორმჟავაში (ρ = 1.75).

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ ფირფიტაზე.
2. ამატებენ ორ წვეთ რეაგენტს.

რამდენიმე წუთში წარმოქმნილი იისფერი შეფერვა მიუთითებს 1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულების შესაძლო არსებობაზე. მსგავსი შეფერილობა შესაძლოა მოგვცეს სხვა ნივთიერებებმაც.

<u>**კოკაინი**</u>

ა. <u>აღმოჩენა კობალტის (II) თიოციანატით</u>

რეაქტივები: A_1 – მარილმჟავას 16%-იანი ხსნარი; A_2 – 2.5 გ კობალტის (II) თიოციანატის ხსნარი 100 მლ წყალში.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ სინჯარაში.
2. ამატებენ ერთ წვეთ A_1 რეაგენტს და ანჯღრევენ 10 წამი.
3. ამატებენ ერთ წვეთ A_2 რეაგენტს და ხელახლა ანჯღრევენ 10 წამი.

ცისფერი შეფერვა მიუთითებს კოკაინის და კუსტარულად მომზადებული "კრეკის" შესაძლო არსებობაზე. მსგავს შეფერვას იძლევიან მეტაკვალონი, ფენციკლიდინი და ზოგიერთი სხვა ნაერთები.

ბ. <u>აღმოჩენა კობალტის (II) თიოციანატით</u>

რეაქტივები: B_1 – კობალტის (II) თიოციანატის 1 გ-ს ხსნიან 50 მლ 10%-იან ძმარმჟავაში და ანზავებენ 50 მლ გლიცერინით; B_2 – კონცენტრირებული მარილმჟავა; B_3 – ქლოროფორმი.

1. საანალიზო ნიმუშის მცირე რაოდენობას ათავსებენ სინჯარაში.
2. ამატებენ ხუთ წვეთ B_1 რეაგენტს და ანჯღრევენ 10 წამის განმავლობაში. თუ ნიმუშში არის კოკაინი, ცისფერი შეფერვა ვითარდება დაუყოვნებლივ. თუ ცისფერი შეფერვა არა გვაქვს, ამატებენ ზუსტად იმავე რაოდენობა საანალიზო სინჯს, თუ ცისფერი შეფერვა მაშინაც არ წარმოიქმნა კოკაინი სინჯში არ არის.

3. თუ ხსნარი ოპერაცია 2-ის შემდეგ ცისფერი გახდება, ამატებენ B_2 რეაგენტს და ანჯღრევენ რამდენიმე წუთი. თუ კოკაინი არის სინჯში ცისფერი შეფერვა გადადის მელნისფერში, თუ შეფერვა არასაკმარისი ინტენსიობისაა, ამატებენ რეაგენტის კიდევ ერთ წვეთს.
4. თუ ხსნარი ოპერაცია 3-ის შემდეგ შეიფერა მელნისფერად, უმატებენ 5 წვეთ B_3 რეაგენტს და ანჯღრევენ ნარევის შერევამდე. ცისფერი შეფერვა ისევ უნდა წარმოიშვას ქლოროფორმის ქვედა ფენაში, რაც მიუთითებს კოკაინის არსებობაზე.

მსგავს რეაქციას იძლევა ნივთიერებების ძალიან მცირე რაოდენობა.

გ. <u>აღმოჩენა მეთილბენზოატით</u>

რეაქტივები: 5 გ კალიუმის ჰიდროქსიდის ხსნარი მეთანოლში..

1. საანალიზო სინჯის მცირე რაოდენობას ათავსებენ სინჯარაში.
2. ამატებენ დაახლოებით 10 წვეთ რეაგენტს.
3. სინჯარას ანჯღრევენ 10 წამი.
4. სინჯარის სუნს ადარებენ მეთილბენზოატის (შესადარი ნივთიერება) სუნს, თუ საანალიზო სინჯარის სუნი შესადარი ნივთიერების სუნის მსგავსია ეს მიუთითებს კოკაინის არსებობაზე.

<u>**მეტაკვალონი, ფენციკლიდინი**</u>

ა. <u>აღმოჩენა კობალტის (II) თიოციანატით</u>

რეაქტივები: (იხილე კოკაინი)

1. საანალიზო სინჯის მცირე რაოდენობას ათავსებენ სინჯარაში.
2. ამატებენ ერთ წვეთ A_1 რეაგენტს.
3. ამატებენ ერთ წვეთ A_2 რეაგენტს.

ცისფერი შეფერვა მიუთითებს მეტაკვალონის და ფენციკლიდინის შესაძლო არსებობაზე. ანალოგიურ შეფერვას იძლევიან სხვა ნივთიერებებიც.

§5. ექსპრეს-ანალიზში ცრუდადებითი და ცრუუარყოფითი შედეგები

ქრომოგენური რეაქციები (ფერადი რეაქციები), რომლებიც გამოიყენებიან კონტროლის ქვეშ მყოფი ნივთიერებების დეტექტირებისათვის არ არიან სპეციფიკურები ე.ი. რეაგენტები ურთიერთმოქმედებენ სხვა ნაერთებთანაც და იძლევიან მსგავს შეფერილობას.

მეორე მხრივ, ზემოაღნიშნული მიზეზების გამო, შედეგი შეიძლება იყოს უარყოფითი საკვლევი ნივთიერების არსებობის შემთხვევაშიც.

შეფერილობა, რომელიც მიიღება ექსპრეს-ტესტის შედეგად, შედარებული უნდა იქნეს ფერთან, რომლებსაც წარმოქმნიან შესადარი – სუფთა ნივთიერებანი, რადგან ფერის აღქმა ინდივიდუალური და სუბიექტურია, რასაც შეუძლია მიგვიყვანოს შედეგების არასწორად გაგებამდე.

თავი 22.

ანალიზის იმუნოქიმიური მეთოდები

იმუნოქიმიური ანალიზი ეს არის ქიმიური ანალიზის მეთოდი, რომელიც დამყარებულია კომპონენტისა და იმუნური სისტემის რეაქციაზე. სვანტე არენიუსი, შვედი მეცნიერი იყო პირველთაგანი, რომელმაც გამოაქვეყნა ნარკვევი "იმუნოქიმია" (1907), სადაც იმუნოქიმიური ანალიზი განხილულია როგორც ანალიზის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდი, ტოქსინების და ანტიტოქსინების პრინციპის შესასწავლად.

იმუნოქიმიური ანალიზის მრავალი მეთოდი არის შემუშავებული. ისინი გამოიყენება ვირუსოლოგიაში, მოლეკულურ ბიოლოგიაში და ქიმიურ ანალიზში. იმუქიმიური ანალიზის ერთ-ერთ პირველ და ცნობილ მეთოდს წარმოადგენს ვასერმანის რეაქცია, ათაშანგის (სიფილისის) არსებობის დასადგენად.

თანამედროვე იმუნოქიმიური ანალიზის მეთოდები გამოირჩევიან მაღალი მგრძნობელობით, სპეციფიკურობით, სიმარტივით, ამასთან საშუალებას იძლევიან ერთდროულად განისაზღვროს სინჯების დიდი რიცხვი. სინჯები არ საჭიროებენ სპეციალურ გასუფთავებას ან კონცენტრირებას, ამდენად მეტად მნიშვნელოვანია როგორც ანალიზის სკრინინგ-მეთოდი. იმუნოქიმიური ანალიზის მეთოდები წარმატებით გამოიყენება ტოქსიკური და ნარკოტიკული ნივთიერებების ანალიზში.

მრავალი ნაერთის აღმოჩენა არის შესაძლებელი სისხლის შრატში, მცენარეულ წვენში, მიკროორგანიზმების კულტურალურ სითხეებში, ნიადაგის გამონაწვლილში, ოღონდ ამ ნაერთებს უნდა ჰქონდეთ ანტიგენის თვისებები და ადამიანის ან ცხოველის ორგანიზმში იწვევდნენ განსაკუთრებული ცილების – ანტისხეულების სინთეზს. ანტისხეულები კი თავის მხრივ მაღალი სპეციფიკურობით უკავშირდებიან ანტიგენებს.

სწორედ ანტიგენ-ანტისხეულის რეაქცია უდევს საფუძვლად იმუნოქიმიური ანალიზის მეთოდებს. რეაქციის დროს გამოყენებული ნიშნულის ბუნების და დეტექტირების ხერხის მიხედვით არჩევენ იმუნოქიმიური ანალიზის მეთოდის რამდენიმე სახეს, რომლებიც მოცემულია ცხრილში 22.1.

ცხრილი 22.1. ანალიზის იმუნოქიმიური მეთოდების კლასიფიკაცია

იმუნოქიმიური მეთოდი	**დეტექტირების ხერხი**
რადიოიმუნური ანალიზი (რია)	რადიოაქტიურობა
იმუნოფერმენტული ანალიზი (იფა)	ფერმენტული აქტიურობა
პოლარიზაციული ფლუოროიმუნოანალიზი (პფია)	ფლუოესცენტული პოლარიზაციის ინტენსივობა
ლუმინესცენტური იმუნოანალიზი (ლია)	ლუმინესცენციის ინტენსივობა
სპინ-იმუნოლოგიურ ანალიზი (სია)	თავისუფალი რადიკალების ელექტრონული სპინ-რეზონანსი
ვიროიმუნოანალიზი (ვია)	ბაქტერიოფაგების ციტოლიზი
მეტალოიმუნოანალიზი (მია)	შთანთქმის ატომური სპექტრები
ნეფელომეტრული იმუნური ანალიზი	სინათლის გარდატეხა
იმუნოსენსორული მეთოდები იმუნოანალიზი ნაწილაკების იმუნოდიფუზიის დახმარებით	ელექტრონული სიგნალი ტურბიდიმეტრია

ცხრილ 22.1-ში მოცემული მეთოდებიდან ტოქსიკური და ნარკოტიკული საშუალებების ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში ყველაზე ფართო გამოიყენება ჰპოვა იმუნოფერმენტულმა, რადიოიმუნურმა, პოლარიზაციულმა, ფლუოროიმუნურმა და იმუნოანალიზმა ლატექსური აგლუტინაციის საფუძველზე.

სადღეისოდ გამოდის მზა კომერციული ნაკრებები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან გამოვავლინოთ ნარკოტიკული საშუალებების ძირითადი ჯგუფები (ოპიატები, კანაბინოიდები, ბარბიტურატები, კოკაინი და ა.შ.) აღმოჩენის გარანტირებული საზღვრებით 300-500 მგ/მლ.

§1. იმუნოფერმენტული ანალიზი

იმუნოფერმენტული ანალიზი, ეს არის ანალიზის იმუნოქიმიური მეთოდი, სადაც ანტიგენ-ანტისხეულის რეაქციის დეტექტირებისთვის მარკერად (ნიშნულად) გამოიყენება ფერმენტი. აუცილებელია სწორად იყოს შერჩეული ფერმენტი, რომელიც იქნება ან ანტისხეულის ან ანტიგენის მარკერი და შესაბამისად განხორციელდება იმუნოქიმიური რეაქცია შემდეგი ორი ვარიანტის მიხედვით:

$$aAg+bAb^* \rightarrow a(Ag\text{-}Ab^*)+(b\text{-}a)Ab^* \qquad (1)$$

ან

$$aAg^*+bAb+cAg \rightarrow d(Ag^*\text{-}Ab)+e(Ag\text{-}Ab)+(a\text{-}d)Ag^*+(c\text{-}e)Ag \qquad (2)$$

განვიხილოთ თითოეული რეაქცია - პირველი ვარიანტის შემთხვევაში (*განტოლება (1)*) საკვლევ ობიექტში ანტიგენსა *(Ag)* და მონიშნულ ანტისხეულს *(Ab*)* შორის, რომლის რაოდენობა მნიშვნელოვნად აჭარბებს ანტიგენის რაოდენობას, წარმოიქმნება კომპლექსი *Ag-Ab*.* რეაქციის რაოდენობრივი შეფასება შესაძლებელია წარმოქმნილი *Ag-Ab** კომპლექსის მიხედვით, რომელიც განისაზღვრება ფერმენტ ნიშნულის მეშვეობით, ან ჭარბი *Ab** მიხედვით. ეს არის იმუნოფერმენტული ანალიზის არაკონკურენტული ვარიანტი.

მეორე რეაქციის შემთხვევაში (*განტოლება (2)*), ანტისხეულის რაოდენობა არის ლიმიტირებული. აქ უკვე ფერმენტით მონიშნულია ანტიგენი, რომელიც საანალიზო ნიმუშს ემატება ცნობილი კონცენტრაციით. იგი უკავშირდება ანტისხეულს და წარმოიქმნება კომპლექსი *Ag*-Ab*, აღნიშნულ რეაქციაში მონიშნული ანტიგენი კონკურენციას გაუწევს სინჯში არსებულ თავისუფალ ანტიგენს (*Ag*). *Ag*-Ab* კომპლექსის კონცენტრაცია იქნება თავისუფალი ანტიგენის რაოდენობის უკუპროპორციული, ამდენად თუ წინასწარ ცნობილია მარკირებული ანტიგენის რაოდენობა, შესაძლებელია მოუნიშნავი ანტიგენის რაოდენობის განსაზღვრა. ეს არის იმუნოფერმენტული ანალიზის კონკურენტული ვარიანტი. ორივე შემთხვევაში იმუნოფერმენტული ანალიზის ამოცანაა გამოყოს და განსაზღვროს მარკერიანი აგენტის ბმული ფრაქცია (Ag-*Ab** ან *Ag*-Ab*) თავისუფალ მარკირებულ აგენტთან (*Ab** ან *Ag**) შედარებით, სპეციფიკური ბმის წილის განსაზღვრისათვის.

იმუნოფერმენტულ მეთოდებში რეაქციის „ანტიგენი-ანტისხეული“ დეტექტირებისათვის მარკერის (ნიშნულის) სახით გამოყენებული ფერმენტები, როგორც წესი, წარმოადგენენ ოქსიდებს, რომელთაც აქვთ სპეციალური ქიმიური ნივთიერების - ქრომოგენული სუბსტრატის (*S*) დაჟანგვის უნარი, რის შედეგადაც წარმოიქმნება შეფერილი პროდუქტები. ანალიზის ჩატარების პროცესში მნიშვნელოვანია ისეთი ფერმენტის შერჩევა, რომელიც ხანგრძლივად ინარჩუნებს თავის აქტივობას ანტისხეულთან ან ანტიგენთან შეკავშირების დროს და გამოირჩევა სპეციფიკურობით სუბსტრატის მიმართ. ფერმენტების აქტივობა განისაზღვრება ოპტიკური სიმკვრივის ცვლილების მიხედვით, ფლუორომეტრული და ელექტროქიმიური მეთოდით.

შეფერილობის წარმოქმნის მიხედვით შესაძლებელია მსჯელობა საანალიზო მასალაში კვლევის ობიექტის არსებობაზე, ხოლო ფერის ინსტენსივობის მიხედვით შესაძლებელია ნივთიერების კონცეტრაციის განსაზღვრა.

შესრულების ტექნიკის მიხედვით არჩევენ იმუნოფერმენტული ანალიზის ორ ტიპს: <u>ჰომოგენურს</u> და <u>ჰეტეროგენულს.</u>

<u>**1.1 ჰომოგენურ იმუნოფემენტულ ანალიზში**</u> რეაქციის ყველა კომპონენტი – ანტისხეული (*Ab*), განსასაზღვრავი ნივთიერება (*Ag*), მარკირებული განსასაზღვრავი ნივთიერება (*Ag**) (კონიუგატი), ქრომოგენული სუბსტრატი (*S*) (სპეციალური ქიმიური ნივთიერება - სარეაქციო არე) იმყოფებიან ერთ აგრეგატულ მდგომარეობაში – ხსნარის სახით.

ჰომოგენური იმუნოფერმენტული ანალიზის საფუძველს წარმოადგენს აქტიური ფერმენტის ინჰიბირება, როდესაც იგი უერთდება ანტისხეულს (*Ag*-Ab*) და შემდგომ ანტიგენ-ანტისხეულის ურთიერთქმედების ხარჯზე ხდება (*Ag*-Ab*+*Ag*→*Ag**+*Ab-Ag*) აქტივობის აღდგენა, ან აქტივობის საერთოდ დაკარგვა.

ჰომოგენური იმუნოფერმენტული ანალიზის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს ფერმენტული აქტივობის ცვლილება მონიშნული აგენტისა და ანტისხეულის ურთიერქმედების დროს. ამ პრინციპიდან გამომდინარე ჰომოგენურ იმუნოფერმენტულ ანალიზს შესაბამის ლიტერატურაში მოიხსენიებენ აბრავიატურით EMIT (Enzyme Multiplied Immunoassay Technique) - იმუნოანალიზური მეთოდი ფერმენტული აქტივობის რეგულირებით.

