

ელენე ბაგყალიძე

# ტოქსიკური ნივთიარეობები

დამხმარე სახელმძღვანელო

ქუთაისი  
2014



საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

**ელენე ბამყრელია**

**ტოქსიკური  
ნივთიერებები**

დამხმარე სახელმძღვანელო

ქუთაისი

2014

15.9 (075.8)

სოქსიუსი ნივთიერებში  
სოქსიოლოგიის მიმო



ნაშრომში განხილულია ტოქსოკური ქიმიური ნივთიერებების ძირითადი წყაროები, მათი გარემოში მოხვედრის გზები და ბიოაკუმულაციის პრობლემა. განსაკუთრებული ყურადღება აქვს დათმობილი მძიმე მეტალებს, როგორც არაორგანულ ტოქსიკანტებს და ყველაზე გავრცელებულ მომწამლავ აირებს.

დამხმარე სახელმძღვანელო ხელს შეუწყობს ტოქსიკოლოგიური ქიმიის კურსით გათვალისწინებული საკითხების გაღრმავებულ შესწავლას.

განკუთვნილია ქიმიური და ფარმაცევტული ტექნოლოგიების, გარემოს დაცვის ინჟინერიის მიმართულებების ბაკალავრიატის და მაგისტრატურის სტუდენტებისათვის, ასევე აღნიშნული საკითხებით დაინტერესებული პირებისათვის

რედაქტორი: ასოც. პროფ. ა. ჩუბინიძე

რეცენზენტები: პროფ. ც. თურქაძე  
აკად. დოქტორი ი. მამაგვიშვილი

წმ  
108.555

განხილულია საინჟინრო-ტექნოლოგიური ფაკულტეტის მეთოდურ საბჭოზე

ISBN 978-9941-432-20-0

© აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა





ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებები - ეს ისეთი ქიმიური ნაერთებია, რომელთაც გააჩნიათ უნარი ზიანი მიაყენონ ადამიანებს და ცხოველებს საკმაოდ დიდ ფართობებზე, შეაღწიონ სხვადასხვა ნაგებობაში, დააბინძურონ და დააზიანონ ტერიტორია და წყალსაცავები.

ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებები იმყოფებიან თხევად, წვეთოვან ან თხევად-წვეთოვან მდგომარეობაში, აირის (ორთქლის) და აეროზოლის (ნისლის, კვამლის) სახით. მათ შეუძლიათ შეაღწიონ ადამიანის ორგანიზმში და დააზიანონ ის სასუნთქი გზებიდან, საჭმლის მომნელებელი სისტემიდან, კანიდან და თვალებიდან.

გარემოს დაბინძურება ტოქსიკური ქიმიური ნაერთებით თანამედროვეობის ერთ-ერთი გლობალური პრობლემაა, რადგან მათი რიცხვი ყოველწლიურად სულ უფრო იზრდება. საზოგადოების განვითარებას თან სდევს გარემოს დაბინძურება ქიმიური ტოქსიკანტებით.

ადამიანის საქმიანობა განუხრელადაა დაკავშირებული სხვადასხვა ქიმიური ნაერთების წარმოებასა და მათ გამოყენებასთან. გარემოს დაბინძურებამ ტოქსიკური ნაერთებით ბევრად გადააჭარბა ბუნებრივ პროცესებს.

ყოველწლიურად მსოფლიოში მილიონობით და ასეული მილიონობით ტონა ქიმიური ნივთიერება იწარმოება. ეს ნივთიერებები არც თუ ისე იშვიათად ტოქსიკური ბუნებისაა. ისინი გარემოში სხვადასხვა გზით ვრცელდებიან, კოლონალური რაოდენობით კონცენტრირდებიან ბიოსფეროში და მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ მილიონი წლების მანძილზე



გარემოში არსებულ ეკოლოგიურ წონასწორობაზე.

ურბანიზაციის, მრეწველობისა და ტრანსპორტის განვითარების, სოფლის მეურნეობის, ქიმიკატების წარმოების, სამხედრო და სხვა საქმიანობის შედეგები უარყოფითად მოქმედებენ გარემოში მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესებზე და საფრთხეს უქმნიან ცოცხალი ორგანიზმების ჯანმრთელობას.

ტოქსიკური ნივთიერებების გამოვლენა წყლებში ძალზე ძნელია დაბალი კონცენტრაციების გამო. ისინი თანდათანობით გროვდებიან ადამიანის ორგანიზმში და იწვევენ სხვადასხვა დაავადებებს, მათ შორის ონკოლოგიურ სიმსივნეებსაც. ტოქსიკური ნივთიერებების უმრავლესობას წარმოადგენენ მძიმე ლითონები და სინთეზური ორგანული ნაერთები. მძიმე ლითონები და მათი იონები ცოცხალ ორგანიზმში მოხვედრისას ურთიერთქმედებენ იქ არსებულ ფერმენტებთან და აქვეითებენ და თრგუნავენ მის აქტივობას. ხშირად მათი მცირე რაოდენობაც კი საკმარისია ფიზიოლოგიური და ნევროლოგიური აშლილობის გამოსაწვევად. მაგ. ცნობილია, რომ ტყვიით მოწამვლა იწვევს გონებრივ ჩამორჩენას, ხოლო ვერცხლისწყლით მოწამვლა ფსიქიკურ ანომალიებსა და თანდაყოლილ დეფექტებს.

განსაკუთრებით საშიშია ჰალოგენირებული ნახშირწყალბადები, სადაც წყალბადის ერთი ან რამდენიმე ატომი ჩანაცვლებულია ქლორით, ბრომით, იოდით ან ფთორით. ფართოდ გავრცელებულია ქლორირებული ნახშირწყალბადები, მაგ. პოლიქლორვინილი (პლასტმასების წარმოებაში), ქლორშემცველი პესტიციდები, სხვადასხვა ორგანული გამხსნელი (მაგ. ტეტრაქლორფენოლი) და სხვა.

საერთაშორისო შეთანხმებებისა და კონვენციების საფუძ-

ველზე აკრძალულია და რეგლამენტირებულია მრავალი მა-  
ღალი ტოქსიკურობის მქონე ქიმიური ნაერთის წარმოება და  
გამოყენება. აუცილებელია ისეთი სპეციალური ფილტრების,  
კატალიზატორების, გამწმენდი დანადგარების და ნაგებობე-  
ბის, სისტემების დამონტაჟება, რომლებიც საგრძნობლად შე-  
ამცირებენ და მინიმუმამდე დაიყვანენ ტოქსიკური ქიმიური  
ნაერთების გამოყოფას და გამოტყორცნას სამრეწველო აირებ-  
ში, ჩამდინარე წყლებში და საწარმოო ნარჩენებში.

სამწუხაროდ, დიდი რაოდენობით წყალსატევები, მიწის-  
ქვეშა წყლები და მილიონობით ჰექტარი ნიადაგი დაბინძურე-  
ბულია ტოქსიკური ქიმიური ნაერთებით.

XX საუკუნის 50-იანი წლებიდან მეცნიერებისა და ტექნი-  
კის მძლავრმა განვითარებამ განაპირობა გარემოში მრავალი  
მძიმე ლითონისა და მათი ნაერთების დიდი რაოდენობით  
დაგროვება. ყოველწლიურად მათი არსენალი სულ უფრო იზ-  
რდება, ეს კი გარკვეულწილად საფრთხეს უქმნის ადამიანის  
ჯანმრთელობას.

# ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერების წყაროები



ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებები და ნარჩენები წარმოიქმნება ელექტროტექნიკის, აკუმულატორების, ლაქ-საღებავებისა და ფარმაცევტული ნივთიერებების წარმოებაში, ასევე საფეიქრო ნაკეთობების გამოყვანისას, რეზინისა და პლასტმასის, ცელულოზა-ქაღალდის, მანქანათმშეებლობის, პოლიგრაფიულ წარმოებაში, ასევე ლითონით მოპოვებისა და გამდიდრების პროცესში და სხვა.

სამრეწველო წყაროებიდან მიღებული კანცეროგენული ნივთიერებები შეიძლება ოთხ ძირითად კატეგორიად დაიყოს:

1. **ნავთობპროდუქტები.** ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნების ნარჩენებიდან, ავტოგასამართი ფარეხებიდან, ნავთობქიმიური და მეტალურგიული საწარმოებიდან.
2. **ქვანახშირის ნარჩენები (ფისი, კუპრი)** აირგამწმენდი და ნადგარებიდან, ქვანახშირის დაკოქსვისა და ტოლის წარმოებიდან.
3. **არომატული ამინო- და ნიტრონაერთები.** ამინო- და ნიტროჯგუფის შემცველი ნაერთები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება საფეიქრო, რეზინის, პლასტმასისა და ფარმაცევტულ წარმოებაში.
4. **პესტიციდების და სასუქების წარმოების ნარჩენები.**

ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებები მარტო საწარმოო დაწესებულებებში არ წარმოიქმნება. ისინი თითქმის ყველაგანაა: მაღაზიებსა და ჩვენს სახლშიც. ესენია: საღებავები, სინთეზურის სარეცხი საშუალებები, მწერებისაგან თავდაცვის საშუალებები და სხვა.

ქიმიურ ლაბორატორებში ყოველწლიურად ათასობით





როგორც მძიმე მეტალები, ასევე ჰალოგენირებული ნახშირწყალბადები, განსაკუთრებით საშიშია იმის გამო, რომ მათ ახასიათებთ ბიოაკუმულაციის უნარი, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ მცირე, თითქოსდა უვნებელი დოზები, რომელთაც ორგანიზმი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ღებულობს, გროვდება მასში, საბოლოო ჯამში ტოქსიკურ კონცენტრაციას აღწევს და ზიანს აყენებს ორგანიზმს. მძიმე ლითონების, როგორც მარტივი ნივთიერების დაშლა, დარღვევა და გარდაქმნა შეუძლებელია ქიმიური პროცესების მსვლელობისას. ქლორ-შემცველი ნახშირწყალბადები იშლება საკმაოდ მაღალ ტემპერატურაზე, მაგრამ უმრავლეს შემთხვევაში ორგანიზმში არ მოიპოვება მათი გახლეჩის უნარის მქონე ფერმენტები. მეორეც, ეს ნივთიერებები ადვილად შთაინთქმებიან, მაგრამ თუ გამოდიან ორგანიზმიდან, ეს ძალიან ნელა ხდება. ორგანიზმს არ გააჩნია უნარი განთავისუფლდეს მათგან შარდთან ერთად, რადგან მძიმე ლითონები მტკიცედ უკავშირდებიან ცილებს, ხოლო ჰალოგენირებული ნახშირწყალბადები ცხიმებში უკეთ იხსნებიან, ვიდრე წყალში. ასე ხვდებიან ეს ნივთიერებები საკვებთან და სითხესთან ერთად ორგანიზმში, შეკავდებიან და გროვდებიან სხეულში.


ბიოაკუმულაცია კარგად აღინიშნება კვებით ჯაჭვში. ქვედა რგოლში მყოფი ორგანიზმები ტოქსიკურ ქიმიკატებს შთანთქავენ გარემოდან და ააკუმულირებენ მათ თავიანთ ქსოვილებში. იკვებებიან რა ამ ორგანიზმებით, ცხოველები ზედა საფეხურებზე სულ უფრო მეტი რაოდენობით აგროვებენ ტოქსიკურ ნივთიერებებს. საბოლოო ჯამში მოცემული

კვებითი ჯაჭვის მწვერვალზე ქიმიკატის კონცენტრაცია ორგანიზმში 100000-ჯერ უფრო მაღალია გარემოსთან შედარებით. შესაძლოა, ადგილი ჰქონდეს ლეტალურ (სასიკვდილო) შედეგებსაც. კვებითი ჯაჭვის გავლისას ნივთიერების ასეთ დაგროვებას ბიოკონცენტრირებას უწოდებენ.

ბიოაკუმულაცია და ბიოკონცენტრაცია ძნელად შესამჩნევია, ვიდრე იგი საშიშ ზღვარს არ მიაღწევს, მაგრამ ამ დროს უკვე რაიმე ზომების მიღება დაგვიანებულია. მაგალითად, თევზჭერის ადგილები დახურულ იქნა თევზების ორგანიზმებში პოლიქლორირებული ბიფენილებისა და სხვა ქლორ-შემცველი ნახშირწყალბადების აკუმულირების გამო.

1970 წლის დასაწყისში ტრაგიკული შემთხვევა აღინიშნა მინამატში (იაპონია). იგი ვერცხლისწყლით მოწამვლის მაგალითს წარმოადგენს და დაავადება იაპონიის მეთევზეთა პატარა სოფლის მინამატის სახელს ატარებს. მოწამვლის სიმპტომები პირველად კატებში აღინიშნა კრუნჩხვებით, რასაც თან სდევდა დამბლა, მოგვიანებით კომა და სიკვდილი. თავაპირველად ფიქრობდნენ, რომ დაავადებული იყვნენ მხოლოდ კატები და მას ყურადღებას არ აქცევდნენ, მაგრამ როდესაც ანალოგიური სიმპტომები ადამიანებშიც აღინიშნა, ამან შეშფოთება გამოიწვია. შეიმჩნეოდა გონებრივი ჩამორჩენის შემთხვევები, ფსიქიკური აშლილობა, თანდაყოლილი დეფექტები. სპეციალიტების მიერ დადგენილი იქნა მათი გამომწვევი მიზეზიც: მწვავე მოწამვლა ვერცხლისწყლით.

გაირკვა, რომ ქიმიური საწარმო მდინარეში უშვებდა ვერცხლისწყლის შემცველ ნარჩენებს, მდინარის წყლებს კი ეს ნარჩენები ჩაჰქონდა ზღვის ყურეში, სადაც თევზჭერით ირჩენდნენ თავს მინამატის მეთევზეები. დეტრიტთან დალექილ



ვერცხლისწყალს თავდაპირველად ბაქტერიები შთანთქავდნენ, შემდეგ ის კონცენტრირდებოდა კვებითი ჯაჭვში და თევზების გავლით კატებისა და ადამიანის ორგანიზმში ხვდებოდა. პირველ რიგში კატები დაზიანდნენ, რადგან ისინი ძირითადად თევზების ნარჩენებით იკვებებოდნენ. როდესაც სიტუაცია მოექცა კონტროლის ქვეშ, მდგომარეობამ თანდათანობით დაიწყო გამოსწორება. აკრძალულ იქნა ვერცხლისწყლის შემცველი ნარჩენების მდინარეში ჩაშვება. ამ ტრაგედიის შესახებ დღესაც ახსოვთ მინამატის მაცხოვრებლებს. ამაზე ზოგიერთი მათგანის მახინჯი სხეული და გონებრივი ჩამორჩენა მიუთითებს.

## სინერგიზმის ეფექტი

სიტუაციას კიდევ უფრო ართულებს სინერგიზმის ეფექტი. შხამქიმიკატები იშვიათად ხვდება ცალ-ცალკე, ხოლო ორი ან მეტი შხამი ერთად იძლევა ეფექტს, რომელიც მრავალჯერ აღემატება ყოველი მათგანის მოქმედების ჟამს. ამ მოვლენას სინერგიზმს უწოდებენ. საკმაოდ სახიფათო სინერგიზმის ეფექტი იქნა აღმოჩენილი ამ რამდენიმე ხნის წინათ. ზოგიერთი ჰალოგენირებული ნახშირწყალბადი და, შესაძლოა, სხვა ქიმიკატებიც (ერთი ფაქტორი) ასუსტებს ცოცხალი ორგანიზმების იმუნურ სისტემას, რის შედეგადაც ორგანიზმი ძალზე ადვილად ღებულობს ინფარქტს და პარაზიტებს (მეორე ფაქტორი). ვარაუდობენ, რომ სწორედ ეს არის ჩრდილოეთის ზღვაში სელაპების კატასტორფული ამოწყვეტის მიზეზი.