კონიუგატს *Ag**, თავისუფალი ფერმენტის მსგავსად აქვს უნარი გარდაქმნას სუბსტრატი (*S*) შეფერილ ნივთიერებად (*P*), თუმცა როდესაც იგი უერთდება ანტისხეულს (*Ag*-Ab*) მისი ფერმენტული აქტივობა ქრება.

კონიუგატის ფერმენტული აქტივობის დაკარგვა შეიძლება განპირობებული იყოს სხვადასხვა ფაქტორებით: ფერმენტის მოლეკულის კონფორმაციის ცვლილებით და მისი აქტიური ცენტრის დარღვევით, ასევე ანტისხეულის მიერთების ხარჯზე სივრცულად მიუწვდომელი ხდება ფერმენტის აქტიური ცენტრი.

ჰომოგენური იმუნოფერმენტული ანალიზის პირველ სტადიაზე სარეაქციო არეში ერთდროულად 3 კომპონენტი იმყოფება: საანალიზო ბიოსინჯი, კონიუგატი – ფერმენტით მარკირებული განსასაზღვრავი ნივთიერება (*Ag**) და ანტისხეული (*Ab*);

„ანტისხეული-ანტიგენის“ შეკავშირების რეაქცია შექცევადია, ამიტომ ბიოსინჯში განსასაზღვრავი ნივთიერება (*Ag*) და კონიუგატი (*Ag**) ერთმანეთს უწევენ კონკურენციას ანტისხეულის (*Ab*) შეკავშირებული ადგილების შეზღუდული

რიცხვის გამო და თავისუფალი ანტიგენი ჩაენაცვლება უკვე არსებულ ნაერთს (*Ag*- Ab*).

ანალიზის მეორე სტადიაზე სარექციო ნარევს ემატება ქრომოგენული სუბსტრატი (*S*), რომელიც ფერმენტ-ნიშნულის მოქმედებით განიცდის ქიმიურ ცვლილებას და გარდაიქმნება შეფერილ ნაერთად (*P*); მიღებული ფერი რეგისტრირდება ვიზუალურად ან სპექტრალური მეთოდების გამოყენებით.

ჰომოგენურ-იმუნოფერმენტულ ანალიზში ნიშნულის სახით გამოიყენება შემდეგი ფერმენტები: ლიზოციმი, გლუკოზო-6-ფოსფატ-დეჰიდროგენაზა, მალატდეჰიდროგენაზა.

$$S \xrightarrow{\text{ფერმენტი(*)}} P$$ *სუბსტრატი იფერება*

$$S \xrightarrow{Ag^*} P$$ *სუბსტრატი იფერება*

Ag*+Ab→Ag*-Ab (ფერმენტული აქტივობა დაიკარგა)

$$S \xrightarrow{Ag^*\text{-}Ab} P$$ *სუბსტრატი არ იფერება*

Ag*-Ab+Ag→ Ag*+Ab-Ag (კონკურენტული ჩანაცვლების გამო გამონთავისუფლდა კონიუგატი ანტიგენი მარკირებული ფერმვნტით)

$$S \xrightarrow{Ag^*} P$$ *სუბსტრატი იფვრება*

ფერის ინტენსოვობა დამოკიდებულია საკვლევ ობიექტში ნივთიერების (Ag) რაოდენობაზე

ნახ. 22.1. ჰომოგენური იმუნოფერმენტული ანალიზი

ფერმენტით მარკირებული ანტიგენის აქტივობის დაკარგვის მოვლენას <u>დამუხრუჭებას</u> უწოდებენ. ამ შემთხვევაში სუბსტრატის დამატების შემდეგ საანალიზო ხსნარის შეფერვა პირდაპირ პროპორციული იქნება ანტისხეულთან შეუკავშირებელი მარკირებული ანტიგენის კონცენტრაციისა ე.ი. პირდაპირპრო-პორციული იქნება კონკურენტი ანტიგენის კონცენტრაციის (ნარკოტიკული ან სხვა გამაბრუებელი ნივთიერების კონცენტრაციისა), რომელიც იმყოფება ბიოსინჯში.

<u>1.2. ჰეტეროგენული იმუნოფერმენტული ანალიზი</u> ე.წ. - ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) ანუ მყარფაზიანი იმუნოფერმენტული ანალიზი, რომლის დროსაც საანალიზო ნივთიერება იმყოფება ორ სხვადასხვა ფაზაში. იმუნოქიმიური რეაქციის კომპონენტების დასაყოფად იყენებენ უხსნად მყარ ფაზას. ყველაზე მეტად გავრცელებულ შემთხვევებში ანტისხეული იმობილიზირდება რომელიმე მყარ მატარებელზე, მაგალითად პოლისტიროლურ პლანშეტებზე, სინჯარებში, მძივებში.

ჰეტეროგენული იმუნოფერმენტული ანალიზი ხშირად განიხილება, როგორც არაკონკურენტული მეთოდი. აღნიშნული მეთოდი საშუალებას იძლევა ობიექტში განისაზღვროს როგორც საანალიზო ნივთიერება - ანტიგენი (*Ag*), ასევე შესაბამისი ანტისხეული (*Ab*).

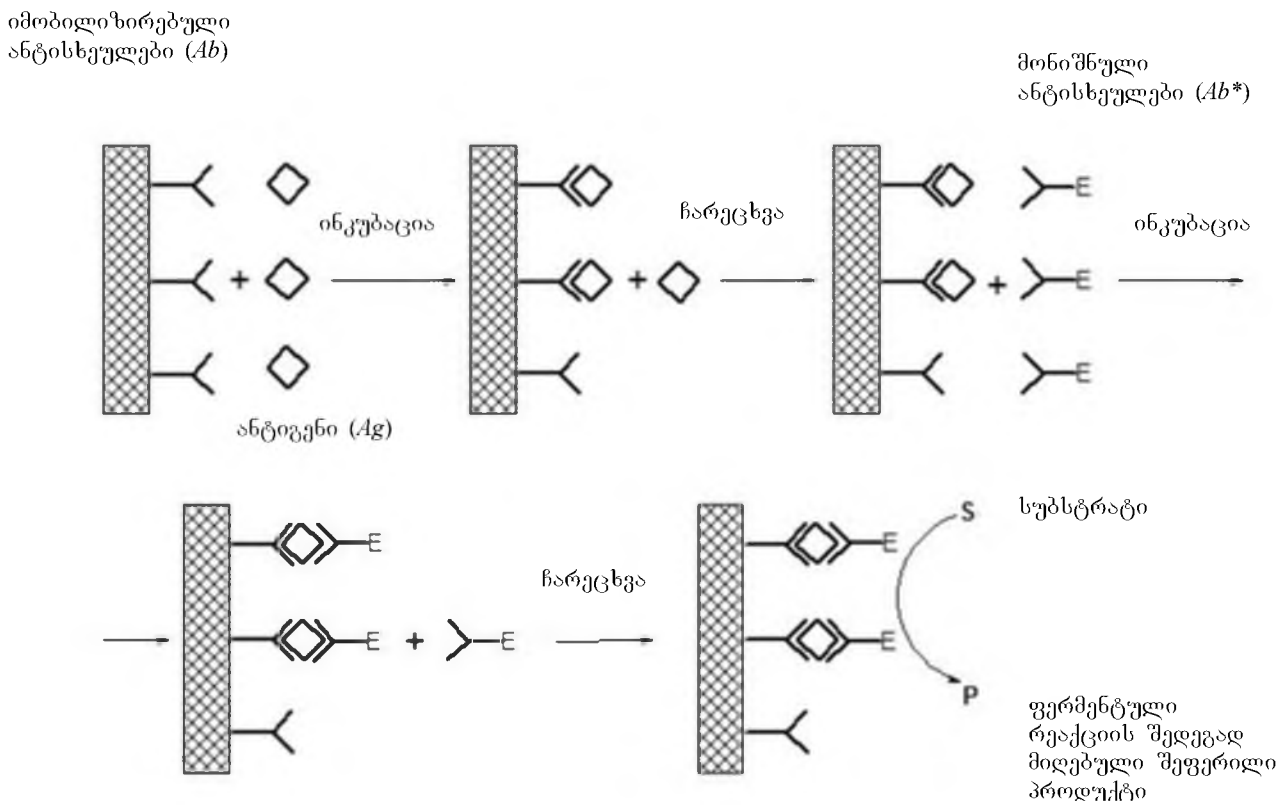
იმ შემთხვევაში, როდესაც საანალიზო ობიექტი არის ანტიგენი, ამ ტიპის ჰეტეროგენულ იმუნოფერმენტულ ანალიზს მეორენაირად ხშირად **"სენდვიჩ"** მეთოდსაც უწოდებენ, რადგანაც სპეციფიკური იმუნოკომპლექსის გამოვლენის პროცესში, ანტიგენი (*Ag*) მოექცევა ორ – იმობილიზირებულ ანტისხეულსა (*Ab*) და მონიშნულ ანტისხეულს (*Ab**) შორის.

პირველ ეტაპზე მყარ ფაზაზე იმობილიზირებულ ანტისხეულებს (*Ab*) ემატება ხსნარი რომელიც შეიცავს საანალიზო ანტიგენს (*Ag*). ინკუბაციის პერიოდში წარმოიქმნება "ანტიგენ-ანტისხეულის" სპეციფიკური კომპლექსი (*Ab-Ag*). შემდეგ მყარ მატარებელს ჩარეცხავენ, შეუკავშირებელი ანტიგენების მოსაცილებლად და ამატებენ მარკირებულ ანტისხეულს – კონიუგატს (*Ab**). შეკავშირებული კონიუგატ-ანტიგენების რაოდენობა პირდაპირპროპორციულია ანტიგენების რაოდენობისა საანალიზო ნიმუშში.

მეორადი ინკუბაციის შემდეგ და ჭარბი კონიუგატის მოცილების შემდეგ რეაქ-ციას ემატება ქრომოგენული სუბსტრატი (*S*), რომელიც შერჩეულია გამოყენებული

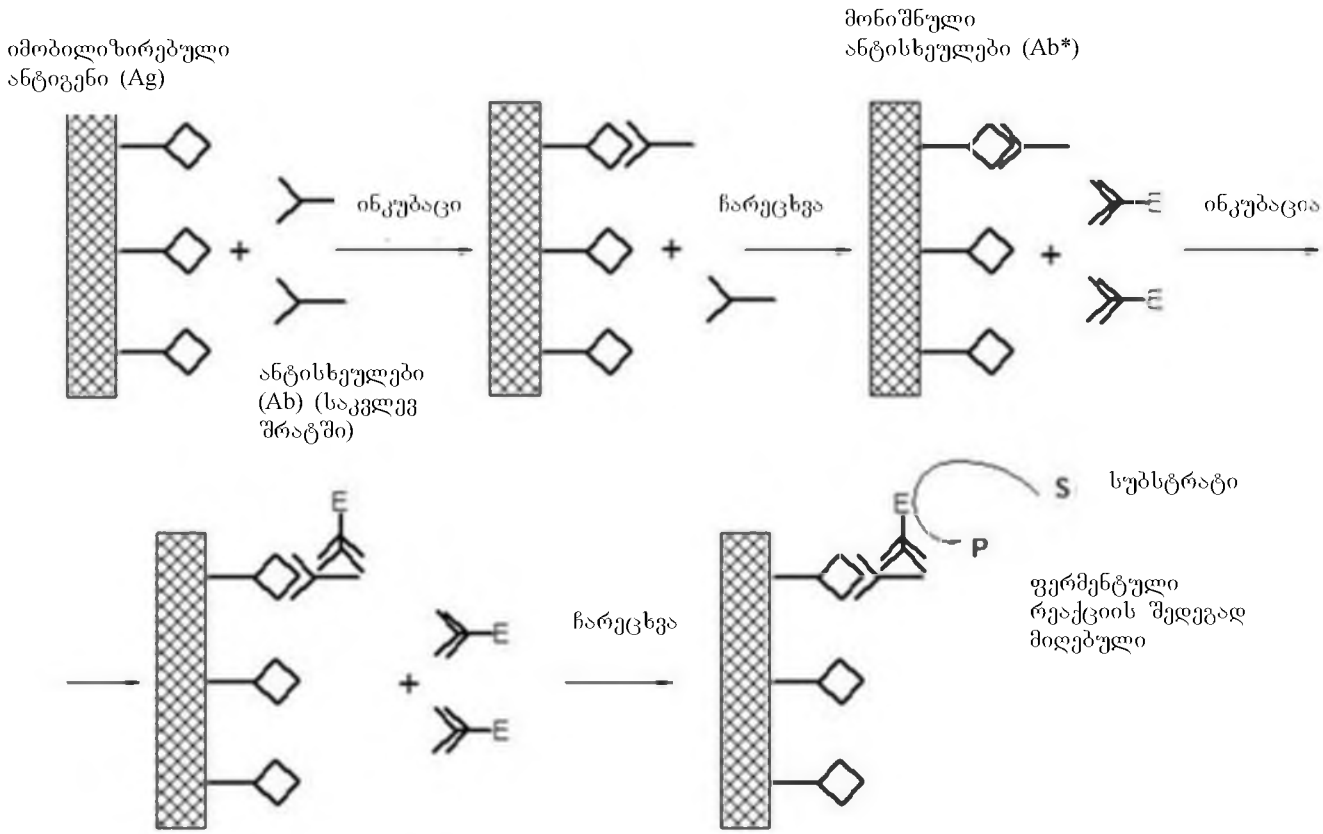
ფერმენტის შესაბამისად, რომელიც იცვლის ფერს ამ კონკრეტული ფერმენტის მეშვეობით და მიმდინარე ფერმენტული რეაქციის ხარჯზე პლანშეტის ჩაღრმავებაში უფერო ხსნარი იფერება (იხ. ნახ. 22.2).

შეფერვის ინტენსივობა პირდაპირპროპორციულია ფერმენტით მონიშნული ანტისხეულების და შესაბამისად საკვლევი ანტიგენის რაოდენობის. აღნიშნულიდან გამომდინარე მათი რადეონობითი შემეცველობის შეფასების მიზნით განისაზღვრება ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივე შესაბამის ტალღის სიგრძეზე. ამ მიზნით იყენებენ სპეციალურად მიკროპლანშეტებისთვის ადაპტირებულ სპექტროფოტომეტრებს, ე.წ. "რიდერებს". მიღებული ოპტიკური სიმკვრივის მნიშვნელობის შედარება კი ხდება სტანდარტული ხსნარების ოპტიკური სიმკვრივის მიხედვით აგებულ შესაბამის საკალიბრო გრაფიკთან.



ნახ. 22.2. ჰეტეროგენული იმუნოფერმენტული ანალიზის "სენდვიჩ" მეთოდი

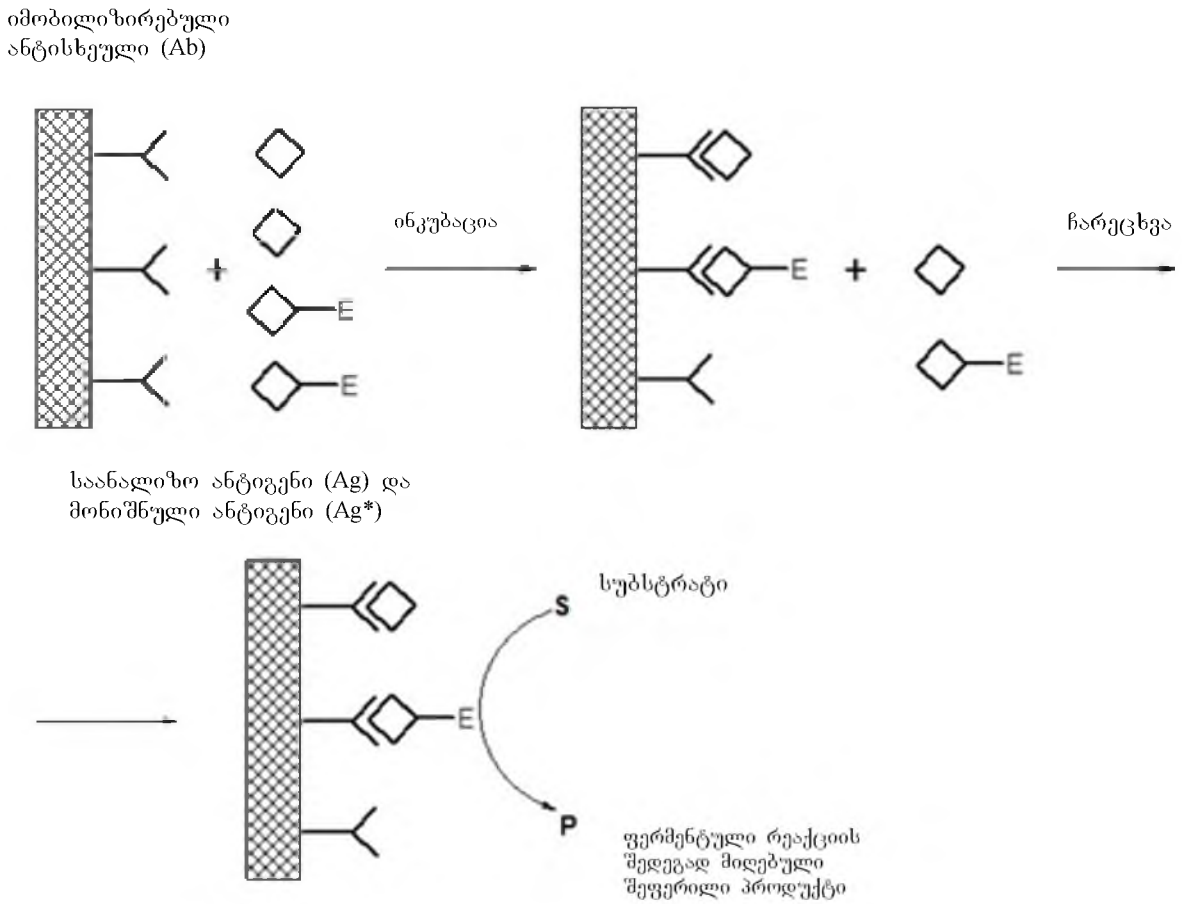
არაკონკურენტული ჰეტეროგენული იმუნოფერმენტული ანალიზის დროს, ანტისხეულის განსაზღვრის მეთოდი "სენდვიჩ" მეთოდის ანალოგიურია. თუმცა ამ დროს მყარ ფაზაზე იმობილიზირებულია ანტიგენი (*Ag*).