# ზოგი რამ მძიმე მეტალების ტოქსიკურობის შესახებ



ტოქსიკურ ნივთიერებებს შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებენ მძიმე მეტალები და მათი ნაერთები. იმ 35 მეტალს შორის, რომელსაც ადამიანი თავისი სამრეწველო საქმიანობის შედეგად იყენებს, მძიმე მეტალებს მიეკუთვნება: Ag, As, Au, Bi, Ce, Cr, Co, Cu, Fe, Ga, Hg, Mn, Ni, Pb, Pt, Te, Th, Sb, Sn, U, V და Zn. ამ ელემენტების უმეტესობა განსაზღვრული, მცირე რაოდენობით ცოცხალი ორგანიზმის აუცილებელ კომპონენტებს წარმოადგენს, მაგრამ ნებისმიერი მათგანის ჭარბი კონცენტრაცია მწვავე ან ქრონიკულ მოწამვლას იწვევს. მძიმე მეტალების ტოქსიკურობა მცენარეებისა და მიკროორგანიზმებისათვის ზოგადად ზრდა-განვითარების შეფერხებაში გამოიხატება. ცხოველისა და ადამიანის ორგანიზმში მძიმე მეტალი სერიოზულად აზიანებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, ცვლის სისხლის შემადგენლობას, უარყოფით გავლენას ახდენს ღვიძლის, ფილტვების, თირკმლებისა და სხვა ორგანოების ფუნქციებზე. ხანგრძლივი ზემოქმედებისას მძიმე მეტალებს შეუძლიათ გამოიწვიონ მწვავე ფიზიოლოგიური ცვლილებები, ავთვისებიანი სიმსივნე, ალერგია, დისტროფია, ფიზიკური და ნერვოლოგიური დეგენერაციული პროცესები, რომლებიც ალცჰეიმერისა და პარკინსონის დაავადებების მსგავსი სიმპტომებითაც ხასიათდება.

მძიმე მეტალებს მიეკუთვნება მეტალები, რომელთა სიმკვრივე 5გ/სმ<sup>3</sup>-ს აღემატება.

ამ ელემენტების უმრავლესობა განსაზღვრული, მცირე რა-



## მძიმე მეტალები - არაორგანული ტოქსიკანტები

მიუხედავად იმისა, რომ d-მეტალები ფართოდ არის გავრცელებული ბუნებაში (წყალში, ჰაერში, ნიადაგში, სხვადასხვა მადნებში), მათი შემცველობა ადამიანის ორგანიზმში არ აღემატება სხეულის წონის 10%-ს.

ადამიანის ორგანიზმზე ტოქსიკური ზემოქმედების თვალსაზრისით განსაკუთრებულ საფრთხეს წარმოადგენს მეტალებით გარემოს (ბიოტის ჩათვლით) მუდმივი მზარდი ანთროპოგენური დაბინძურება. თანამედროვე პირობებში მეტალების არაორგანული და ორგანული ნაერთები ფართოდ გამოიყენებიან მრეწველობის სხვადასხვა დარგში (მძიმე და ფერადი მეტალურგია, მანქანათმშენებლობა, მსუბუქი მრეწველობა), სოფლის მეურნეობაში (შხამქიმიკატები), მედიცინაში (სამკურნალო საშუალებების სხვადასხვა კომპონენტები და ბიოლოგიურად აქტიური დანამატები).

ამჟამად ადამიანის ორგანიზმში აღმოჩენილია დ.ი.მენდელეევის ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემის 81 ელემენტი (იხ.დანართი 1).

ელემენტები - ორგანოგენები (C,H,O,N,P,S) - ორგანიზმის ქსოვილების ძირითადი კომპონენტებია. ისინი შეადგენენ მასის 97,4%-ს. მათი შემცველობა ორგანიზმში, ისევე როგორც  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  იონების შემცველობა, აღემატება  $10^{-2}\%$  - ესე-



ნი მაკროელემენტებია.

მიკროელემენტების შემცველობა ორგანიზმის სხვადასხვა ორგანოებში და ქსოვილებში მერყეობს  $10^{-5}$  –  $10^{-2}$  %-ის ფარგლებში. თუ ელემენტის შემცველობა ორგანიზმში დაბალია  $10^{-5}$  %-ზე, მას მიაკუთვნებენ ულტრამიკროელემენტებს.

აუცილებელ (ესენციალურ, შეუცვლელ) მიკროელემენტებს მიეკუთვნება მენდელეევის პერიოდული სისტემის შემდეგი d-ელემენტები: სპილენძი (Cu), თუთია (Zn), რკინა (Fe), კობალტი (Co), მოლიბდენი (Mo), მანგანუმი (Mn). ამ ბიოტურ ელემენტებს უწოდებენ სიცოცხლის მეტალებს, ან სასიცოცხლოდ აუცილებელ მიკროელემენტებს.

სიცოცხლისათვის აუცილებელი ელემენტები ორგანიზმში იმყოფებიან მუდმივი კონცენტრაციით (ქიმიური ჰომეოსტაზი), მათი კონცენტრაციის შემცირება ცვლის ელემენტის პროფილს მთლიანობაში და იწვევს მათი უკმარისობის სიმპტომების გაჩენას.

ზოგიერთი მეტალი (მაგ., ვანადიუმი (V), ნიკელი (Ni), ქრომი (Cr) ორგანიზმში იმყოფებიან მიკრო ან ელ მიკრორაოდენობით, მაგრამ მათი ბიოლოგიური როლი საბოლოოდ ჯერ კიდევ დადგენილი არ არის, ამიტომ მათ უწოდებენ „პირობითად აუცილებელი მეტალებს“. მაგ., დადგენილია, რომ Cr(III) როგორც გლუკოზისადმი ტოლერანტობის ფაქტორის კომპონენტი (Cr(III) კოორდინციული ნაერთები ნიკოტინის, იზონიკოტინის მჟავებთან, ნიკოტინამიდთან და ზოგიერთ ამინომჟავებთან) გავლენას ახდენს ნახშირწყლების მეტაბოლიზმზე. თუმცა ქრომისათვის, როგორც სხვა პირობითად აუცილებელი მეტალებისათვის (Ni, V) არ მოხერხდა უკმარისობის სიმპტომების გამოწვევა დიეტის ექსპერიმენტში.

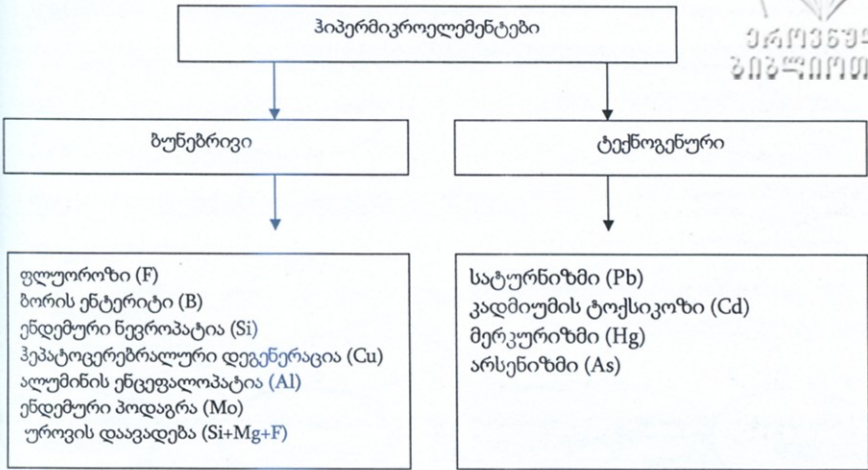


ორგანიზმში მუდმივად არსებული ელემენტები, რომელთა ბიოლოგიური როლი უცნობია, წოდებულია მინარევ ელემენტებად (მინარევებად). მინარევი ელემენტები რაოდენობა ადამიანის ორგანიზმში საკმაოდ მცირეა.

ქიმიური ელემენტების დაყოფა აუცილებელ და მინარევ ელემენტებად პირობითია, რაც იმით აიხსნება, რომ სხვადასხვა ელემენტების არაორგანულ ნაერთებს გააჩნიათ ბიოლოგიური აქტივობის ფართო სპექტრი, სასიცოცხლოდ აუცილებელი ელემენტების როგორც სიჭარბე, ასევე დეფიციტი ზიანს აყენებს ცოცხალ ორგანიზმს. აუცილებელი ელემენტის დეფიციტის შემთხვევაში ზარალდება თვით ცოცხალი ორგანიზმი.

ჯერ კიდევ XX საუკუნის პირველ ნახევარში ვ.ი.ვერნადსკი აღნიშნავდა უჯრედის ცხოველქმედების პროცესებში ესენციალური ელემენტების მონწილეობაზე. ყოველ მომდევნო ათწლეულებში ესენციალური ელემენტების რიცხვი სულ უფრო ფართოვდება იმ ელემენტების ხარჯზე, რომელსაც ადრე ტოქსიკურ ელემენტებად თვლიდნენ. ეს აიხსნება პირველ ყოვლისა ანალიზის მეთოდების სრულყოფით, რომლებიც საშუალებას იძლევა ბიოლოგიურ მასალებში დაბალ ზღვარში ელემენტების აღმოჩენისა.

დადგენილ იქნა, რომ სამრეწველო რეგიონის მაცხოვრებლებში ასაკის მომატებასთან ერთად ადგილი ჰქონდა ზოგიერთი მინარევი ელემენტების რაოდენობის მომატებას, განსაკუთრებით მეტალურგიულ და გალვანური საწარმოების მუშებში. განსაკუთრებით მაღალი იყო მათ ძვლოვან ქსოვილებში კადმიუმის, ბარიუმის და სტრონციუმის და ტყვიის შემცველობა. მაშინ როდესაც ამ ელემენტების დაბალი შემცველობა აღინიშნებოდა იგივე რაიონის სოფლის მაცხოვრებლებს



ნახ.1. ჰიპერმიკროელემენტოზის მაგალითები

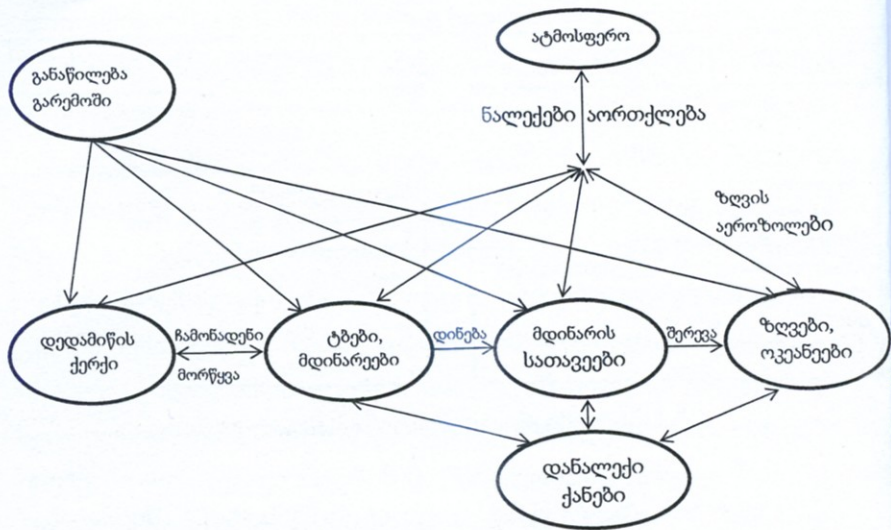
მეტალების დაგროვება ცოცხალ ორგანიზმში შეიძლება გამოწვეული იყოს ბუნებრივი ფაქტორებით ან ტექნოგენური დაბინძურებით (ნახ.3). ამ დროს წარმოიქმნება დაავადებები, რომლებსაც უწოდებენ ჰიპერმიკროელემენტოზებს. ეს დაავადებები გამოწვეულია ორგანიზმში ამა თუ იმ ელემენტის ჭარბი რაოდენობით.

გარემოში მეტალების განაწილება, ძირითადად დაკავშირებულია ბიოგეოქიმიურ ციკლებთან. გამოიყენება მრეწვლობაში და ყოფაცხოვრებაში, იწვევს მათ დაგროვებას წყალში, ჰაერში, ნიადაგში, ცხოველურ ორგანიზმებში, მცენარეებში. წვიმები კი იწვევენ მთის ქანების გამორეცხვას, აღარიბებენ მათ ამა თუ იმ ელემენტებით და გადააქვთ ისინი სხვა რეგიონებში, ზღვებისა და ოკეანის წყლებში.

ბიოლოგიური ციკლის შედეგად ხდება ცალკეული მეტა-



ლების გადანაწილება და დაგროვება ცხოველების და მცენარეების ორგანიზმებში, საიდანაც ისინი ხვდებიან კვებით უჯრედში, შემდეგ კი ადამიანის ორგანიზმში.



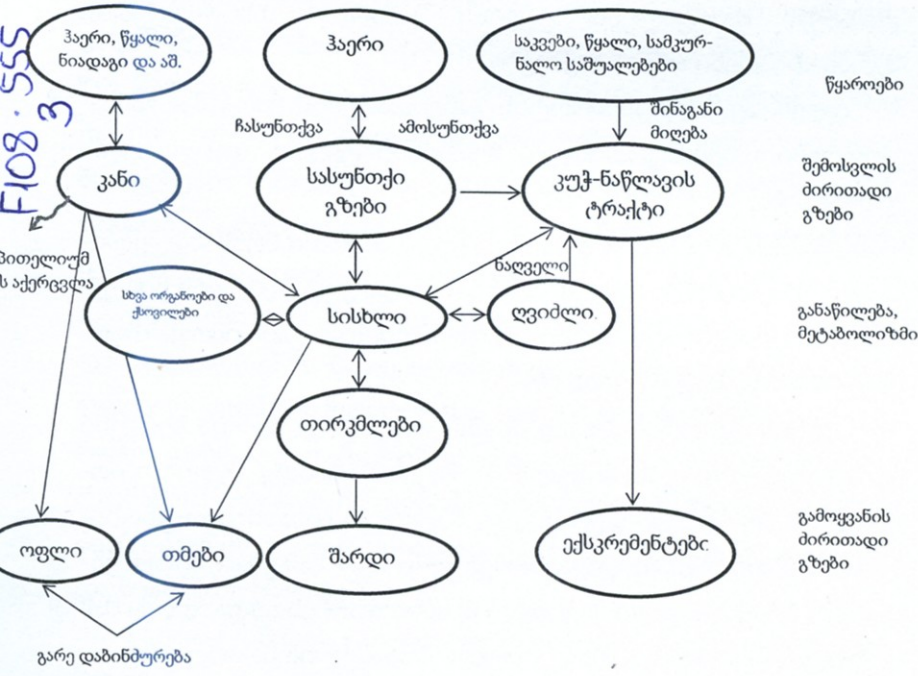
ნახ.2. მეტალების გადანაწილება გარემოში

ცოცხალ ორგანიზმში მოხვედრისას შესაძლებელია მეტალების და მათი ნაერთების შედგენილობის და ფორმის ცვლილება. ისინი შეიძლება ადამიანის ორგანიზმში მოხვდნენ, როგორც აეროზოლების სახით სასუნთქი გზებიდან და კანიდან, ასევე, წყალთან და საკვებთან ერთად საჭმლის მომწელებელ სისტემაში. სისხლში მოხვედრის შემდეგ კი გადადიან და ნაწილდებიან სხვადასხვა ორგანოებში და ქსოვილებში (იხ. ნახ.3).

განსაკუთრებით საყურადღებოა მეტალების და მათი ნაერთების ზემოქმედება ბავშვების და მოზარდების ორგანიზმზე. აქტიური ზრდა და უჯრედების სწრაფი დაყოფა ბავშვის

ორგანიზმში ქმნის ხელსაყრელ პირობებს მეტალების გენო-  
ტოქსიკური ზემოქმედებისათვის.