ნახ. 22.3. ჰეტეროგენული არაკონკურენტული იმუნოფერმენტული ანალიზი

აგრეთვე ჰეტეროგენული იმუნოფერმენტული ანალიზი განიხილავს ანტიგენის კონკურენტული მეთოდით განსაზღვრას, მარკირებული ანტიგენის და პლანშეტზე იმობილიზირებული ანტისხეულის გამოყენებით.

პლანშეტზე იმობილიზირებულ ანტისხეულებს (*Ab*) ემატება ხსნარი, რომელიც შეიცავს საანალიზო ანტიგენს (*Ag*) და ანტიგენ-ფერმენტის კონიუგატის (*Ag**) ცნობილ კონცენტრაციას. ინკუბაციის შემდეგ მყარ მატარებელს ჩარეცხავენ და მოაცილებენ შეუკავშირებელ თავისუფალ და ფერმენტთან კონიუგირებულ ანტიგენებს და მყარ მატარებელზე საზღვრავენ ფერმენტულ აქტივობას, რაც უკუპროპორციულია საანალიზო ანტიგენის.



ნახ. 22.4. ჰეტეროგენული კონკურენტული იმუნოფერმენტული ანალიზი

ჰეტეროგენულ მეთოდში ნიშნულის სახით, ყველაზე ხშირად გამოიყენება შემდეგი ფერმენტები: პეროქსიდაზა, β-გალაქტოზიდაზა, ალკოლინ-ფოსფატაზა, უფრო იშვიათად-აცეტილქოლინესთერაზა, გლუკოამილაზა და გლუკოზოოქსიდაზა.

ჰომოგენური იმუნოფერმენტული ანალიზი უფრო ექსპრესულია - ანალიზის ჩასატარებლად, შედეგების დამუშავების ჩათვლით, საკმარისია 1-დან 30 წთ-მდე; აღმოსაჩენი მინიმუმი 10^{-4} - დან 10^{-6} გ≠მლ-მდეა. ჰომოგენური იმუნოფერმენტული ანალიზი გამოიყენება სინჯების დიდი რაოდენობის სკრინინგის დროს ნარკოტიკული საშუალებების გამოყენების ფაქტის წინასწარი დადგენისათვის. ჰომოგენური ანალიზის ნაკლია საკმაოდ მაღალი ფონი.

ჰეტეროგენული მეთოდები ხასიათდებიან მაღალი მგრძნობელობით (10^{-6}–10^{-8} გ/მლ), მაგრამ ანალიზის ჩატარებისათვის საჭიროებენ უფრო მეტ დროს - 2-დან 4სთ-მდე.

ბიოსითხეებში ნარკოტიკული და სხვა ფსიქოტროპული საშუალებების რაოდენობრივი განსაზღვრის იმუნობიოლოგიურ მეთოდებს შორის ყველაზე უფრო მგრძნობიარე და მოხერხებული მეთოდია პოლარიზაციული იმუნოფლუორესცენ-ტური ანალიზი (პფია).

პფია - ჰომოგენური იმუნოანალიზის კონკურენტული მეთოდია. ტრანსფერო-ფლუორესცეინით დანიშნული „ანტისხეული-ანტიგენის“ კომპლექსის ფლუორესცენ-ციის პოლარიზაციას ზომავენ პირდაპირ ხსნარში, ნიშნულის განსაკუთრებული თვისებების გამოყენებით. გამოსხივებული ფლუორესცენტული სინათლის პოლა-რიზაციის ცვლილებების ხარისხი დამოკიდებულია ტრასერის ანტისხეულთან შეკავშირების ხარისხზე. ფლუორესცენციის პოლარიზაციას ზომავენ დეტექციის სპეციალური ოპტიკური სისტემის დახმარებით.

პფია-ს გააჩნია გარკვეული უპირატესობა იფას-თან შედარებით: მაღალი მგრძნობელობა (200 ნგ/მლ), ნიშნულის სტაბილურობა, ნაკლები დამოკიდებულება ტემპერატურაზე და არის **pH**-ზე, რომლითაც ხასიათდება ფერმენტ-სუბსტრატული დამოკიდებულება, ასევე ანალიზის ჩატარების სისწრაფე და სიმარტივე.

ამერიკულმა ფირმა „ებბოტმა“ შექმნა აეტომატიზირებული სისტემა* სამკურნალო და ნარკოტიკული საშუალებების მონიტორინგისათვის.

რუსეთის ფედერაციის ბიოლოგიური ხელსაწყომშენებლობის სამეცნიერო კელეეითი ინსტიტუტი ამზადებს პოლარიზაციულ ფლუორესცენტურ ანალიზატორებს АФП-2, რომელიც საშუალებას იძლეა აღნიშნული მეთოდი გამოეიყენოთ ნარკოტიკული და ფსიქოტროპული საშუალებების ანალიზში.

მაღალი სპეციფიკურობის, ანალიზის სიზუსტის შეთავსება, ექსპრესიულო-ბასთან და ჩატარების სიმარტივესთან საშუალებას იძლევა იმუნოანალიზის მეთო-დი გამოვიყენოთ ინდიკატორული ზოლების დახმარებით, რომლებიც ექსპრეს-დიაგნოსტიკის ჩატარების საშუალებას იძლევიან არალაბორატორიულ („საველე“) პირობებში. მეთოდს საფუძვლად უდევს დეტექტირების სისტემა „ფერმენტული არხების“ პრინციპით. მისი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ფერმენტებს, რომლებიც ახდენენ ქრომოგენული სუბსტრატის შეფერილ ნაერთში გადასვლის რეაქციის კატალიზირებას, ათავსებენ შეზღუდული დიფუზიის განსაკუთრებულ მიკრო-გარემოში. მაგალითად, თუ მოვახდენთ მათ იმობილიზებას მყარ მატარებელზე,

მაშინ ბმული რეაქციების კატალიზის სიჩქარე უფრო მაღალი იქნება ფერმენტების მყარი ნაწილაკების ზედაპირზე არსებობისას, ვიდრე ფერმენტების ცალ-ცალკე მოქმედებისას.

მეთოდი იყენებს ორ ფერმენტს - გლუკოოზოქსიდაზას და პეროქსიდაზას. ანტისხეულსა და გლუკოზოოქსიდაზას კოვალენტურად აკავშირებენ ინდიკატორის ზოლის ზედაპირთან – ქრომატოგრაფიული ქაღალდის ცელულოზით, მეორე ფერმენტს – პეროქსიდაზას – იყენებენ განსასაზღვრავ ნივთიერებასთან კონიუგატის მისაღებად.

ინდიკატორული ქაღალდის ზოლის (ნაჭრის) საკვლევ სინჯში (შარდი, ნერწყვი და სხვა) ჩაშვებისას მიმდინარეობს იმუნური კომპლექსების წარმოქმნა ქრომატოგრაფიულ ქაღალდზე იმობილიზირებულ ანტისხეულსა და საანალიზო ნიმუშში არსებულ თავისუფალ ნარკოტიკს შორის მისი კონცენტრაციის პროპორციულად. შემდეგ ინდიკატორული ქაღალდის ზოლს (ნაჭერს) ათავსებენ ხსნარში, რომელიც შეიცავს: ა) კონიუგატს (განსასაზღვრავი ნარკოტიკი - პეროქსიდაზა) ბ) გლუკოზას და გ) ქრომოგენულ სუბსტრატს (მაგ. ქლორნაფტოლს).

ინკუბაციისას კონიუგატი უკავშირდება ანტისხეულების ვაკანტურ აქტიურ ცენტრებს. ამასთან, გლუკოზის ურთიერთქმედებისას იმობილიზირებულ გლუკოზოოქსიდაზასთან მიმდინარეობს წყალბადის ზეჟანგის თანმიმდევრობითი გენერაცია, რომელიც შემდგომში ჟანგავს ქრომოგენულ სუბსტრატს უხსნადი შეფერილი პროდუქტის წარმოქმნით.

საკვლევ ნიმუშში ანტიგენის (განსასაზღვრავი ნივთიერების) კონცენტრაცია ზოლზე წარმოქმნილი შეფერვის ინტენსიობის უკუპროპორციულია. აღწერილი <u>იმუნოქრომატოგრაფიული მეთოდი</u> პრინციპულად ახალ მეთოდს წარმოადგენს და გამოირჩევა იმით, რომ ნივთიერებების კონცენტრაცია განისაზღვრება კონიუგატის ფერმენტული აქტიურობით კი არა, არამედ მისი ქრომატოგრაფიული ძვრადობით.

შესრულების სიმარტივისა და სტანდარტიზაციის შესაძლებლობის გამო იმუნოქრომატოგრაფიულ მეთოდს დიდი პერსპექტივა აქვს. იგი შეიძლება გამოყენებული იქნას პოლიციის განყოფილებებში, სპეცმიღებებში, საპატრულო ავტომანქანებში და ა.შ.

<u>1.3. ცრუდადებითი და ცრუუარყოფითი შედეგები იმუნოფერმენტულ ანალიზში</u>

იმის გამო, რომ ფერმენტები - ბიოქიმიური რეაქციების ცილოვანი კატალიზატორები – არასტაბილურნი არიან, ფერმენტული აქტივობის გაზომვისას საჭიროა უსაფრთხოების ზომების მიღება:

1. სარექციო არეში არ უნდა მოხვდეს ცილების ინჰიბიტორი ქიმიური ნაერთები. მძიმე მეტალთა მრავალი მარილები მაგ. ვერცხლისწყლის შემცველი კონსერვანტები წარმოადგენენ ფერმენტების ინჰიბიტორებს; ანტიკოაგულანტები, ედტა, სამკურნალო საშუალებების ზოგიერთი მეტაბოლიტები ასევე ამცირებენ ფერმენტების აქტივობას.

2. უნდა ვერიდოთ მოსალოდნელ დაბინძურებას: ა) მოკროორგანიზმებით, ბ) სისხლის ელემენტებით (სისხლის უჯრედები ხშირად შეიცავენ ფერმენტს ლაქტატ-დეჰიდროგენაზას უფრო მაღალი კონცენტრაციით ვიდრე პლაზმა), გ) კომპონენტებით, რომლებსაც შეუძლიათ ხელი შეუშალონ ანალიზს, მაგალითად, ადენოზინი ხელს უშლის კრეატინკინაზას განსაზღვრას.

3. ცენტრიფუგირების დრო უნდა იყოს რაც შეიძლება მცირე, თვითგაცხელების შედეგად დენატურაციის თავიდან ასაცილებლად.

4. აუცილებელია ვერიდოთ ზედაპირულ დენატურაციას, რადგან ცილების ხსნარებს ახასიათებთ დენატურაციისადმი ტენდეცია, რასაც მივყავართ მათი მესამადი სტრუქტურის დაკარგვასთან, განსაკუთრებით ხსნარების განზავებისას.

5. საანალიზო ბიონიმუშები უნდა შევინახოთ მაცივარში და არა საყინულეში.

6. რეაქციის სპეციფიკურობა შეიძლება დაქვეითდეს რევმატოიდული ფაქტორის არსებობისას, რომელიც იძლევა დადებით რეაქციას სასურველი ანტისხეულების არ არსებობისას.

7. ანალიზისათვის გამოყენებულმა ბიოლოგიურმა სითხეებმა შეიძლება გავლენა მოახდინონ ფერმენტ-ნიშნულის აქტივობაზე მარილოვანი შემადგენლობის ხარჯზე, რომლებიც ცვლიან საანალიზო სინჯის **pH**-ის მნიშვნელობას და იონურ ძალას.

8. ანალიზის შედეგზე შეიძლება გავლენა იქონიოს ენდოგენური ფერმენტის მინარევმა ან მეტაბოლიტების მარილოვანმა ფორმებმა, რომლებიც იმუნოლოგიურ რეაქციებში კონკურენციის უნარს კარგავენ ბიოსითხეებში ცილებთან შეკავშირების ხარჯზე.

ცრუდადებითი შედეგების შესამცირებლად იმუნოფერმენტულ ანალიზს იყენებენ შესაბამის ქრომატოგრაფიულ დამადასტურებელ მეთოდებთან ერთად კომბინაციაში.

1.4. ნარკოტიკული და სსვა ფსიქოტროპული საშუალებების იმუნოფერმენტული ანალიზის შესაძლებლობები და შეზღუდვები

ამფეტამინის წარმოებულები - იმუნოფერმენტული ანალიზი საშუალებას იძლევა ამფეტამინი და მეტამფეტამინი შარდში განვსაზღვროთ 1 მკგ/მლ მგრძნობელობით.

ამფეტამინისათვის ეს მეთოდი ნაკლებ მგრძნობიარეა, ვიდრე რIA, რომელიც საშუალებას იძლევა იგი შარდში განვსაზღვროთ 0.25-0.5 მკგ კონცენტრაციის დიაპაზონში, თუმცა რIA არ შეიძლება გამოყენებული იქნას მეტამფეტამინის განსაზღვრისათვის, როცა მისი რაოდენობა 22 მკგ/მლ-ზე ნაკლებია.

ისევე, როგორც სხვა იმუნოქიმიური მეთოდების გამოყენებისას, აქაც მნიშვნელოვანია იმის დადგენა, რომ იძლევა თუ არა განსასაზღვრავი ნივთიერება სხვა სამკურნალო ნივთიერებებთან ჯვარედინ რეაქციებს, რომელიც ხასიათდება ფარდობითი რეაქტიულობის მნიშვნელობით.

ფარდობითი რეაქტიულობა წარმოადგენს მოცემული ნაერთის განსაზღვრის მგრძნობელობის ფარდობას სხვა ნივთიერებების განსაზღვრის მგრძნობელობასთან იგივე პირობებში (რეაგენტების ერთი და იგივე ნაკრების, ერთი ტიპის ანტისხეულების, კონიუგატების და ა.შ. გამოყენებისას). ცხრილში 22.2. მოცემულია ფარდობითი რეაქტიულობის მნიშვნელობა **d**-ამფეტამინისათვის.

როგორც ცხრილიდან ჩანს ამფეტამინის განსაზღვრის დროს სხვა სამკურნალო საშუალებებთან ჯვარედინი რეაქციის არსებობა შეიძლება იყოს ცრუდადებითი შედეგის მიზეზი.

ცხრილი 22.2. **d**-ამფეტამინის ფარდობითი რეაქტიულობა

სამკურნალო ნივთიერება	**კონცენტრაცია შარდში, მკლ/მლ**	**ფარდობითი ჯვარედინი რეაქტიულობა**
d-ამფეტამინი	1.0	1.0
მეტამფეტამინი	0.9	1.08
ეფედრინი	4.5	0.22
ფსევდოეფედრინი	4.5	0.22
ფენმეტრაზინი	0.95	1.05
მეთილფენიდატი	50.0	0.02
მეფენტერმინი	1.6	0.62
ფენლპროპანოლამინი	5.0	0.2
ბენზფენტამინი	24.0	0.04
ინდომეტაცინი	1.2	0.83

ტრენილციპრამინი	14.0	0.07
ტრიამინოფეტამინი	20.0	0.05
თირამინი	3.2	0.32

<u>ბარბიტურის მჟავას წარმოებულები</u>: იმუნოფერმენტული ანალიზი საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ მოქმედების სამი ტიპის თავისუფალი ბარბიტურატის დეტექტირება: 1. ხანმოკლე (ჰექსანალი), 2. საშუალო (ბარბამილი), ხანგრძლივი (ფენობარბიტალი). სხვა ბარბიტურატები შეიძლება განისაზღვრონ მაღალი კონცენტრაციების დროს.