ალკოჰოლის მიღება და თამბაქოს მოწევა უშუალოდ უარ-  
ყოფით ზეგავლენას ახდენს მეტალების ბიოლოგიურ აქტივო-  
ბაზე. სიგარეტის კვამლი შეიცავს ტოქსიკურ მეტალებს, რომ-  
ლებიც ხვდებიან ადამიანის ფილტვებში, ხოლო ალკოჰოლის  
გადამეტებული მიღება იწვევს ძირითადი საკვები ნივთიერებე-  
ბის და მიკროელემენტების შემცირებას, რაც უარყოფითად აი-  
სახება ადამიანის ჯანმრთელობაზე.



ნახ.3. მეტალური შხამების განაწილება ორგანიზმში  
მოხვედრის შემდეგ

ტყვია უძველესი დროიდან არის ცნობილი. ძველ ეგვიპტეში მას იყენებდნენ ოქროსა და ვერცხლის გამოსადნობად, სასახლეების დასაფარავად, ბროლის წარმოებაში, წყალსადენის მილების დასამზადებლად და სხვა.

ტყვიის ფართო გამოყენებამ და ბუნებაში გავრცელებამ წარმოქმნა ადამიანის ჯანმრთელობაზე მისი ზემოქმედების საშიშროება. ის არღვევს ქალთა რეპროდუქციულ ფუნქციას, აზიანებს თირკმლებს, ტყვიის მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარენი არიან ბავშვები.

დღეს, ავტოტრანსპორტის განვითარების ეპოქაში, განსაკუთრებით შემაშფოთებლია ბენზინში ტყვიის დანამატების გამოყენება.

ლითონური ტყვია და მისი ყველა ნაერთი მომწამვლელია. იგი ორგანიზმში ხვდება სასუნთქი და კუჭნაწლავის სისტემის გზით, იშვიათად კანით. ორგანიზმიდან გამოიყოფა თირკმლებისა და ნაწლავების გზით.

„ტყვია აკარგვინებს ადამიანს გონებას“ – წერდა ბერძენი ექიმი ჯერ კიდევ 2000 წელს ქრისტეს შობამდე. ტყვიით მოწამვლის პრობლემა ჯერ კიდევ ანტიკურ ხანაში იყო ცნობილი. ის ძირითადად დაკავშირებული იყო სამუშაო პირობებთან და პროფესიული მოწამვლის სახით არსებობდა. დღეს მას დაემატა ტყვიით არაპროფესიული მოწამვლის პრობლემაც.

მეტალური ტყვია და მისი ნაერთები (ოქსიდები, ჰოლოგენიდები, კარბონატები, ქრომატი, სულფატი და სხვ.) გამოიყენება: აკუმულატორების, პიეზოელექტრონული ელემენტების, რეზინის, მინის, მინანქრის, ემალის, საგოზავის, სარჩილავის

წარმოებაში; მანქანათმშენებლობაში, პოლიგრაფიაში, საღებავების (ტყვიის თეთრა, სხვადასხვა პიგმენტები) დასამზადებლად; ლაქ-საღებავების მდგრადობის გასაზრდელად და სხვ. მეტალური ტყვია გამოიყენება  $\gamma$ -გამოსხივებისაგან დასაცავად. ტყვიის ორგანული - ტეტრაეთილტყვია ბენზინის ანტიდეტონატორული დანამატია.

ყოველწლიურად მთელს მსოფლიოში რამდენიმე მილიონი ტონა ტყვია და მისი ნაერთები იწარმოება. ტყვიის გარემოში გავრცელებას იწვევს: მეტალის მოპოვება, ტრანსპორტირება და გადამუშავება; წარმოებები (მეტალურგიული, მეტალგადამამუშავებელი, მანქანათმშენებლობის, ქიმიური, ქიმიურ-ფარმაცეპტული, ნავთობ-ქიმიური და სხვ.) , რომლებშიც ტყვიის ნაერთები მაღალტემპერატურული ტექნოლოგიური პროცესების საშუალებით გადამუშავდება; შიგაწვის ძრავების მუშაობა ტეტრაეთილტყვიის შემცველ ბენზინზე; ტყვიის შემცველი დეტალების ცვეთა და სხვ.

დადგენილია, რომ სამხედრო მოქმედებების ადგილებსა და პოლიგონების ნიადაგებში ტყვიის შემცველობა მნიშვნელოვნად აჭარბებს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას. ნასროლი საბრძოლო ტყვიის გულა, რომელიც სპილენძთან და რკინასთან ტყვიის შენადნობს წარმოადგენს, წვიმისა და ტენიანი ჰაერის ზემოქმედებით ადვილად განიცდის კოროზიას და ნიადაგში ხვდება.

ავტომანქანების გამონაბოლქვ აირებში ტყვია ოქსიდების, ქლორიდების, ფტორიდების, ნიტრატების, სულფატების და სხვა სახით გვხვდება გამონაბოლქვში. ეს ნაერთები მყარი ნაწილაკების სახითაა. მათი დაახლოებით 20% უშიალოდ საავტომობილო გზების მახლობლად ილექება. სწორედ ამიტომ

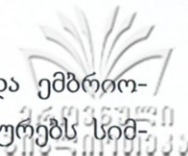
არ არის რეკომენდებული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დათესვა გზატკეცილების პირას.



ტყვია ტოქსიკურია მიკროორგანიზმებისთვისაც. მიკროფლორისათვის ტყვიის ტოქსიკურობია ხარისხი ნიადაგის ტიპზეა დამოკიდებული, მაგ. შავმიწა ნიადაგებში ტყვია ტოქსიკურ თვისებებს გაცილებით ნაკლებად ამჟღავნებს. ტყვიის და მისი ნაერთების მიმართ მაღალმგრძობიარობას ამჟღავნებენ აქტივომიცეტები და აზოტის ფიქსაციის უნარის მქონე ბაქტერიები, ხოლო ცალკეული მიკროსკოპიული სოკოები და ზოგიერთი ბაქტერია მაღალი მდგრადობით გამოირჩევიან. ცხადია, ასეთი მიკროორგანიზმები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ბიონდიკატორებად ნიადაგის ტყვიით დაბინძურების ხარისხის განსაზღვრისათვის.

მცენარეებისათვის ტოქსიკურად ითვლება ნიადაგში ტყვიის ისეთი კონცენტრაცია, რომელიც მოსავლიანობას 10%-ით ამცირებს. მცენარეში ტყვია ადვილად არ შეიღწევა და არ გადაადგილდება, მაგრამ როდესაც ნიადაგში ტყვიის შემცველობა 50მგ/კგ-ს აღწევს, მცენარეებში, განსაკუთრებით კი ბოსტნეულში, მძიმე მეტალის შემცველობა დასაშვებ ზღვარზე უფრო მაღალი ხდება. უნდა აღინიშნოს, რომ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი ტყვიის 90% კვებითი ჯაჭვების საშუალებითაა შეღწეული, ტყვიის შემცველი საკვების 60-70%-ს კი მცენარეული პროდუქტები წარმოადგენენ.

ადამიანისათვის ტყვია ზომიერად ტოქსიკურია. მის მიერ გამოწვეული ქრონიკული მოწამვლა - „სატურნიზმი“ - მრავალგვარი კლინიკური გამოვლინებით ხასიათდება. ამ დროს ტვინი, სისხლძარღვები, იცვლება სისხლის შემადგენლობა, ითრგუნება ცილის სინთეზი. ტყვია მოქმედებს უჯრედის გე-



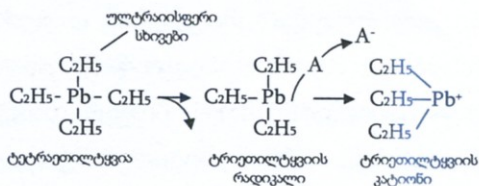
ნეტიკურ აპარატზეც, რაც გონადოტოქსიკური და ემბრიო-  
ტოქსიკური ეფექტებით ვლინდება. ტყვია ააქტიურებს სიმ-  
სივნურ პროცესებს.