შარდში ბარბიტურატების განსაზღვრის დონის და მათი ფარდობითი რეაქტიულობის მონაცემები მოყვანილია ცხრილში 22.3.

მეთოდი არ არის სპეციფიკური ცალკეული ბარბიტურატისათვის, მაგრამ დადებით რეაქციას ადგილი ექნება ყოველთვის თუ არსებობს ცხრილი 22.3.-ში მითითებული ერთ-ერთი სამკურნალო საშუალება მაინც.

ბარბიტურატების აღმოსაჩენად გამოყენებული სხვადასხვა მეთოდების (თფქ, გსქ, უი სპექტროფოტომეტრია, რია, იფა) შედარებამ აჩვენა, რომ ყველაზე მცირე პროცენტი ცრუდადებითი შედეგებისა მიახლოებით 2% მიიღება იმუნოფერმენტული ანალიზის გამოყენებისას, როცა სხვა მეთოდებისთვის დამახასიათებელია 3-4%. იმუნოფერმენტულ ანალიზში ბარბიტურატების ჯვარედინი რეაქტიულობა მნიშვნელოვნად მცირეა, ამფეტამინებთან შედარებით.

რამდენადაც შარდში და შრატში ბარბიტურატების კონცენტრაცია მერყეობს კონცენტრაციის ერთ დიაპაზონში (შარდში 1-დან 5 მკგ შემცველობისას კონცენტრაცია შრატში შეადგენს 3 მკგ), მეთოდი შეიძლება გამოყენებული იქნას ბარბიტურატების განსაზღვრისათვის შარდში და შრატში. ამრიგად, თუკი შარდში ბარბიტურატები არ აღმოჩნდა, მაშინ შრატის ბარბიტურატებზე გამოკვლევის დროსაც უარყოფითი შედეგი უნდა მივიღოთ; შეუსაბამობა შეიძლება აღინიშნებოდეს მხოლოდ ხანმოკლე მოქმედების ბარბიტურატების ანალიზის დროს.

ცხრილი. 22.3. ბარბიტურატების და სხვა სამკურნალო საშუალეების ფარდობითი რეაქტიულობა

სამკურნალო საშუალება	**მგრძნობელობა**	**ფარდობითი ჯვარედინი რეაქტიულობა**
ჰექსანალი	1.0	1.0
ფენობარბიტალი	2.0	0.5
ეტამინალ ნატრიუმი	1.1	0.9
ბარბამილი	1.8	0.55
თიოპენტალი	0.7	1.42

ბუტაბარბამილი	1.5	0.66
ნოქსირონი	50.0	0.02
მეფობარბიტალი	0.65	1.53
ტალბუტალი	4.2	0.24
აპრობარბიტალი	15.0	0.02
მეტაბარბიტალი	50.0	0.02
ბარბიტალი	50.0	0.02
პრობარბიტალი	50.0	0.02
დილანტინი	50.0	0.02

<u>1,4-ბენზოდიაზეპინის წარმოებულები.</u> 1,4 -ბენზოდიაზეპინების იმუნოფერმენტულ ანალიზში იყენებენ ფერმენტ-ოქსაზეპამის კონიუგატებს. ოქსაზეპამი ყველა ბენზოდიაზეპინის საერთო მეტაბოლიტი, ჩნდება იმ პაციენტების შარდში, რომლებიც მკურნალობენ ბენზოდიაზეპინებით. სხვა სამკურნალო საშუალებებთან ჯვარედინი რეაქტიულობა ლიტერატურაში არ არის აღწერილი. ანალიზი მაღალსპეციფიკურია, მეთოდის მგრძნობელობაა 0.5 მკგ/მლ-ში. ამ მეტაბოლიტის ნახევარგამოყოფის საკმაოდ მაღალი დრო და მგრძნობელობა საშუალებას იძლევა მოვახდინოთ ორგანიზმში შეყვანილი დაახლოებით 10მგ-დიაზეპამის დეტექტირება 48 სთ-ის შემდეგ.

<u>კოკაინის მეტაბოლიტები</u> - კოკაინის ძირითად მეტაბოლიტებს, რომლებიც ისაზღვრებიან შარდში, წარმოადგენენ ბენზოილეკგოგენინი და ეკგონინი. ორგანულ გამხსნელებში მათი ცუდი ხსნადობის გამო, აღმოსაჩენად (დეტექტირებისათვის) ქრომატოგრაფიული მეთოდების (თფქ, გსქ) გამოყენებისას, რიგ სინჯებში ვერ ხერხდება კოკაინის მეტაბოლიტების აღმოჩენა, ამ ნივთიერებების ორგანიზმში შეყვანილი მაღალი დოზების მიუხედავად. იმუნოფერმენტული ანალიზის ჩატარების პროცედურა ძალიან მარტივია, მგრძნობელობა დაახლოებით 1 მკგ/მლ, ანალიზი მაღალსპეციფიკურია. რიპ-ს მგრძნობელობა უფრო მაღალია ≈0.1 მკგ/მლ. სიმარტივე და ხელმისაწვდომობა იმუნოფერმენტულ ანალიზს შეუცვლელს ხდის ამ კლასის ნაერთების განსაზღვრის დროს.

<u>მეტადონი</u> - მეტადონის აღმოჩენის მეთოდი დამყარებულია თავისუფალი მეტადონის განსაზღვრაზე და არ წარმოადგენს სპეციფიკურს ამ ნაერთის მეტაბოლიტების მიმართ. იმუნოფერმენტული ანალიზი საშუალებას იძლევა აღმოვაჩინოთ შარდში 0.5 მკგ/მლ თავისუფალი მეტადონი. რიპ-ს მგრძნობელობა დაახლოებით 5-ჯერ მაღალია, ხოლო თხელფენოვანი ქრომატოგრაფიისა 4-ჯერ ნაკლები ვიდრე იმუნოფერმენტული ანალიზისა. ეფპ-ს გამოყენების უპირატესობა მდგომარეობს სისწრაფესა და სიმარტივეში.

ოპიატები - ოპიატების განსაზღვრისათვის იმუნოფერმენტული ანალიზის გამოყენება არ საჭიროებს ჰიდროლიზს, რომელიც აუცილებელია თფქ ან გსქ გამოყენებისას. მეთოდი შემუშავებულია თავისუფალი მორფინის და მორფინის გლუკურონის მჟავასთან კონიუგატების დეტექტირებისათვის, რომელთაც ახასიათებთ ჯვარედინი რეაქცია კოდეინთან. მეთოდის მგრძნობელობა კოდეინის მიმართ უფრო მაღალია, ვიდრე მორფინის მიმართ. უნდა აღინიშნოს, რომ ნებისმიერი იმუნოქიმიური მეთოდი არ იძლევა ოპიატების ინდივიდუალური განსხვავების საშუალებას. მათი იდენტიფიკაციისათვის, როგორც წესი იყენებენ გაზურ და თხელფენოვან ქრომატოგრაფიულ მეთოდებს, ფლუორომეტრიას. ოპიატების განსაზღვრის მგრძნობელობა და ფარდობითი რეაქტიულობა მოცემულია ცხრილში 22.4.

ცხრილი 22.4. ოპიატების ფარდობითი რეაქტიულობა

სამკურნალო საშუალება	**მგრძნობელობა, მკგ/მლ**	**ფარდობითი რეაქტიულობა**
მორფინი	0.5	1.0
კოდეინი	0.78	1.28
მორფინგლუკურონიდი	2.6	0.38
დიაცეტილ-მორფინი	2.4	0.42
ნალორფინი	15.8	0.06
მეპერედინი		**
ქლორპრომაზინი		0.001
დიფენოლკსილატი		0.001
კოკაინი		0.001
მეტადონი		0.001
ამფეტამინი		0.001
სეკობარბიტალი		0.001
ფენობარბიტალი		0.001
დიჰიდრომორფინონი	2.6	0.38
დიჰიდრომორფინი	1.8	0.56

შარდის ჰომოგენური იმუნოანალიზი

შარდის იმუნოფერმენტული ანალიზის ჩატარება ფირმა „სივა“-ს დიაგნოსტიკუმებისა და ხელსაწყოების გამოყენებით. ყოველ ნივთიერებაზე დიაგნოსტიკუმის ნაკრებში შედის:

რ ე ა გ ე ნ ტ ე ბ ი:

1. სარექციო სინჯარა, რომელიც შეიცავს:

ა) ანტისხეულს განსაზღვრულ ნივთიერებაზე

ბ) კოფერმენტ ნად-ს (ნიკოტინამიდ-დინუკლეოტიდს)

გ) კონიუგატს (განსასაზღვრავი ნივთიერება, დანიშნული გლუკოზო-6-ფოსფატ-დეჰიდროგენაზით)

დ) ქრომოგენულ ნივთიერებას

ე) ბუფერს

ვ) კონსერვანტს

<u>2. ნეგატიური კონტროლი</u> (ფუჭი ნიმუში - ადამიანის შარდი, რომელშიც არ არის განსასაზღვრავი ნივთიერება, კონსერვანტით ნატრიუმის აზიდით).

<u>3. პოზიტიური კონტროლი</u> – საკონტროლო ნიმუში, რომელიც შეიცავს განსასაზღვრავი ნივთიერების ცნობილ რაოდენობას, ადამიანის ლიოფილიზირებულ შარდს და კონსერვანტს - ნატრიუმის აზიდს (0.05%-იანი ხსნარი):

განსასაზღვრავი ნივთიერებების კონცენტრაცია (მკგ/მლ)

11-ნორ-Δ^9-ტჰკ-მჟავა	0.45
ოპიატები	1.0
ბარბიტურატები	1.0
1,4 -ბენზოდიაზეპინები	1.0
კოკაინი (ბენზოილეკგონინი)	3.0
ამფეტამინი	2.0

<u>4. დამკალიბრებელი</u>: საკონტროლო ნიმუში, რომელიც შეიცავს განსასაზღვრავ ნივთიერებას იმ კონცენტრაციით, რომელიც წარმოადგენს ზღვრულს **(cut off)** მოცემული ნივთიერებისათვის, გამოიყენება ხელსაწყოს დასაკალიბრებლად დამკალიბრებელის კონცენტრაცია (მკგ/მლ)

11-ნორ-Δ^9-ტჰკ-მჟავა	0.1
ოპიატები	0.5
ბარბიტურატები	0.5
1,4 -ბენზოდიაზეპინები	0.3
კოკაინი (ბენზოილეკგონინი)	0.3
ამფეტამინები	1.0

არ შეიძლება დამკალიბრებელის და საკონტროლო ხსნარების გაყინვა და შენახვა 32°C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე.

<u>A. ანალიზის ჩატარება</u>

1. **<u>ბიოსინჯების შერჩევა და შენასვა</u>**

შარდის სინჯებს (არანაკლებ 50 მკლ) ათავსებენ პლასტმასის ან მინის კონტეინერებში. არ შეიძლება რეზინის საცობების გამოყენება. თუ აღებულ ნიმუშს ანალიზს უკეთებენ ერთი დღის განმავლობაში, მას ინახავენ მაცივარში არა უმეტეს 3 დღისა (კანაბინოიდებისათვის - 24 სთ). უფრო ხანგრძლივად შარდის შენახვისათვის შარდი უნდა გაიყინოს. ანალიზის წინ სინჯს გაალღობენ და მიჰყავთ ოთახის ტემპერატურამდე. შარდის შესანახად კონსერვანტების გამოყენება არ არის რეკომენდებული.

2. <u>ანალიზის ჩატარების მეთოდი</u>

<u>2.1. ანალიზისათვის მომზადება</u>

<u>დასაკალიბრებელი და საკონტროლო ხსნარების მომზადება</u>:

– დასაკალიბრებელის პოზიტიური და ნეგატიური კონტროლის ფლაკონების ეტიკეტებზე აწერენ მომზადების თარიღს;

– ხსნიან მეტალურ ჩაჩს და რეზინის საცობს;

– 50 მკლ მოცულობის დოზატორიან რეზერვუარში ასხამენ გამოხდილ წყალს (კანაბინოიდების ანალიზის დროს იყენებან 100 მკლ-იან დოზატორს), დგამენ რამდენიმე წუთი, რათა მისგან გამოვიდეს ჰაერის ბუშტუკები;

– დოზატორს რეცხავენ, ამისათვის იჭერენ რა დოზატორის მილის ბოლოს ჩასახმელი მოცულობის თავზე, პლუნჟერს ასწევენ და დასწევენ მანამ, სანამ მილგაყვანილობაში არ მოცილდება ჰაერის ბუშტუკები. გარეცხვის შემდეგ პლუნჟერს ქვემოთ ჩამოსწევენ;

* 3.0 მლ გამოხდილი წყლის ასაღებად დოზატორის ნაცვლად შეიძლება გამოყენებული იქნას ავტომატური პიპეტი

დოზატორის მილის ბოლოს ათავსებენ სამაგრში ისე, რომ იგი არ ეხებოდეს რომელიმე სითხეს, ასწევენ პლუნჟერს მის ცილინდრზე არსებულ წითელი ისრის ბოლომდე*;

– დოზატორის მილის ბოლო შეაქვთ კალიბრატორის ან კონტროლის ფლაკონში ისე, რომ იგი არ ეხებოდეს ფლაკონის კედლებს ან ფსკერს, დაუშვებენ პლუნ-
ჟერს (მიღებული ხსნარის მოცულობა – 3 მლ). ეს ოპერაცია ტარდება კალიბრატორთან, პოზიტიურ და ნეგატიურ კონტროლებთან;

– ფლაკონს ახურავენ თავის საცობს და შიგთავსს ფრთხილად ანჯღრევენ წრიული მოძრაობით ფხვნილის გახსნამდე.

– კალიბრატორის და კონტროლების მიღებულ ხსნარებს აჩერებენ 20-25°C ტემპერატურაზე გამოყენებამდე არანაკლებ ერთი საათის განმავლობაში.

<u>ტემპერატურის კონტროლი</u>

– ანალიზისათვის ყველა საჭირო კომპონენტს: სარეაქციო სინჯარებს, დამკალიბრებელს, პოზიტიურ და ნეგატიურ კონტროლებს, გამოხდილ წყალს, შარდის საანალიზო სინჯებს უნდა ჰქონდეთ ერთნაირი ტემპერატურა 20-25°C -ის ფარგლებში.

<u>სპექტროფოტომეტრის ჩართვა</u>

– ჩართავენ ხელსაწყოს და უცდიან სანამ მოციმციმე წარწერა „*Test in progress*“ არ შეწყვეტს ციმციმს (≈15 წუთი).

უნდა შევამოწმოთ ხელსაწყოს მუშაობის ხარისხი (იხ. 2.3.)

<u>2.2. შარდის ნიმუშების ანალიზი</u>

ანალიზებს ატარებენ ერთნაირი სიჩქარით, შესვენების გარეშე I-დან IX სტადიამდე.

დოზატორი უნდა გაირეცხოს ყოველთვის, როდესაც შემაერთებელ მილში გაჩნდება ჰაერის ბუშტუკი.

სინჯარების დამჭერებში (*Vial Holder*) ათავსებენ 2 სარეაქციო სინჯარას. აშორებენ და აგდებენ ხრახნიან ჩაჩებს, ხოლო რეზინის საცობებს ათავსებენ სამუშაო სადგარზე (*Work Station*).

დოზატორის მილის ბოლოს წმენდენ უცხიმო ქსოვილით და უშვებენ კალიბრატორიან ფლაკონში ისე, რომ იგი არ შეეხოს ფლაკონის კედლებს ან ფსკერს. დოზატორის პლუნჟერს ასწევენ ბოლომდე (წითელი ისრის თავამდე). მილის ბოლოს იღებენ კალიბრატორიანი ფლაკონიდან და ათავსებენ საკალიბრო სინჯარის ზემოთ. პლუნჟერს დაუშვებენ, რათა კალიბრატორი და განმაზავებელი შეიტანონ სინჯარაში. შემდეგ დაუყონებლივ გადადიან შემდეგ სტადიაზე.

დოზატორის მილის ბოლოს წმენდენ და უშვებენ შარდის სინჯში. დოზატორის პლუნჟერს ასწევენ ბოლომდე. დოზატორის მილის ბოლოს იღებენ სინჯიდან, ხელახლა ამშრალებენ და ათავსებენ სინჯის შემცველი სინჯარის ზემოთ. დაუშვებენ პლუნჟერს, რათა შარდის სინჯი და განმაზავებელი შეიტანონ სინჯარაში.

სინჯარებს ახურავენ რეზინის საცობს.