საინტერესოა, რომ ერთ-ერთი ისტორიული ვერსიით თა-  
ნახმად, ტყვია ის მეტალია, რომელმაც რომის იმპერია იმ-  
სხვერპლა. ცხადია, აქ საუბარია არა ცეცხლსასროლ იარაღზე,  
არამედ ტყვიისაგან დამზადებულ ჭურჭელზე, რომელიც  
ძველ რომში ძალიან პოპულარული იყო. ვარაუდობენ, რომ  
ტყვიის ჭურჭლის რეგულარულმა გამოყენებამ დააუძლურა  
რომაელების ორგანიზმი და მათ სათანადო წინააღმდეგობა  
ვეღარ გაუწიეს ცივილიზაციისაგან შორს მდგარ დამპყრობ-  
ლებს. ასევე აღსანიშნავია, რომ ამ მძიმე მეტალმა შეარყია რუ-  
სეთის სამეფო გვარის ჯანმრთელობაც. ცნობილია, რომ მოს-  
კოვის კრემლში წყალგაყვანილობის სისტემაში ტყვიის მი-  
ლებს იყენებდნენ, რის გამოც ხელმწიფის ოჯახის წევრები თა-  
ობიდან იწამლებოდნენ ტყვიის ნაერთებით.

ტყვიის არაორგანული ნაერთებიდან განსაკუთრებით  
ტოქსიკურია ტყვიის თეთრა, ტყვიის (II) სულფატი და ტყვიის  
(II) ოქსიდი. კიდევ უფრო ტოქსიკურია ტყვიის ის ნაერთები,  
რომლებიც ტოქსიკურ ანიონს (არსენატს, ქრომატს, აზიდს) შე-  
იცავენ. საერთოდ, ტყვიის ნაერთებს შორის ტოქსიკურობაში  
სხვაობა განპირობებულია ამ ნაერთების განსხვავებული ხსნა-  
დობით კუჭის წვენიში, ნაწლავებში, სისხლსა და ციტოპლაზ-  
მაში. ტყვიის მცირეს და ძნელად ხსნადი ნაერთები შეიძლება  
ისე გარდაიქმნან ნაწლავებში, რომ მნიშვნელოვნად გაიზარ-  
დოს როგორც ხსნადობა, ასევე ნაწლავების მიერ მათი შეწოვის  
უნარი.

ტყვიის ორგანული ნაერთებიდან აღსანიშნავია ტეტრაე-

თილტყვია, ბენზინის დანამატი, რომელიც ანტიდეტონატორია და ბენზინის ოქტანური რიცხვის გასაზრდელად გამოიყენება. ეს ნაერთი უშუალოდ არ მოქმედებს ორგანიზმზე. აქროლადი ბუნების მქონე ტეტრაეთილტყვია ადვილად ვრცელდება ჰაერში და ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით ტრიეთილტყვიის რადიკალს წარმოქმნის. ამ რადიკალის ურთიერთქმედებით აქცეპტორული ბუნების ნაერთთან (A) ტრიეთილტყვიის კატიონი მიიღება.



წარმოქმნილი ტრიეთილტყვიის კატიონი ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_3^+$ ) იონური მუხრის მეშვეობით ჰიდროფილურ თვისებებს ავლენს, ხოლო ეთილის ჯგუფები ნაერთისათვის ლიპოფილურ „კუდს“ წარმოადგენს. ამგვარი აღნაგობის გამო ტრიეთილტყვიის კატიონი ადვილად ახერხებს მემბრანული ბარიერის გავლას და უჯრედში შესვლას. ეს კატიონი უკავშირდება ცილებისა და პეპტიდების გოგირდის ატომებს, რაც ბიოპოლიმერების სტრუქტურულ და ფუნქციურ ცვლილებებს იწვევს.

სწორედ ასეთი მაღალი ტოქსიკურობის გამო ეთილირებული ბენზინის გამოყენება მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, მათ შორის საქართველოშიც, აკრძალული ან შეზღუდულია.

### ტყვიის ექსპოზიციის წყაროები

ტყვია (Pb) მიეკუთვნება მძიმე მეტალთა ჯგუფს. იგი არის რბილი, პლასტიკური, მოცისფრო-რუხი ფერის ლითონი, ადვილად ლღვება და იჭედება.



ტყვიის ექსპოზიციის ძირითადი წყაროებია:

- ტყვიაშემცველ ბენზინზე მომუშავე ავტომანქანების გამოწვევით;
- არაადექვატურად კონტროლირებადი საწარმოო ემისიები (ტყვიის ღღობა და აკუმულატორების წარმოება);
- ტყვიაშემცველი საღებავები;
- ტყვიით მოჭიქურებული კერამიკული ჭურჭელი;
- წყალსადენის მილები;
- კოსმეტიკა და ხალხური წამლები;
- საკვების შესანახი ტყვიით მოთუნგული ჭურჭელი.

მსოფლიოში ტყვიის ძირითადი მწარმოებლებია: აშშ, კანადა, პერუ, ავსტრალია, მექსიკა და რუსეთი.

ტყვიის მაღალ ზემოქმედებას განიცდიან მასთან მომუშავე პირები.

„ტყვიასაშიშ“ პროფესიებს მიეკუთვნება: ტყვიის მდნობელები, აკუმულატორის წარმოების მუშები, კაზმის შემდგენელები ბროლის წარმოებაში, ასოთამწყობი მუშები პოლიგრაფიულ წარმოებაში, ასევე ბენზინის გამყიდველები, ავტომანქანების გასამართი სადგურების მოხელეები, ავტომექანიკოსები, ავტონსპექტორები და სხვა (არაპირდაპირი მოხმარებით).

შესაძლებელია ტყვიით საყოფაცხოვრებო ინტოქსიკაციის განვითარება იმ პირებშიც, რომლებიც ლითონური ნაწარმის თევგით და საფანტით დამზადებით არიან დაკავებული.

გარემოში (როგორც სამუშაო, ისე გარე გარემოში) მოხვედრილი ტყვია ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედებს აეროზოლის სახით; იგი წარმოადგენს ჰაერში შეწონილი ტყვიის ოქსიდის ნაწილაკებს, რომლებიც მიიღება ტყვიისა და მისი სხვა ნაერთების ორთქლის კონდენსაციითა და დაჟანგვით.



ტყვიით გარემოს დაბინძურების მაღალი დონე აღინიშნება იქ, სადაც საწარმოო ნარჩენების გადასამუშავებელ ოპერაციებზე კონტროლი არ ხდება. არასწორად განთავსებულმა ტყვიაშემცველმა ნარჩენებმა შეიძლება გამოიწვიოს წყლისა და ნიადაგის გაბინძურება და მოწამლოს მიმდებარე რაიონის მოსახლეობა.

## კ ა დ მ ი უ მ ი

კადმიუმი ერთ-ერთი მაღალტოქსიკური მძიმე მეტალია. იგი გამოირჩევა ძალიან მაღალი ძვრადობით და ადვილად აღწევს ორგანიზმში. მეტალურ კადმიუმს იყენებენ ნიკელ-კადმიუმიანი აკუმულატორების, ავტომობილების რადიატორების, ატომური რეაქტორების მარეგულირებელი ღეროების, სარჩილავებისა და სხვადასხვა შენადნობების დასამზადებლად. კადმიუმორგანული ნაერთები შედის ფოსფორიანი სასუქების, პესტიციდების, დიზელის საწვავის დანამატების შემადგენლობაში.