სინჯარების დამჭერებს აბრუნებენ წრიული მოძრაობით ფხვნილის გახსნამდე (10-15 წამი). ეს დრო უნდა იყოს მუდმივი ნიმუშიდან ნიმუშამდე.

სინჯარების დამჭერებს ათავსებენ ფოტომეტრში*. საჭიროა დარწმუნება, რომ სინჯარა დამკალიბრებელით იმყოფება მარცხნივ, ხოლო სინჯარა ნიმუშით –

მარჯვნივ. ორივე სინჯარას აჭერენ ქვემოთ, რათა ჩაქრეს მნათი წარწერა "*Insert Vials*").

შედეგების რუკას ფერადი ბლოკით ათავსებენ ზედა მარჯვენა კუთხეში ფოტომეტრის ჭრილში ისე, რომ ჩაქრეს მნათი წარწერა „*Insert card*". რუკას ტოვებენ ამ მდგომარეობაში შედეგების დაბაჭვდამდე (≈ 90 წამი).

შედეგების რუკას და სინჯარებს იღებენ ფოტომეტრიდან მას შემდეგ, როგორც კი ჩაქრება წარწერა „*Test in progress*".

სინჯარების ჩატოვება ფოტომეტრში არ შეიძლება, რათა თავიადან იყოს აცილებული ხელსაწყოს თვითდაკალიბრება. მეორე გაზომვა ხდება 15 წამში.

*სინჯარები გარედან უნდა იყვნენ სუფთა და მშრალი. თუ სითხე შესხმულია სინჯარის კედლებზე, ფოტომეტრი გამორთეთ, გაამშრალეთ, ფოტომეტრს დააცადეთ გაშრობა (თუ წვეთები მოხვდა კიუვეტების განყოფილებაში), შემდეგ ჩაატარეთ საკონტროლო ტესტი, რათა დარწმენდეთ ხელსაწყოს სამუშაო მდგომარეობაში ყოფნაში.

2.3. ხელსაწყოსა და დიაგნოსტიკუმების მუშაობის ხარისხის შემოწმება

ხელსაწყოს მუშაობის ხარისხის შემოწმებას აწარმოებენ ყოველდღე ზემოთ აღწერილი პროცედურის თანახმად. ამ დროს შარდის ნიმუშის ნაცვლად იყენებენ ნეგატიურ და პოზიტიურ კონტროლებს, ე.ი. შარდის ნაცვლად ფოტომეტრში დგავენ ფლაკონებს საკონტროლო ხსნარით. თუ სისტემა ნორმალურად ფუნქციონირებს, პოზიტიური კონტროლი იძლევა დადებით შედეგს, ხოლო ნეგატიური კონტროლი - უარყოფით შედეგს, ამასთან აბსორბციის მიღებული მნიშვნელობები უნდა ეტეოდეს ინტერვალში, რომელიც მითითებულია სარეაქციო სინჯარების ყუთის ეტიკეტზე.

3. შედეგების ინტერპრეტაცია

დიაგნოსტიკუმში გამოყენებული დამკალიბრებლები შეიცავენ გამოსაკვლევი ნივთიერებების მკაცრად განსაზღვრულ რაოდენობას, რაც საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ისინი შესადარი ნივთიერებების სახით.

3.1. დადებითი შედეგი. შარდის სინჯი, რომელშიც აღმოჩნდება ნივთიერება, რომლის აბსორბციის სიდიდე ტოლი ან მეტია დამკალიბრებელზე მიიჩნევა დადებითად („+"). დადებითი შედეგი მიუთითებს საკვლევი და (ან) სტრუქტურით მათთან მსგავსი ნივთიერების არსებობაზე და არა ინტოქსიკაციის ხარისხზე.

3.2. უარყოფითი შედეგი. შარდის სინჯი, რომელიც გვაძლევს ნაკლებ ოპტიკური სიდიდის მნიშვნელობას, ვიდრე დამკალიბრებელი, მიიჩნევა უარყოფითად („–"). ეს მიუთითებს, რომ საანალიზო სინჯში საკვლევი ნივთიერება

საერთოდ არ არის ან არის ისეთი კონცენტრაციით, რომელიც მოცემული მეთოდით არ განისაზღვრება.

4. <u>ანალიზის შესაძლო ცდომილებები</u>

თუ პოზიტიური და ნეგატიური კონტროლების აბსორბციის სიდიდის მნიშვნელობები არ იმყოფებინ სარეაქციო ვიალების ყუთზე მითითებულ საზღვრებში ეს შეიძლება მიზეზი იყოს შემდეგი ფაქტორების:

4.1. რეაგენტები დაიშალა. გადაყარეთ სინჯარები, რომლებიც შეიცავენ გაუფერულებულ რეაგენტებს;

4.2. კონტროლი და დამკალიბრებელი გაფუჭდა არასწორი შენახვის შედეგად;

4.3. კონტროლი და დამკალიბრებელი არასწორადაა მომზადებული;

4.4. კონტროლის (რომლითაც ხდება განზავება) ან დამკალიბრებელის არასწორი დოზირება;

4.5. გამოხდილი წყლის ტემპერატურა არ იყო 22-25°C;

4.6. არ იყო დაცული ანალიზის სტადიების უწყვეტობა;

4.7. გამოყენებული იყო სხვა დოზატორი (100 მლ-იანი დოზატორი გამოიყენება მხოლოდ კანაბინოიდებისათვის;

4.8. ანალიზის ჩატარების დროს გამოყენებული იყო სხვადასხვა პარტიებისაგან ან სხვადასხვა პირობებში შენახული სარეაქციო სინჯარები;

4.9. გამოხდილი წყლის რეზერვუარი შეიცავს ჰაერის ბუშტუკებს.

<u>1.5. ნარკოტიკულ საშუალებებზე შარდის პოლარიზაციული ფლუოროიმუნო ანალიზი</u>

<u>A. ანალიზი „ებოტის„ (აშშ) ფირმის TD_x - ანალიზატორის დახმარებით</u>

გამოკვლევა წარმოებს ცალკეული რეაგენტების ნაკრებების გამოყენებით თითოეული საკვლევი ნივთიერების ან ნივთიერებათა ჯგუფებისათვის: ოპიატების, ბარბიტურატების, ბენზოდიაზეპინების, კანანბინოიდების, ამფეტამინის, მეტამფეტამინის, კოკაინის, მეტადონის, ფენციკლიდინის, ეფედრინის, ფენობარბიტალის, ბარბამილის.

<u>1. სინჯის შერჩევა და ნიმუშის შენახვა</u>

შარდის ნიმუშები უნდა შეგროვდეს 100 მლ-იან ფლაკონში (იმუნოლოგიური ანალიზისათვის - 1 მლ), დაილუქოს და გაფორმდეს თანმხლები საბუთები. შარდის ნიმუშები უნდა ინახებოდეს მაცივარში – 12-18°C-ტემპერატურაზე გაყინული სახით. ანალიზის ჩატარების წინ გამღვალი ნიმუშები კარგად უნდა შევურიოთ.

2. <u>მასალები და აღჭურვილობა:</u>

- ფლუორესცენციის პოლარიზაციის გამზომი ხელსაწყო – **TD$_x$**–ანალიზატორი;
- ნახევრადავტომატური პიპეტი ცვლადი ბოლოებით, რომელიც 200 მკლ-მდე მოცულობის სითხის აღების საშუალებას იძლევა;
- გამზომი კიუვეტები;
- კატრიჯები (პატრონები) ნიმუშებისათვის;
- კარუსელები დაკალიბრების და ანალიზის ჩასატარებლად;
- საანალიზო ნივთიერებების სტანდარტული ხსნარები;
- 0.1 M ფოსფატური ბუფერი ანალიზისათვის, რომელსაც დამატებული აქვს 1 გ/ლ ხარის გამა-გლობულინი და 1 გ/ლ ნატრიუმის აზიდი (NaN_3) (კონსერვანტი) pH=7.4;
- რეაგენტების ნაკრები საანალიზო ნივთიერებების განსაზღვრისათვის, რომელიც შეიცავს ანტიშრატის, ტრასერის და ბუფერის ხსნარებს.

3. <u>ანალიზის ჩატარების მეთოდი</u>

<u>3.1. დაკალიბრება.</u> საკალიბრო კარუსელში ათავსებენ 12 გამზომ კიუვეტს და 12 კატრიჯს. კატრიჯში ავტომატური პიპეტის დახმარებით შეაქვთ არანაკლებ 60 მკლ თითოეული 6 სტანდარტისა (კეთდება დუბლი). კარუსელს და რეაგენტების ნაკრებს (კონკრეტული ნივთიერებების ან ნივთიერებათა ჯგიფის ანალიზისათვის) ათავსებენ ხელსაწყოში **TD$_x$** - ანალიზატორში. აჭერენ კლავიშს "**RUN**". დაკალიბრების შემდეგ ხელსაწყო მზადაა შარდის ნიმუშების ანალიზისათვის. დაკალიბრებას ახდენენ რეაგენტების ახალი ნაკრებისათვის თვეში არანაკლებ ერთხელ.

<u>3.2. შარდის ნიმუშების ანალიზი.</u> საანალიზო კარუსელში ათავსებენ საჭირო რაოდენობა გამზომ კიუვეტებს და კატრიჯებს, რომლებიც შეესაბამებიან ნიმუშების რაოდენობას (მაქსიმალური რაოდენობა - 20 ცალი). კატრიჯებში შეაქვთ არანაკლებ 60 მკლ შარდის თითოეული ნიმუშიდან. კარუსელს და რეაგენტების ნაკრებს კონკრეტული თვისებების ან ნივთიერებათა ჯგუფის ანალიზისათვის ათავსებენ **TD$_x$** ანალიზატორში და აჭერენ კლავიშს „**RUN**". ხელსაწყო ავტომატურად ატარებს ანალიზს 15-20 წუთის განმავლობაში და იძლევა ამონაბეჭდს შარდის ნიმუშებში აღმოჩენილი საანალიზო ნივთიერების კონცენტრაციის ჩვენებით.

დადებითი შედეგის მიღებისას ე.ი. როცა საანალიზო ნივთიერების კონცენტრაცია აღემატება ზღვრულ კონცენტრაციას, უნდა ჩავატაროთ ნიმუშის შემდგომი

გამოკვლევა სხვა დამადასტურებელი - ალტერნატიული მეთოდებით: ქრომატო – მას-სპექტრომეტრიით, გსქ, მესქ.

უარყოფითი პასუხის მიღების შემთხვევაში შემდგომი გამოკვლევა აღნიშ-ნულ ნივთიერებაზე ან ნივთიერებათა ჯგუფზე აღარ არის საჭირო.

<u>3.3. ხარისხის კონტროლი</u> წარმოებს ყოველდღიურად ანალიზის ჩატარების წინ, ანალიზის ჩვეულებრივი პროცედურის თანახმად (იხ. 3.2.), მაგრამ შარდის ნიმუშის ნაცვლად იყენებენ ნივთიერების გარკვეული კონცენტრაციის შემცველ სტანდარტულ ხსნარებს.

თუ სისტემა ნორმალურად ფუნქციონირებს, მაშინ სტანდარტების კონცენტ-რაციებში გადახრა არ უნდა აღემატებოდეს რეაგენტების ნაკრების ყუთზე მინიშნებულ დიაპაზონს.

4. <u>რეაგენტების ნაკრებების ანალიზური დახასიათება</u>

<u>4.1. აღმოსაჩენი ზღვრები (ნგ/მლ)</u>

რეაგენტების ნაკრებები:	ოპიატებზე -	25
	ბარბიტურატებზე -	60
	კანაბინოიდებზე -	10
	ბენზოდიაზეპინებზე -	40
	ამფეტამინ-მეტამფეტამინი -	10
	ამფეტამინი -	30
	მეტამფეტამინი -	25
	ეფედრინი -	30
	მეტადონი -	10
	ფენციკლიდინი -	5
	კოკაინი -	30
	ფენობარბიტალი -	90
	ბარბამილი -	50

<u>4.2. ზღვრული კონცენტრაცია</u> ნივთიერების ის დადებითი კონცენტრაციაა (ნგ/მლ), რომლის დადგენა სარწმუნოდაა შესაძლებელი.

რეაგენტების ნაკრებები:	ოპიატებზე -	200
	ბარბიტურატებზე -	500
	კანაბინოიდებზე -	25
	ბენზოდიაზეპინებზე -	200
	ამფეტამინ-მეტამფეტამინზე -	300
	ამფეტამინზე -	500

მეტამფეტამინზე -	300
ეფედრინზე -	500
მეტადონზე -	250
ფენციკლიდინზე -	75
კოკაინზე -	300
ფენობარბიტალზე -	500
ბარბამილზე -	300

4.3. სპეციფიკურობა - ანტისხეულების სპეციფიკურობა განაპირობებს ანალიზის ჩატარებას ნივთიერებათა ჯგუფზე ან კონკრეტულ საკვლევ ნივთიერებაზე ფარმაკოლოგიურად აქტიური სხვა ჯგუფის ნივთიერების და მათი მეტაბოლიტების თანაარსებობის დროს.

5. რეაგენტთა ნაკრებების გამოყენების და შენახვის პირობები

რეაგენტების ნაკრები გათვალისწინებულია 100 ანალიზზე, დაკალიბრებაზე და ხარისხის კონტროლზე რეაგენტების ხარჯვის გაუთვალისწინებლად. ნაკრები ინახება 1 წელი +2-4°C ტემპერატურაზე.

B. ანალიზი ფლუორესცენტული პოლარიზაციული АФП-2-ით

1. ანალიზი კომბინირებული რეაგენტების გამოყენებით

კომბინირებული რეაგენტი კონკრეტული ნივთიერების (ან ნივთიერებათა ჯგუფის) ანალიზისათვის წარმოადგენს ანტისხეულის ანტიგენთან წინასწარ მიღებულ იმუნურ კომპლექსს, რომელიც ნიშანდებულია ფლუორესცეინით (ტრასერით). რეაგენტი მოდის მზა სახით, საჭირო შემთხვევაში მისი მომზადება შეიძლება შემდეგნაირად: ტრასერის ხსნარს მოცემულ ნივთიერებაზე კონცენტრაციით 10 ნმოლი/ლ ფოსფატურ ბუფერზე ანალიზისათვის თანაბარი მოცულობით (1:1) ურევენ შესაბამისი ანტიშრატის ხსნარს იმავე ბუფერზე იმ განზავებით, რომელიც შეესაბამება 70%-იან ტიტრს (საჭიროების შემთხვევაში ტიტრს საზღვრავენ გატიტვრის საშუალებით).

1.1. სინჯის შერჩევა და შარდის ნიმუშის შენახვა ხდება პუნქტი–1-ის ანალოგიურად.

1.2. მასალები და აღჭურვილობა:

- ფლუორესცენციის პოლარიზაციის გასაზომი ხელსაწყო **АФП-2** (შეიძლება გამოყენებული იქნას აგრეთვე **TDx** -ანალიზატორი ხელით მოშაობის რეჟიმით).
- ნახევრადავტომატური პიპეტი ცვლადი ბოლოებით, რომელიც საშუალებას იძლევა აღებული იქნას 5-დან 50-მდე და 200-დან 1000მკლ -მდე მოცულობის ხსნარები;

- გამზომი კიუვეტები;
- დაკალიბრებისა და ანალიზის ჩასატარებელი კარუსელები;
- საანალიზო ნივთიერებების საკალიბრო ხსნარები ბუფერზე „ხელოვნური შარდი“ ან შარდზე (0.1%-იანი **NaN_3**-ის დამატებით);
- 0.1 M ფოსფატური ბუფერი ანალიზისათვის, რომელსაც დამატებული აქვს 1გ/მლ ხარის გამაგლობულინი და 1 გ/ლ ნატრიუმის აზიდი **pH**=7.4
- კომბინირებული რეაგენტი საანალიზო ნივთიერებების განსაზღვრისათვის.

<u>1.3. ანალიზის ჩატარების მეთოდიკა</u>

<u>1.3.1. დაკალიბრება</u>. გამზომ კიუვეტებში ნახევრადავტომატური პიპეტებით ათავსებენ ნივთიერებათა საკალიბრო ხსნარების 10 მკლ-ს (კეთდება დუბლები) და ამატებენ 1 მლ კომბინირებულ რეაგენტს. სხვა კიუვეტებში ათავსებენ იმავე საკალიბრო ხსნარების 10 მკლ და ამატებენ 1 მლ საანალიზო ბუფერს (შარდის ფონის განსაზღვრისათვის). ახდენენ ინკუბირებას 30 წუთი ოთახის ტემპერატურაზე. შემდეგ პოლარიზაციულ ფლუორომეტრზე ზომავენ თითოეულ კიუვეტს გამავალი სხივის ინტენსიობაზე ვერტიკალური (V) და ჰორიზონტალური (H) სხივების ნაკადში ხელსაწყოს 10 ერთეულით გაძლიერების პირობებში.

- ანგარიშობენ ფლუორესცენციის პოლარიზაციას ყოველი კალიბრატორისათვის შარდის ფონის გამოკლების გათვალისწინებით შემდეგი ფორმულით:

$$mP = \frac{(I^{V}_{საბოლოო} - I_{ფონი}) - (I^{H}_{საბოლოო} - I_{ფონი})}{(I^{V}_{საბოლოო} - I_{ფონი}) + (I^{H}_{საბოლოო} - I_{ფონი})} \cdot 1000,$$

სადაც

V – ინტენსიურობის გაზომვის რეჟიმი სხივების ვერტიკალური ნაკადისას;

H – ინტენსიურობის გაზომვის რეჟიმი სხივების ჰორიზონტალური ნაკადისას;

mP – ფლუორესცენციის პოლარიზაცია (მილიპოლარიზაცია);

$I_{საბოლოო}$ – საბოლოო ინტენსივობა;

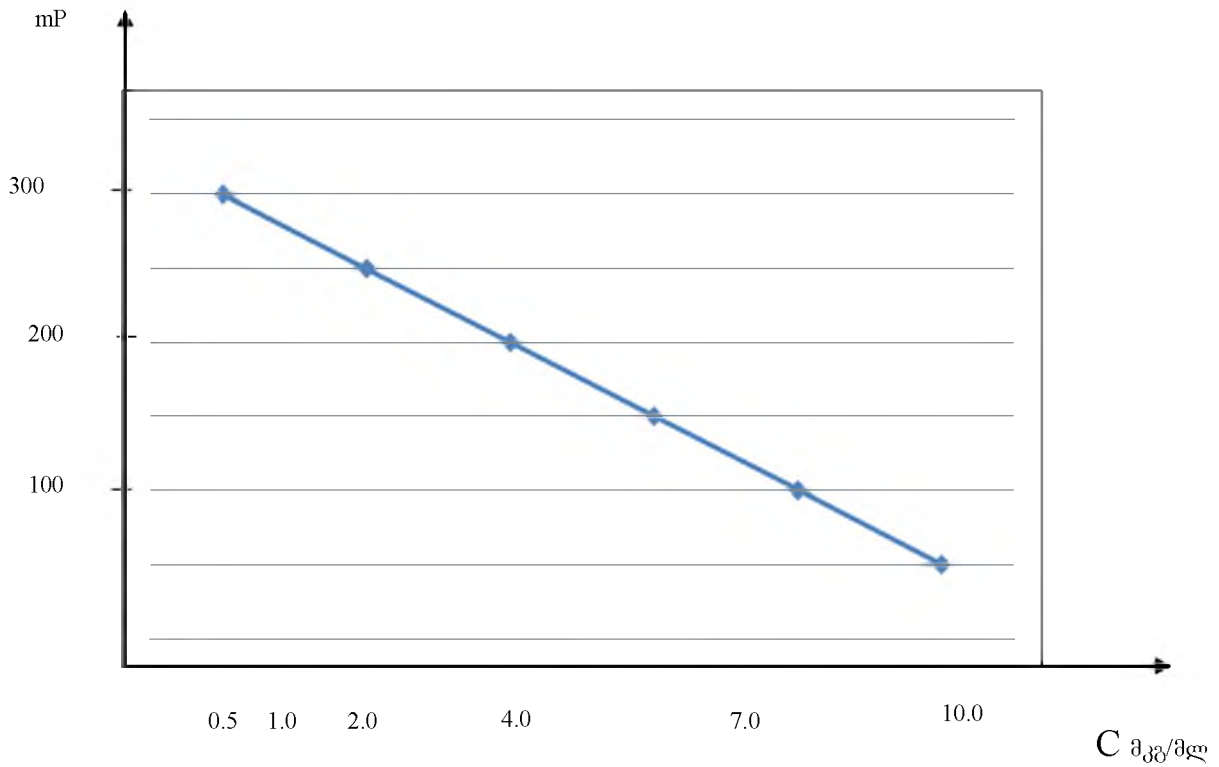
$I_{ფონი}$ – ფონური ინტენსივობა.

ნივთიერებათა დამკალიბრებელის ანალიზის შედეგების მიხედვით აგებენ საკალიბრო გრაფიკს **mP** სიდიდის დამოკიდებულებისა ნივთიერების კონცენტრაციის მკგ/მლ ლოგარითმთან (იხ. ნახ. 22.5. აბსცისათა ღერძზე გადაზომილია ნივთიერების კონცენტრაციის ლოგარითმი მკგ/მლ, ხოლო ორდინატთა ღერძზე ფლუორესცენციის პოლარიზაცია - **mP** -ს მნიშვნელობა).

1.3.2. შარდის ნიმუშების ანალიზი - ნახევრადავტომატური პიპეტით კიუვეტებში ათავსებენ 10 მკლ შარდის ნიმუშებს და ამატებენ 1 მლ კომბინირებულ რეაგენტს. სხვა კიუვეტებში ასხამენ 10-10 მკლ შარდის იმავე ნიმუშებს, დაამატებენ 1 მლ ბუფერს ანალიზისათვის. საკალიბრო გრაფიკის (ნახ. 22.5.) საშუალებით საზღვრავენ საკვლევი ნივთიერების კონცენტრაციას შარდის ნიმუშში. თუ **mP**-ს გამოთვლილი მნიშვნელობა არ ჯდება 22.5. გრაფიკში, (მაგალითად, ნივთიერების მაღალი კონცენტრაციის დროს), მაშინ შარდის აღნიშნულ ნიმუშს ანზავებენ გამოხდილი წყლით და ანალიზს ხელახლა ატარებენ.

თუ აუცილებელია თვისობრივი და არა რაოდენობრივი ანალიზი, მაშინ ინკუბაციის სტადიას (30 წუთს) გამორიცხავენ, რაც ანალიზის ხანგრძლივობას მნიშვნელოვნად ამცირებს.

ნივთიერების თვისობრივ და რაოდენობრივ ანალიზის დროს შედეგი დადებითად მიიჩნევა მაშინ, როცა ნაპოვნი კონცენტრაცია აღემატება ზღვრულს, რომელიც მითითებული უნდა იყოს ინდივიდუალურად თითოეული ნივთიერებისათვის გამოყენებული კომბინირებული რეაგენტით.



ნახ. 22.5. შარდში ეფედრინის განსაზღვრის საკალიბრო გრაფიკი

მოცემული ანალიზი სკრინინგულია, ამიტომ დადებითი შედეგის მიღებისას აუცილებელია შესაბამისი მგრძნობელობის სხვა მეთოდებით (გსქ, მესქ, გქ/მს) ამ

შედეგის დადასტურება. უარყოფითი პასუხის მიღებისას შემდგომი გამოკვლევის ჩატარება მოცემულ ნივთიერებაზე საჭირო არ არის.

1.3.3. რეაგენტის ხარისხის კონტროლი - ტარდება ყოველდღიურად, ანალიზის ჩვეულებრივი პროცედურის თანახმად, განსაზღვრული კონცენტრაციის სტანდარტული ხსნარების გამოყენებით. რეკომენდებულია ხელახალი დაკალიბრება ჩატარდეს არანაკლებ თვეში ორჯერ.

1.4. კომბინირებული რეაგენტის ანალიზური მახასიათებლები - საკვლევი ნივთიერებების აღმოსაჩენი მინიმუმები, ზღვრული კონცენტრაციები და სპეციფიურობა შესაბამისი კომბინირებული რეაგენტების გამოყენებით მითითებულია მათ შესაფუთ ყუთზე ან სპეციალურ დანართში.

1.5. რეაგენტის გამოყენებისა და შენახვის პირობები - კომბინირებულ რეაგენტს ინახავენ მინის ფლაკონში ბნელ ადგილას +2 - 4°C ტემპერატურაზე, შენახვის ვადა - ერთი წელი მომზადების მომენტიდან.

2. ანალიზი ცალკე მომზადებული რეაგენტების გამოყენებით

საკვლევ ნივთიერებაზე გამოიყენება იგივე ტრასერი და ანტისხეული, რაც კომბინირებული რეაგენტის შემთხვევაში, ანალიზს ატარებენ შემდეგნაირად: კალიბრატორის (შარდის ნიმუშის) 10 მკლ-ს ათავსებენ გამზომ კიუვეტში, უმატებენ 0.5 მლ ანტიშრატს* 70%-იანი ტიტრით და ტრასერის ხსნარს, რომლის კონცენტრაცია ტოლია 10 ნმოლი/ლ. შემდეგ გამოკვლევას ატარებენ - კომბინირებულ რეაგენტებთან ანალიზის პროცედურის ანალოგიურად. მოცემული ანალიზის თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ როგორც თვისობრივ, ასევე რაოდენობრივ ანალიზში ინკუბაციის სტადია არ არის, ხოლო ხელსაწყოზე გაზომვას აწარმოებენ რეაგენტების დამატებისთანავე.

ანტიშრატი – სიხლის შრატი, რომელიც შეიცავს პოლიკლონური ანტისხეულებს. პოლიკლონური ანტისხეულები – ანტისხეულები, რომლებიც გამომუშავდება სხვადასხვა უჯრედების მიერ და წარმოადგენენ იმუნოგლობულინის მოლეკულების ნაკრებს, რომლებიც რეაგირებენ სპეციფიკური ანტიგენის წინააღმდეგ, თითოეული მათგანი აღმოაჩენს სხვადასხვა ეპიტოპს. ეპიტოპი – ანტიგენის დეტერმინანტი, ანტიგენიხ ნაწილი რომელითაც აღმოაჩენს მას ადამიანის იმუნური სისტემა

2.1. რეაგენტების მომზადება

ტრასერის სამუშაო ხსნარის მომზადება კონცენტრაციით 10 ნმოლი/ლ.

ტრასერის მეთანოლიან კონცენტრირებულ ხსნარს ანზავებენ 20-ჯერადი ფოსფატური ბუფერით ანალიზისათვის და ზომავენ ხსნარის ოპტიკურ სიმკვრივეს

სპექტროფოტომეტრით 492 ნმ ტალღაზე იმავე ბუფერის მიმართ. ტრასერის მომზადებული ხსნარის (ნახევარფაბრიკატის) კონცენტრაციას საზღვრავენ ფორმულით

$$C = \frac{D}{L \cdot E}$$, სადაც

D – ოპტიკური სიმკვრივეა;

C – ტრასერის ხსნარის კონცენტრაცია, მოლი/ლ

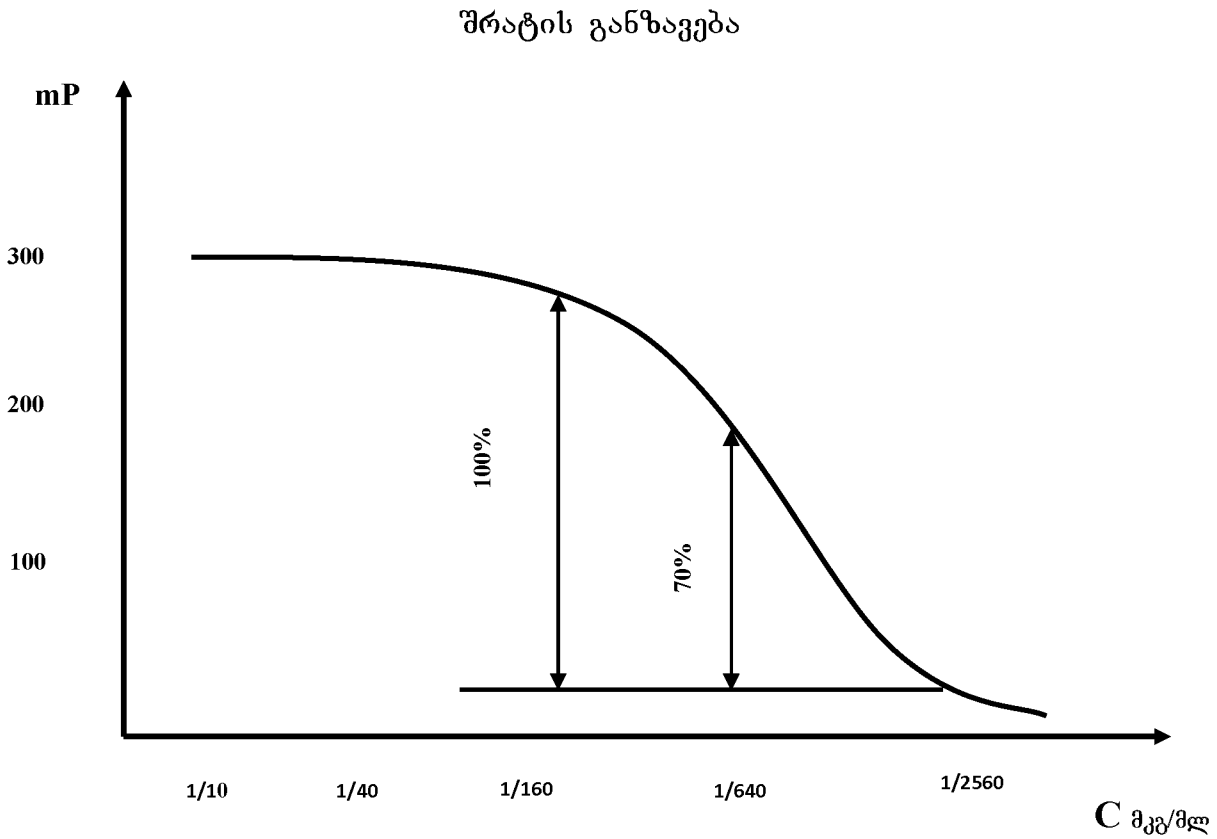
L – კიუვეტის სისქე, სმ

E – ტრასერის ექსტინქციის კოეფიციენტი, რომელიც ტოლია $8.78 \cdot 10^4$ ლ/მ$^{-1}$/სმ$^{-1}$.

განვსაზღვრავთ რა მომზადებული ხსნარის საწყის კონცენტრაციას, ვანზავებთ მას ფოსფატური ბუფერით ანალიზისათვის სამუშაო კონცენტრაციამდე 10 ნმოლი/ლ.

<u>ანტიშრატის სამუშაო ხსნარის მომზადება</u>. ანტიშრატის სამუშაო ხსნარს ამზადებენ 70%-იანი ტიტრიდან გამომდინარე. მაგალითად, ანტისხეულის ტიტრი ტოლია 1:500. ეს ნიშნავს, რომ მოცემული ანტიშრატი (ლიოფილიზირებული) უნდა განვაზავოთ გამოხდილი წყლით 500-ჯერ (ანტიშრატის 1 მოცულობა 500 მოცულობა წყალში). ანტისხეულის მოცემული ხსნარი მზადაა ანალიზისათვის.

თუ საჭიროა ანტისხეულის 70%-იანი ტიტრის ე.ი. მისი განზავების განსაზღვრა, რომლის დროსაც ტრასერებთან შეკავშირება ხდება 70%, იყენებენ გატიტვრის მეთოდს, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: გამზომ კიუვეტში შეაქვთ 0.1 მლ ანტიშრატი და ანზავებენ მას 0.9 მლ ფოსფატური ბუფერით ანალიზისათვის (ვღებულობით განზავებას 1:10). მეორე კიუვეტში შეაქვთ 0.5 მლ ფოსფატური ბუფერი და 0.5 მლ ანტიშრატის ხსნარი პირველი კიუვეტიდან, ხსნარებს შეურევენ (განზავება 1:20), აქედან 0.5 მლ გადააქვთ მესამე კიუვეტში და ა.შ. საბოლოო განზავებამდე 1:5120-მდე. უკანასკნელ კუვეტში ასხამენ 0.5 მლ ბეფერს. შემდეგ ყველა კიუვეტში შეაქვთ ტრასერის სამუშაო ხსნარის (10 ნმოლი/ლ) 0.5 მლ. პოლარიზაციულ ფლუორომეტრზე ზომავენ **mP** მნიშვნელობას (შეიძლება ჩავატაროთ ფონის გამოკლების გარეშე). აგებენ გატიტვრის გრაფიკს **mP** მნიშვნელობის დამოკიდებულებას ანტიშრატის განზავებასთან (ნახ. 22.6.) ღებულობენ რა 100 %-ად **mP** ვარდნილს მრუდის ზედა და ქვედა პლატოს შორის, პოულობენ 70% შეკავშირებას და საზღვრავენ ანტიშრატის შესაბამის განზავებას.