კადმიუმის ნაერთები პოლიმერული მასალების კარგი სტაბილიზატორებია. ამ მიზნით მათ ხშირად იყენებენ პოლივინილქორიდისაგან პლასტმასების, ლინოლეუმის, დერმატინის და სხვა ნაკეთობების დამზადებისას. კადმიუმის ბევრი არაორგანული ნაერთი თერმომედეგი პიგმენტია (მაგ., კადმიუმის სულფიდი -  $CdS$  - ყვითელი, სელენიდი -  $CdSe$  - წითელი, ოქსიდი და კარბონატი -  $CdO$  და  $CdO_3$  - თეთრი) და გამოიყენება რეზინის ნაკეთობებისა და ტყავის შესადებად, ფერადი მინის, ემალისა და მინაქრის დასამზადებლად, ლაქე-



ბისა და პოლიგრაფიული საღებავების წარმოებაში და ა.შ. კადმიუმის ტოქსიკურობის გამო გასული საუკუნის 80-იან წლებში საბჭოთა კავშირში სასტიკად აიკრძალა საბავშვო სათამაშოების შესაღებად კადმიუმის შემცველი საღებავების გამოყენება.

გარემოში კადმიუმის ემისიის ძირითადი ანთროპოგენური წყაროებია: თუჯის, ფოლადისა და სხვა შენადნობების წარმოება, საწვავი წიაღისეულისა და ნაგვის წვა, დიზელის საწვავით მომუშავე ტრანსპორტის გამონაბოლქვი, თამბაქოს კვამლი, კადმიუმის ნაერთებით მოსარგებლე საწარმოების ჩამდინარე წყლები, კადმიუმის გამორეცხვა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ნიადაგებიდან, სადაც გამოიყენებოდა კადმიუმ-შემცველი სასუქები და ა.შ.

ატმოსფეროში მოხვედრის შემდეგ კადმიუმის ნაერთები ძირითადად მტვრის მიკრონაწილაკებს უერთდება და მათთან ერთად აღწევს ადამიანის და ცხოველის ორგანიზმში ან მცენარეში. კადმიუმიანი მტვერი მშრალი ან სველი დალექვისას მცენარეში ფოთლების კუტიკულიში შედის, ან ფესვებიდან შეიწოვება ხსნარის სახით. მცენარეში კადმიუმის მაღალი კონცენტრაცია იწვევს ნორმალური ზრდის დათრგუნვას, მაგ., კადმიუმის გავლენით პარკოსნებისა და სტაფილოს მოსავლიანობა 50%-ით მცირდება. ბაზიდიალური სოკოების ბევრ წარმოადგენელს კადმიუმის დიდი რაოდენობით დაგროვება შეუძლია.

დადგენილია, რომ კადმიუმი აუცილებელია ადამიანის ორგანიზმისათვის. იგი მონაწილეობს ინსულინის სინთეზში, არეგულირებს შაქრის რაოდენობას სისხლში.

კადმიუმი ძირითადადა თირკმლებში გროვდება. თუმცა



თანამედროვე ადამიანის თირკმლებში იგი 45-ჯერ მეტია, ვიდრე წინა საუკუნის ადამიანის თირკმლებში იყო.

ადამიანის ორგანიზმში კადმიუმი უპირატესად კვებითი ჯაჭვებით ხვდება. კადმიუმი ამცირებს ტრიპსინისა და პეპსინის - საჭმის მომწელებელი ტრაქტის უმნიშვნელოვანესი ფერმენტების აქტივობას. კადმიუმის ძირითადი ტოქსიკურობა იმაში გამოიხატება, რომ კალციუმის ანტაგონისტია - ორგანიზმში კადმიუმის ჭარბი რაოდენობით დაგროვება კალციუმის დეფიციტს იწვევს. კადმიუმი განსაკუთრებით ტოქსიკურია ახალგაზრდა, მზარდი ორგანიზმისათვის, რომელსაც დიდი მოთხოვნილება აქვს კალციუმზე. ბავშვებსა და მოზარდებში კადმიუმი გროვდება ძვლოვან ქსოვილში, შესაბამისად მცირდება ძვლებში კალციუმის შემცველობა და ამის შედეგად ვითარდება დაავადება „იტაი-იტაი“, რომელიც ძვლების დარბილებით და გამრუდებით გამოიხატება.

თირკმლებში, ღვიძლსა და შარდის ბუშტში კადმიუმი პეპტიდებს უკავშირდება და წარმოქმნის მეტალოთიონინებს, რომლებიც სხვადასხვა ორგანოებსა და ქსოვილებს შორის კადმიუმის ცვლაში მონაწილეობს. ყველაზე მრძნობიარე კადმიუმის მიმართ თირკმლებია, ამ ორგანოებში კადმიუმი თუთიის ანტაგონისტურ თვისებებს ამჟღავნებს, აინჰიბირებს თუთიის შემცველ ფერმენტებს, რითაც არღვევს თირკმლების ნორმალურ ფუნქციონირებას და იწყება დაავადება პროტეინურია - შარდში ცილის გამოყოფა. ღვიძლში კადმიუმის დამაზიანებელი მოქმედება გამოწვეულია სულფჰიდრილური ჯგუფების შემცველი ფერმენტების ინჰიბირებით.

ზოგიერთ ორგანიზმს, მაგ., წვიმის ჭიებს, კადმიუმის სწრაფი დაგროვების უნარი აქვთ, რის გამოც ისინი ხშირად

ნიადაგში კადმიუმის ბიოინდიკაციისათვის გამოიყენება.

კადმიუმის ზოგიერთი ნაერთი სხვადასხვა სამკურნალო მალამოების შემადგენლობაში შედის. კადმიუმის ნაერთები ტოქსიკურია. მოქმედებს სასუნთქ გზებზე, კუჭნაწლავის ტრაქტზე, შეწოვის შემდეგ კი უარყოფით გავლენას ახდენს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, იწვევს ღვიძლისა და თირკმლების დაზიანებას და სხვა.

ადამიანისათვის სასიკვდილო დოზაა 1 წუთში ჰაერიდან კადმიუმის ოქსიდის 2500 მგ/მ<sup>3</sup> კონცენტრაციით ჩასუნთქვა, 0,5 გ კადმიუმის მოხვედრა ორგანიზმში იწვევს მოწამვლას, 0,9გ - სიკვდილს.

კადმიუმითა და მისი ნაერთებით მოწამვლისას პირველი დახმარებაა: სუფთა ჰაერი, რძის მიღება სასმელი სოდით და ასევე ინჰალაციები სასმელი სოდის 2%-იანი ხსნარით. შხამაწინააღმდეგოდ ითვლება ათქვეფილი კვერცხის ცილის მიღება. იაპონიაში ბრინჯის პლანტაციებში კადმიუმის შემცველი პესტიციდების (კერძოდ, ფუნგიციდების) ჭარბად გამოყენების შედეგად წარმოიშვა ადრე უცნობი დაავადება, რომელსაც იაპონელებმა „იტაი-იტაი“ (წამებას ნიშნავს) უწოდეს. ამ დაავადების შედეგად ძვალი საოცრად მყიფე ხდება და ადვილად ტყდება. ასევე ეს დაავადება იაპონიაში იმ საწარმო მუშებშიც გავრცელდა, რომლებიც ლითონურ კადმიუმს ღებულობდნენ. საკმარისი იყო დახველება ან ცხვირის დაცემინება, რომ დაავადებულს ნეკნები ჩამსხვრეოდა. ზედმეტი დატვირთვისას კი - ხერხემალი ან კიდურები. დადგენილი იქნა, რომ კადმიუმში ილექებოდა ძვლების ზედაპირზე და იწვევდა მათ დაშლას.

აშშ-ის ჯანმრთელობის დაცვის სამსახურის თანამშრომლებმა შეისწავლეს ატმოსფეროში კადმიუმის შემცველობასა

და გულსისხლძარღვთა დაავადებით გამოწვეულ სიკვდილიანობას შორის დამოკიდებულება ამერიკის 28 ქალაქის მაგალითზე. კადმიუმის ძლიერ მაღალი შემცველობით გამოირჩევა ქალაქები: ნიუ-იორკი, ჩიკაგო, ფილადელფია, რომელთა მაცხოვრებლებიც ადრე იღუპებიან გულის დაავადებით ატმოსფეროში კადმიუმის შედარებით მაღალი შემცველობის გამო.