ნახ. 22.6. ანტიშრატის ტიტრის განსაზღვრა ტრასერით მისი გატიტვრის დროს

5. ჰეტეროგენული იმუნოანალიზი

A. ნარკოტიკული და სხვა ფსიქოტროპული საშუალებების აღმოჩენა რუსული წარმოების დიაგნოსტიკუმების* დახმარებით.

რუსეთი უშვებს ოპიუმის, ბარბიტურატების, კანაბინოიდების და ეფედრონის აღმოსაჩენ დიაგნოსტიკუმებს. დიაგნოსტიკუმის ნაკრებში შედის 10 რეაგენტი, ერთი პოლისტიროლის პლანშეტი 96 ფოსოთი იმუნოფერმენტული ანალიზის ჩასატარებლად და აუცილებელი აღჭურვილობა.

* რუსეთის მეცნიერებეთა აკადემიის ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების ინსტიტუტი. ჯგუფის ხელმძღვანელი ქიმიურ მეცნიერებათა დოქტორი ტ.ი.პოლევაია

რეაგენტები:

1. 1.0 მოლ/ლ ნატრიუმის კარბონატის ბუფერული ხსნარი ბაქტერიოსტატიკთან ერთად, pH= 9.6± 0.3 (P_1);
2. მოდიფიცირებული (ნიშანდებული) საკვლევი ნივთიერება პლანშეტზე ადსორბციისათვის, ლიოფილიზირებული (P_2);
3. 1.5 მოლ/ლ კალიუმის ფოსფატის ბუფერული ხსნარი ბაქტერიოსტატიკით, pH= 7.4±2 (P_3);
4. ტვინ 20-ის ტიპის დეტერგენტის 12.5 %-იანი ხსანრი (P_4);
5. 10 მკგ/მლ კონცენტრაციის საკვლევი ნივთიერების პოზიტიური კონტროლი, ხსნარი ბაქტერიოსტატიკით (P_5);
6. ფერმენტ პეროქსიდაზით ნიშანდებული ანტისხეული, - კონიუგატი, 40 ± 10 მკგ, ლიოფილიზებული (P_6);
7. 1.0 მოლ/ლ ფოსფატურ-ნიტრატული ბუფერული ხსნარი ბაქტერიოსტატიკით (P_7);
8. ორთო-ფენილენდიამინი, 8 მგ (მოარიდეთ სინათლეს!);
9. ჰიდროპირიტი;
10. ნეგატიური კონტროლი - ხსნარი, რომელიც არ შეიცავს საკვლევ ნივთიერებას.

1. <u>ანალიზის ჩატარება</u>

<u>1.1. ნიმუშების აღება და შენახვა</u>

შარდის ნიმუშები უნდა შეგროვდეს მინის ან პლასტმასის ფლაკონებში, დაილუქოს და გაფორმდეს თანმხლები საბუთებით. შარდის ნიმუშების შენახვა შეიძლება მაცივარში 2-3 დღის განმავლობაში, ხანგრძლივად შენახვისათვის ინახავან – 12-18°C-ზე ანალიზის წინ გამღვალი სინჯები კარგად უნდა შევურიოთ.

<u>1.2. ანალიზის ჩატარების მეთოდი</u>

1.2.1. ანალიზისათვის მომზადება

<u>სამუშაო ხსნარების მომზადება</u>

- რეაგენტ 1 (P_1) ანზავებენ 20 მლ გამოხდილი წყლით, ინახავენ არა უმეტეს 10 დღისა 4-6°C ტემპერატურაზე (ხსნარი 1);
- P_2 ხსნიან 20 მლ ხსნარი 1-ში. უნდა გამოვიყენოთ 1 სთ-ის განმავლობაშ. არ შეინახოთ! (ხსნარი 2);
- P_3 ხსნიან 600 მლ გამოხდილ წყალში. ინახავენ არა უმეტეს 7 დღისა 4-6°C ტემპერატურაზე (ხსნარი 3);

- P_4 ანზავებენ 600 მლ ხსნარი 3-ში და იყენებენ პლანშეტების გასარეცხად. ინახავენ არა უმეტეს 7 დღისა 4-6°C ტემპერატურაზე (ხსნარი 4);
- P_5 ხსნიან 20 მლ ხსნარი 4-ში საანალიზო ნივთიერების 500 ნგ/მლ კონცენტრაციამდე. მოცემული ხსნარი წარმოადგენს პოზიტიურ კონტროლს (ხსნარი 5). ხსნარი 5 იყენებენ საკალიბრო ხსნარების მოსამზადებლად ОША-ს რაოდენობრივ ანალიზის ვარიანტში. ინახავენ არა უმეტეს 5 საათისა 4-6°C ტემპერატურაზე;
- P_6 ხსნიან 5 მლ ხსნარი 4-ში. ინახავენ არა უმეტეს 24 საათისა 4-6°C ტემპერატურაზე (ხსნარი 6);
- P_7 ანზავებენ 21 მლ გამოხდილი წყლით. ინახავენ არა უმეტეს 10 დღისა 4-6°C ტემპერატურაზე (ხსნარი 7);
- P_8 -ს ერთ ტაბლეტს ხსნიან 21 მლ ხსნარი 7-ში, ამატებენ 0.05 მლ წყალბადის ზეჟანგს, რომელსაც ამზადებენ ჰიდროპერიტის გახსნით 50 მლ გამოხდილ წყალში. წყალბადის ზეჟანგის ხსნარი ვარგისია გამოყენებისათვის, თუ ხსნარის ოპტიკური სიმკვრივე (*D*) 15-ჯერ განზავებისას 230 ნმ ტალღაზე შეადგენს 1.2 ± 0.05.

<u>ანტიგენის - მოდიფიცირებული მორფინის ადსორბცია პლანშეტზე.</u> პლანშეტს წინასწარ ამუშავებენ სპირტით (20 მლ ერთ პლანშეტზე, სპირტი შეიძლება გამოყენებული იქნას განმეორებით 3-ჯერ) და აშრობენ თერმოსტატში. ყველა ფოსოში შეაქვთ ხსნარი 2, 0.2 მლ-ობით. შემდეგ ხსნარ 2-ს პლანშეტს აშორებენ შენჯღრევით. გარეცხვის შემდეგ პლანშეტები ადსორბირებული ანტიგენით შეიძლება შენახული იქნას მაცივარში 5 დღის განმავლობაში.

ჩარეცხვა - პლანშეტის ყველა ფოსოში შევიტანოთ 0.2 მლ ხსნარი 4. ერთი წუთის შემდეგ ხსნარი მოვაშოროთ პლანშეტის შენჯღრევით. ხსნარი 4-ის ნარჩენები მოვაშოროთ გადაბრუნებული პლანშეტის ფილტრის ქაღალდზე დარტყმით. ოპერაციას იმეორებენ 3-ჯერ. ჩარეცხილი პლანშეტი მზადაა იმუნოფერმენტული ანალიზის ჩასატარებლად.

<u>2.2. შარდის ნიმუშების ანალიზი</u>

შარდის ნიმუშების ანალიზი მიმდინარეობს ნეგატიური, პოზიტიური კონტროლის და საკვლევი ნივთიერებების სტანდარტული (საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად) ხსნარების ანალიზთან ერთად.

<u>პოზიტიური კონტროლის და სტანდარტული ხსნარების შეტანა ფოსოებში.</u>

A_1 და **B_1** ფოსოებში შექვთ ხსნარი 5-ის 0.05 მლ. **A_1** ფოსოში - პოზიტიური კონტროლი. **B_1**-დან **H_1** ფოსოს ჩათვლით შეაქვთ ხსნარი 4-ის 0.05 მლ. საკალიბრო გრაფიკის ასაგებად ამზადებენ სტანდარტულ ხსნარებს №2-8 საკვლევი ნივთიერებების შემდეგი კონცენტრაციებით 250, 127, 62, 31, 15.5 და 7 მგ/მლ შესაბამისად ხსნარი 4-ით ორჯერ თანმიმდევრობითი განზავების გზით. **B_1** ფოსოდან დაწყებული 0.1 მლ მოცულობიდან გადავიტანოთ თანმიმდევრობით 0.05 მლ-ობით მომდევნო ფოსოებში **H_1**-მდე. **H_1** ფოსოდან 0.05 მლ უნდა მოვაშოროთ. ამ პროცედურის დამთავრების შემდეგ ყოველ ფოსოში **A_1**-დან **H_1**-ის ჩათვლით უნდა იყოს 0.05 სტანდარტული ხსნარი.

შესაძლებელია აგრეთვე პლანშეტზე მომზადდეს სტანდარტული ხსნარების მეორე რიგი.

<u>საანალიზო შარდის ნიმუშების შეტანა.</u> შარდების ყველა ნიმუშებს ანზავებენ 10-ჯერ. შარდის განზავებული ნიმუშები შეაქვთ ორ ფოსოში 0.05 მლ-ობით თითოეულში.

<u>უარყოფითი კონტროლის შეტანა</u>. უარყოფით კონტროლს (P_{10}) წინასწარ ანზავებენ 10-ჯერ 2.2.2. ოპერაციის ანალოგიურად, შეაქვთ **A_{11}** და **A_{12}** ფოსოებში 0.05 მლ-ობით.

<u>ანტიგენის შეკავშირება ანტისხეულებთან, რომლებიც ნიშანდებული არიან პირშუშხას პეროქსიდაზით (ინკუბაცია)</u> - ხსნარი 6 შეაქვთ 0.05 მლ-ობით ყველა ფოსოში, ინკუბირებას ატარებენ 5 წუთის განმავლობაში სანჯღრეველაზე და 60 წუთი ბიოლოგიურ თერმოსტატში 37±2°C ტემპერატურაზე.

პლანშეტის გადარეცხვას ატარებენ ჩარეცხვის ანალოგიურად.

<u>ქრომოგენული სუბსტანციის შეტანა</u> - სუბსტრატის ხსნარს ამზადებენ უშუალოდ შეტანის წინ და მაშინვე შეაქვთ 0.2 მლ-ობით პლანშეტის ყველა ფოსოში, აყოვნებენ 20-15 წუთი (წყლის ხარიხისა და სხვა გაუთვალისწინებელ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით) ოთახის ტემპერატურაზე და აჩერებენ რეაქციას პლანშეტის ყველა ფოსოში 0.025 მლ მარილმჟავას ან გოგირდმჟავას დამატებით (ხსნარის კონცენტრაცია 2 მოლი/ლ). მჟავის დამატება რეაქციის შესაჩერებლად აუცილებელია ჩავატაროთ მაქსიმალურად სწრაფად, ისე რომ პირველსა და ბოლო ფოსოში მჟავის დამატებებს შორის დროის ინტერვალი მინიმალური იყოს.

1.3. <u>შედეგების ინტერპრეტაცია</u>

ანალიზის შედეგებს აფასებენ ვიზუალურად სტანდარტის ფოსოების ფერის შედარებით საკვლევი ნიმუშების ფოსოების ფერებთან (თვისებითი ანალიზი ან

სპექტროფოტომეტრიულად 492 ნმ ტალღაზე (რაოდენობრივი ანალიზი)*. მორფინის კონცენტრაციას საკვლევ ნიმუშში საზღვრავენ საკალიბრო გრაფიკით.

* რაოდენობითი განსაზღვრა შეიძლება ჩატარდეს კოლორიმეტრულ იმუნოფერმენტულ ანალიზატორზე АКИ -Ц-01

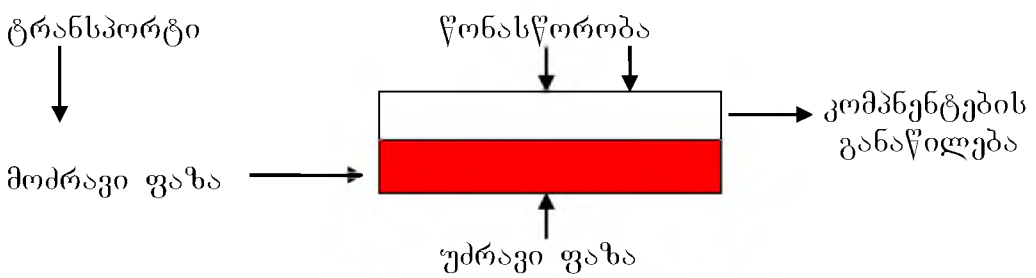
თავი 23.
ქრომატოგრაფიული მეთოდები ქიმიურ-ტოქსიკოლოგიურ ანალიზში

1903 წელს გამოქვეყნდა რუსი მეცნიერის მიხეილ ცვეტის შრომა "ადსორბ-ციული მოვლენების ახალი კატეგორიები და მათი გამოყენება ბიოქიმიურ ანალიზში". ამ შრომამ დასაბამი მისცა ახალ ანალიზურ მეთოდს – ქრომატოგრაფიას. სადღეისოდ ქრომატოგრაფია მეცნიერების ფართო სფეროა, რომელიც მოიცავს სხვადასხვა ქრომატოგრაფიულ მეთოდებს. მისი პრაქტიკული გამოყენების ძირითადი მიმართულებებია – ინფორმაციის მიღება დასაყოფი ნარევის თვისობრივ და რაოდენობრივ შემადგენლობაზე, კომპონენტების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე, ნივთიერებების გასუფთავება, ნარევის ცალკეული კომპონენტების პრეპარატიული გამოყოფა. ქრომატოგრაფიული მეთოდების თავისებურებაა – ნარევის ჯერ დაყოფა შემადგენელ კომპონენტებად, შემდეგ თითოეული კომპონენტისაგან მიღებული სიგნალის რეგისტრირება.

ქრომატოგრაფია – მეცნიერების ის დარგია, რომელიც სწავლობს ნივთიერებების (ან ნივთიერებათა ჯგუფის) ზონის მოძრაობას ერთი (ან რამდენიმე) ფაზის ნაკადში, რომელიც მოძრაობს მეორე (ან რამდენიმე) ფაზის მიმართ.

ამ განმარტებიდან გამომდინარეობს, რომ ქრომატოგრაფია როგორც ფიზიკურ-ქიმიური პროცესი დამყარებულია კომპონენტების კონცენტრაციული ზონების მოძრაობის სხვადასხვა სიჩქარესა და ჩარეცხვაზე, რომლებიც მოძრაობენ მოძრავი ფაზის ნაკადში უძრავი ფაზის გასწვრივ. ამასთან, გათვალისწინებული უნდა იქნეს, რომ საკვლევი ნივთიერება იმყოფება ორივე ფაზაში. აქედან კომპონენტების დაყოფის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს სხვაობა ნაერთის წონასწორულ განაწილებაში უძრავ და მოძრავ ფაზებს შორის (სქემა 23.1).

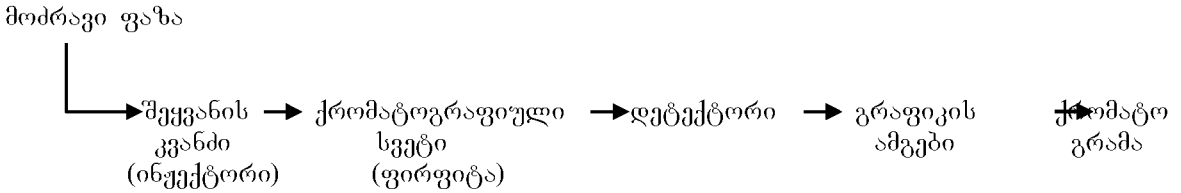
სქემა 23.1.



მოცემულ სქემაში თუ შევიტანთ სინჯის შეყვანის კვანძს, მადეტექტირებელ მოწყობილობას და გრაფიკის ამგებს, ჩვენ მივიღებთ ქრომატოგრაფის პრინცი-

პულ სქემას – ხელსაწყოსი, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ ქრომატოგრაფიული დაყოფის მახასიათებლები (სქემა 23.2).

სქემა 23.2. ქრომატოგრაფის პრინციპული სქემა



§1. ქრომატოგრაფიული მეთოდების კლასიფიკაცია

ქრომატოგრაფიული მეთოდების მრავალგვარობა მოითხოვს მათ კლასიფიკაციას, რასაც ახდენენ 1. <u>ქრომაროგრაფირების ძირითადი მეთოდების მიხედვით:</u>

– ფრონტალური ქრომატოგრაფია, დაყოფის მეთოდი, რომლის შესაბამისადაც ნიმუში (სითხე ან აირი) უწყვეტლივ შეყავთ ქრომატოგრაფიულ ფენაში.
– ელუენტური ქრომატოგრაფია ითვალისწინებს ელუენტის გატარებას ქრომატოგრაფიულ ფენაში ნიმუშის შეყვანის შემდეგ.
– გამოძევებითი ქრომატოგრაფია დამყარებულია ისეთი ელუენტის გამოყენებაზე, რომელიც შეიცავს ქრომატოგრაფიული ფენის მიერ საკვლევი ნიმუშის კომპონენტებზე უფრო ეფექტურად დაკავებად ნივთიერებას.

<u>2. გამოყენებული ფაზების მიხედვით:</u>

ამ კლასიფიკაციაში ქრომატოგრაფიული მეთოდის სახელწოდების პირველი სიტყვა ახასიათებს მოძრავ ფაზას, მეორე – უძრავს.

გაზურ ქრომატოგრაფიაში (გქ) არჩევენ:

ა) გაზურ-სითხოვან ქრომატოგრაფიას (გსქ) ამ შემთხვევაში თხევადი უძრავი ფაზა დამაგრებულია მყარ მატარებელზე.

ბ) გაზურ-მყარ ქრომატოგრაფიას (გმქ).

სითხურ ქრომატოგრაფიაში (სქ) არჩევენ:

ა) სითხე-სითხურ (სსქ),

ბ) სითხე-მყარ (სმქ) და

გ) სითხე-გაზურ (სგქ) ქრომატოგრაფიებს.

გამოყენებული ფაზების მიხედვით კლასიფიკაციის დროს უპირატესობას ანიჭებენ დომინირებადი ეფექტის დამახასიათებელ ტერმინს.

3. დაყოფის მექანიზმის მიხედვით:

ადსორბციული ქრომატოგრაფია არის ქრომატოგრაფიის სახე, რომლის დროსაც ნარევში არსებული ნივთიერებების დაყოფა მოძრავ ფაზაში გადაადგილების დროს ხორციელდება ადსორბენტის ფენაში მათი ადსორბციისა და დესორბციის განსახვავებული უნარის მიხედვით.

– განაწილებითი ქრომატოგრაფია არის მეთოდი, რომლის დროსაც უძრავი სტაციონარული ფაზა ქიმიურად არის დაკავშირებული უძრავი მატარებლის ზედაპირზე, მოძრავი ფაზა კი არის სითხე (სითხე-სითხური ქრომატოგრაფია), რომელიც წარმოადგენს გამხსნელს, ან გაზი (გაზურ-სითხოვანი ქრომატოგრაფია) და ნარევვის დაყოფა ინდივიდუალურ ნაერთებად ხორციელდება მათი პოლარობის მიხედვით.
– იონცვლითი ქრომატოგრაფია - დამყარებულია კომპონენტების იონცვლითი უნარის მიხედვით, მათ თვისობრივ და რაოდენობით განსაზღვრაზე.
– შეღწევადი ქრომატოგრაფია დამყარებულია დაყოფის ეფექტებზე ისეთი მიზეზებით, როგორიცაა მოლეკულების ზომების ან/და ფორმების განსხვავება, მუხტების განსხვავება (ქრომატოგრაფია მოლეკულურ საცრებზე, იონების ექსკლუზიური ქრომატოგრაფია, გელშეღწევადი ქრომატოგრაფია).

4. შესრულების ტექნიკის მიხედვით

პრაქტიკაში ჩვეულებრივ იყენებენ კლასიფიკაციას გამოყენებული ფაზების ან დაყოფის მექანიზმის მიხედვით. კლასიფიკაცია გამოყენებული ტექნიკის მიხედვით უფრო მიუთითებს ექსპერიმენტის ტექნიკაზე და საშუალებას იძლევა მივიღოთ დამატებითი ინფორმაცია გამოყენებულ მეთოდზე. არჩევენ ქრომატოგრაფიას სვეტზე (სორბენტის სვეტზე), ქაღალდზე, სორბენტის თხელ ფენაზე და კაპილარულ ქრომატოგრაფიას.

5. სპეციალური მეთოდების მიხედვით

სპეციალურ მეთოდებს შორის არჩევენ ქრომატოგრაფიას ტემპერატურის პროგრამირებით, ნაკადის პროგრამირებით, გამომარილებით, სელექციურს, საფეხურებრივ და გრადიენტულ ელუირებას, ორმაგ ქრომატოგრაფიას, ქრომატოგრაფიას შებრუნებული ფაზებით.

მაღალეფექტური სითხური (მესქ) და მაღალეფექტური თხელფენოვანი (მეთფქ) ქრომატოგრაფიები კლასიფიკაციის ზემოაღნიშნული ტიპების თანახმად ფორმალურად მიეკუთვნებიან დაყოფის ახალ ტიპებს. მიუხედავად ამისა უნდა აღინიშნოს, რომ მესქ და მეთფქ, წარმოადგენენ რა კლასიკური მეთოდების თანამედროვე ფორმებს, არა მარტო აუმჯობესებს ამ ვარიანტებს, არამედ წარ-

მოადგენენ ქრომატოგრაფიული დაყოფის თვისობრივად ახალ დონეს, რაც საშუალებას იძლევა გამოვყოთ ისინი როგორც სპეციალური მეთოდები.

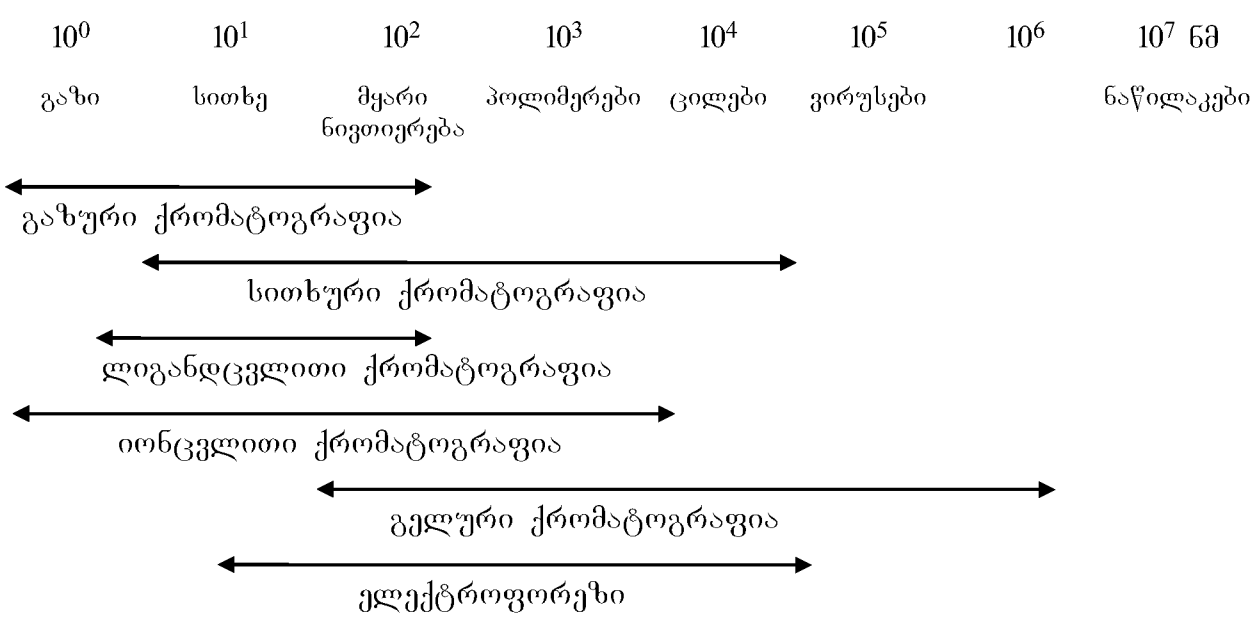
არსებული მრავალრიცხოვანი ქრომატოგრაფიული მეთოდები შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით (ცხრილი 23.1).

ცხრილი 23.1. ქრომატოგრაფიული დაყოფის ვარიანტები

ტრანსპორტის ტიპი	ქრომატოგრაფიის ტიპი	წონასწორობის ტიპი	ქრომატოგრაფიული მეთოდების მაგალითი
ჰიდროდინამიკული ნაკადი ა) გაზი ბ) სითხე	 გაზური სითხური	 ადსორბცია გახსნა იონცვლა კომპლექსების წარმოქმნა შეზღუდული დიფუზია	 ადსორბციული განაწილებითი იონცვლითი იონ-წყვილური, ლიგანდთვლითი, გელური
ელექტრული ნაკადი	ელექტროლიზური	ძაბვის გრადიენტი	ზონალური იზოტაქოფორეზი

ქრომატოგრაფიული დაყოფის სხვადასხვა ვარიანტების გამოყენების საზღვრები საანალიზო ნივთიერებების მოლეკულურ მასაზე დამოკიდებულებით ჩანს სქემაზე 23.3.

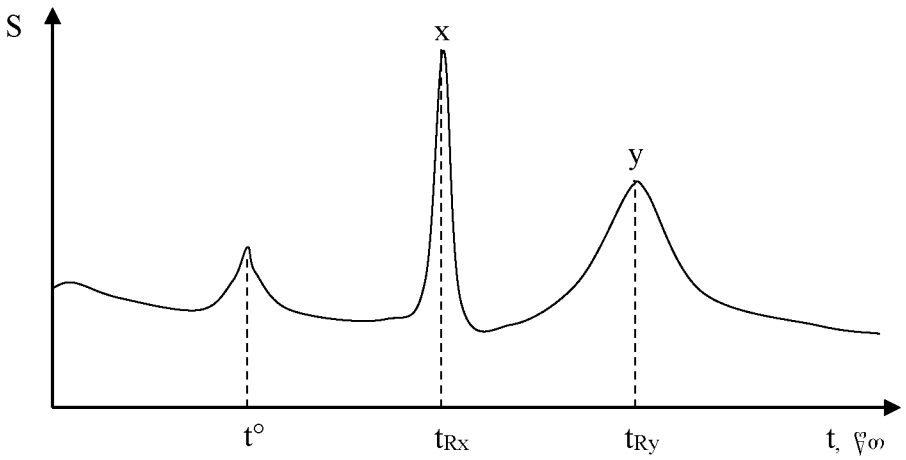
სქემა 23.3. ქრომატოგრაფიის სხვადასხვა ვარიანტების გამოყენების ოპტიმალური საზღვრები



§2. ქრომატოგრაფიის ზოგიერთი ტერმინები და განსაზღვრებები

<u>ქრომატოგრამა</u> – არის, კომპონენტების კონცენტრაციისა და ბუნების მიხედვით, დაყოფის გრაფიკული გამოსახვა დროში (ნახ. 23.1).

ნახ. 23.1. დიფერენციალური ქრომატოგრამა



ქრომატოგრამაზე არჩევენ <u>საბაზო ხაზს (ფონური ხაზი)</u> და <u>ქრომატოგრაფიულ პიკებს</u>.

<u>ფონური (საბაზო) ხაზი</u> წარმოადგენს ქრომატოგრამის ნაწილს, როცა სვეტიდან გამოდის მხოლოდ ელუენტი ან გაზი – მატარებელი. ელუენტის დაჭუჭყიანებამ შეიძლება მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ქრომატოგრამის ხარისხზე, რადგან დიდმა ფონმა შეიძლება შენიღბოს საანალიზო ნივთიერებების სვეტიდან გამოსვლა, განსაკუთრებით თუ იგი მცირე რაოდენობით არის. აქედან გამომდინარეობს ელუენტის (მოძრავი ფაზის) სისუფთავისადმი მაღალი მოთხოვნები.

<u>პიკი</u> – მრუდი, რომელიც აღწერს სიგნალის სიდიდის დამოკიდებულებას ნივთიერებების კონცენტრაციაზე სვეტიდან გამოსვლისას. არასრული დაყოფისას ორი ან მეტი კომპნენტის გამოსვლა მჟღავნდება ერთი დაუშლელი პიკის სახით. იდეალურ პიკს წარმოადგენს ჰაუსის განაწილების მრუდი (ნახ. 23.1).

ნივთიერებების შეკავება სვეტში ხასიათდება <u>შეკავების დროით – t_{Ri}</u> ან <u>შეკავების მოცულობით – V_{Ri}</u>, სადაც i – კომპონენტის შესაბამისი ინდექსია. ქრომატოგრაფიული სისტემის მუშაობის პირობების და ფაზების შემადგენლობის მუდმივობისას ეს სიდიდეები მოცემული ნივთიერებებისათვის მუდმივია. t_{Ri} სიდიდე შეესაბამება პიკის მაქსიმუმის გამოჩენის დროს.

ქრომატოგრაფიაში შეკავების მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს <u>მოცულობის კოეფიციენტი ***K′***</u>, რომელიც განისაზღვრება როგორც ფარდობა უძრავ ფაზაში ნივთიერების რაოდენობისა მის რაოდენობასთან მოძრავ ფაზაში ე.ი. მოცულობის კოეფიციენტი განსაზღვრავს ნივთიერების განაწილების ხარისხს სვეტში მისი გადაადგილების დროს. კავშირი ნივთიერების შეკავების, კალონკის სიგრძის და მოძრავი ფაზის ხაზობრივ სიჩქარეს შორის შეიძლება გამოისახოს დამოკიდებულებით

$$t_{Ri} = \frac{L}{V}(1+K'_i)$$

პიკების დაშლადობა (***R***$_s$) განისაზღვრება მანძილით ორ მაქსიმუმს შორის მათი საშუალო სიგანის ერთეულებში

$$R_s = \frac{2(t_{R_2} - t_{R_1})}{\omega_1 + \omega_2}$$

რაც უფრო მეტია დაშლადობა, მით უფრო კარგია ქრომატოგრაფიული ზოლების დაყოფა. უფრო მაღალი სვეტეები გვაძლევენ უკეთეს დაყოფას.

დაშლადობა დამოკიდებულია სამ ძირითად ქრომატოგრაფიულ პარამეტრზე – სელექციურობაზე (***a***), თეორიული თეფშების რაოდენობაზე (სვეტის ეფექტურობაზე) (***N***) და მოცულობის კოეფიციენტზე (***K′***) ან წონასწორეული განაწილების კოეფიციენტზე ***K***:

$$R_x = \frac{1}{4}\left(\frac{a-1}{a}\right)\left(\frac{K'}{1+K'_2}\right)N^{\frac{1}{2}}$$

<u>სელექციურობა ***a***</u> ახასიათებს მოცემული ქრომატოგრაფიული სისტემის უნარს დაყოს საკვლევი ნივთიერებების წყვილები, წარმოადგინოს ორი კომპონენტის შეკავების აბსოლუტური დროის ფარდობა და არის მათი განაწილების განსხვავების საზომი. სელექციურობა დამოკიდებულია ორი კომპონენტის მოძრავ და უძრავ ფაზებთან ურთიერთმოქმედების ინდივიდუალურ თავისუბერებებზე.

N – თეორიული თეფშების რიცხვი – მიუთითებს სვეტის ეფექტურობაზე და შეიძლება გამოანგარიშებული იქნეს ფორმულით

$$N=16\left(\frac{t_R}{\omega_{0.5}}\right)^2 = 4\left(\frac{t_R}{\omega_{2\sigma}}\right)^2$$

სადაც $\omega_{0.5}$ – პიკის სიგანეა მისი სიმაღლის ნახევარზე, ხოლო

$\omega_{2\sigma}$ – პიკის სიგანე 0.607 სიმაღლეზე.

კომპონენტის შეკავება სვეტში განისაზღვრება მისი ფიზიკურ-ქიმიური აღნაგობის თავისებურებებით. მოლეკულების ორიენტაციის ხასიათი სორბენტის ზედაპირის მიმართ დამოკიდებული იქნება სივრცით კონფიგურაციაზე (სიბრტყითი და არასიბრტყითი), პოლარული ფუნქციონალური ჯგუფების ეკრანირებაზე ან ხელმისაწვდომობაზე, შიდამოლეკულური წყალბადოვანი ბმების არსებობაზე და ა.შ. ყველა ეს და სხვა ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები განსაზღვრავენ სისტემაში ნივთიერებების ურთიერთმოქმედების სპეციფიკურ ან არასპეციფიკურ ტიპს (ცხრილი 23.2).

ცხრილი 23.2. ადსორბენტი – ელუენტი – ნივთიერება ურთიერქმედების ტიპები

ადსორბენტი	ელუენტი	დასაყოფი ნივთიერება	ურთიერთმოქმედების დომინირებადი ტიპი	
			ნივთიერება-ადსორბენტი	ნივთიერება-ელუენტი
არაპოლარული (ა/პ)	არაპოლარული (ა/პ)	არაპოლარული (ა/პ)	არასპეციფიკური (ა/ს)	არასპეციფიური (ა/ს)
პოლარული	არაპოლარული	პოლარული	სპეციფიკური (ს)	ა/ს
პოლარული	პოლარული	პოლარული	ს	ს
არაპოლარული	პოლარული	არაპოლარული	ა/ს	ა/ს
არაპოლარული	პოლარული + სპეციალური ნივთიერებანი	პოლარული	ს+ა/ს	ს

<u>სპეციფიკური ურთიერთქმედება</u> გულისხმობს ურთიერთმოქმედებას სხვადასხვანიშნიანი მუხტების ელექტროსტატიკური მიზიდვის (იონური ურთიერთმოქმედება) და წყალბადოვანი ბმების ხარჯზე, ხოლო არასპეციფიკური ურთიერთმოქმედება – ეს არის ურთიერთმოქმედება ვან დერ ვაალსის ძალების ხარჯზე, დისპერსიული ურთიერთმოქმედება (ჰიდროფობური ურთიერთმოქმედება).