გარემოში კადმიუმის ჭარბი შემცველობა იწვევს ონკოლოგიურ სიმსივნეებს, ნერვული სისტემის აშლილობას, სისხლის წნევის მომატებას და სხვა.

კადმიუმს ნიადაგიდან ხარბად იზიდავს თამბაქო. სიგარეტის მოწვევის შემდეგ ორგანიზმში ნიკოტინთან და სამასამდე სხვა ნივთიერებასთან ერთად კადმიუმიც გროვდება. მისი ნაწილი რჩება მწვევლის ფილტვებში, ნაწილი კი გაიფანტება კვამლთან ერთად და ფერფლთან ერთად და ხვდება არამწვევლის ფილტვებში. თითოეული სიგარეტი შეიცავს 1,2-2,5 მკგ კადმიუმს. ასე რომ, სიგარეტის მოწვევა არც თუ ისე უსაფრთხოა.

## ვერცხლისწყალი

ვერცხლისწყალი უძველესი, მუდამ ახალგაზრდა, დაუბერებელი ლითონია. უძველესი დროიდან დღემდე უდიდეს გამოყენებას პოულობდა და პოულობს. ვერცხლისწყლის მცირე დოზა აუცილებელია ორგანიზმისათვის, რადგანაც იგი შედის დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავას შემადგენლობაში და მონაწილეობს მემკვიდრული ინფორმაციის გადაცემაში.

ვერცხლისწყლის შემცველ მაღამოებს იყენებენ სახსრების

ტკივილის დროს, კეთრის სამკურნალოდ. სულემა ( $HgCl_2$ ) -  
ძლიერი ანტისეპტიკია. მას იყენებენ კანისა და სამედიცინო  
ინსტრუმენტების გასაუვნებლად. ასევე კანის დაავადებათა  
სამკურნალოდ. ვერცხლისწყალი აუცილებელია სამედიცინო  
თერმომეტრების დასამზადებლად.

ამასთანავე, ვერცხლისწყალი და მისი პრეპარატები ვერა-  
გი, შხამიანი და მომწამვლელი ნივთიერებებია, რომლებიც  
მოქმედებს ორგანიზმზე ქიმიურად, ფიზიკურ-ქიმიურად და  
იწვევს ჯანმრთელობის მოშლას, მოწამვლას ან სიკვდილს. მი-  
სი 0,1 გ სასიკვდილოა. ვერცხლისწყალი სწრაფად ორთქლდე-  
ბა. სიცხეში მისი ორთქლი ჰაერში ტრიალებს და გვწამლავს.  
ვერცხლისწყალი გარემოს სხვა დამაბინძურებლებს შორის  
ყველაზე ტოქსიკური ნივთიერებაა.

ვერცხლისწყლით მოიწამლა ფიზიკოსი ფარადეი, რომელ-  
მაც სიცოცხლე ფსიქიატრიულ საავადმყოფოში დაასრულა.  
ძლიერ დაავადდნენ მეცნიერები ლომონოსოვი და აინშტაინი.  
მათ ხშირად უბდებოდათ მუშაობის დროს ვერცხლისწყლის  
გამოყენება. ვერცხლისწყლით მოწამვლის სიმპტომებია: აგ-  
ზნება, თავის სიმძიმე და ტკივილები, გულისრევა, თავბრუს-  
ხვევა, სისუსტე, დადლილობის გრძნობა, ხელების კანკალი,  
ძლიერი ოფლიანობა, კომა, აგრესიულობა, ჰალუცინაციები,  
შიში. 1953 წელს იაპონიის ქ.მინამატში იფეთქა დაავადებამ,  
რომელიც „მინამატის დაავადების“ სახელწოდებით არის ცნო-  
ბილი, ეს დაავადება, სწორედ, ვერცხლისწყალთან არის და-  
კავშირებული.

როდესაც შვეციაში ხორბლის დამუშავება ობის სოკოები-  
საგან დაცვის მიზნით კალომელის ( $Hg_2Cl_2$ ) ხსნარით დაიწყეს,  
ამან გამოიწვია ფრინველებისა და ცხოველების მასიური გა-

ნადგურება, მათ ღვიძლსა და თირკმლებში ვერცხლისწყალი იყო აღმოჩენილი.

ვერცხლისწყლით ქრონიკული მოწამვლა იწვევს სხვადასხვა ორგანოებისა და ქსოვილების, საჭმლის მომნელებელი სისტემის დაზიანებას, ტკივილებს გულის არეში, მაღალ ტემპერატურას, წნევის დადაბლებას, ღრძილებიდან სიხლდენასა და მათ დაშლას, უძილობას, ავადდება ღვიძლი და თირკმლები, ვითარდება სევდიანი წინათგრძნობა, ფსიქოზი, ხდება მეხსიერების დაქვეითება.

სინგური, რომლის სახითაც ვერცხლისწყალი ბუნებაში გვხვდება, ძალიან დაბალი ხსნადობის გამო, შედარებით უვნებელია და გავრცელების დაბალი უნარით გამოირჩევა, მაგრამ ზოგიერთი ბუნებრივი პროცესის (ვერცხლისწყლის შემცველი ქანების გამოფიტვა და ეროზია, ვულკანების აქტიურობა) და განსაკუთრებით, ადამიანის მიერ ამ ელემენტის გამოყენების გამო, სადღეისოდ მსოფლიო ოკეანეში 50 მილიონ ტონამდე ვერცხლისწყალია დაგროვილი. ვერცხლისწყლის გავრცელების ანთროპოგენურ წყაროებს მიეკუთვნება: ქლორის ელექტროქიმიური წარმოება, ვერცხლისწყლის შემცველი პერსტიციდების, ფარმაცევტული პრეპარატების, გემების საღებავების, ორგანული სინთეზის კატალიზატორების, ხელსაწყოების და ა.შ. დამზადება და გამოყენება.

ვერცხლისწყალი უპირატესად წყლის დაბინძურებას იწვევს. ბუნებრივ პირობებში ვერცხლისწყლის ნაერთები, ძირითადად, მდინარეების დანალექებზე ადსორბირდება, საიდანაც შემდგომში ნელ-ნელა თავისუფლდება და წყალში იხსნება. ამგვარად, ასეთი დანალექები ვერცხლისწყლით დაბინძურების მუდმივი წყარო ხდება. თავდაპირველად ეს მძიმე მე-

ტალი წყალში  $Hg^{2+}$ -ის სახით გადადის, ხოლო შემდეგ ანაერობული მიკროორგანიზმების მოქმედების სწრაფად ურთიერებებში თქმედებს ორგანულ ნივთიერებებთან და ძალზე ტოქსიკურ ნაერთებს – მეთილვერცხლისწყლის კატიონს ( $CH_3— Hg^+$ ) და დიმეთილვერცხლისწყალს ( $CH_3— Hg— CH_3$ ) წარმოქმნის. წყალში კარგი ხსნადობის გამო მეთილვერცხლისწყლის კატიონი ადვილად აღწევს ჰიდრობიონიტებში (პლანქტონში, წყალმცენარეებში, მოლუსკებში, თევზებში და სხვ.), საიდანაც კვებით ჯაჭვში ერთვება, მეთილვერცხლისწყალი განსაკუთრებით საშიშია ადამიანისა და ცხოველებისათვის, რადგან იგი სწრაფად ხვდება სისხლში, გადადის ტვინის ქსოვილში, აზიანებს ნათხემსა და თავის ტვინის ქერქს, რაც კლინიკურად გამოიხატება გაშეშებით, ორიენტაციის დაკარგვით, მხედველობის გაუარესებით და სხვა სიმპტომებით. ვერცხლისწყლის ნაერთები უკავშირდებიან სულფჰიდრირულ და ფოსფატურ ჯგუფებს, რის გამოც იწვევენ უჯრედული მეტაბოლიზმის ზოგიერთი საკვანძო ფერმენტის, მაგ., სუნთქვის პროცესში მონაწილე ციტოქრომოქსიდაზის ინჰიბირებას. გარდა ამისა, ორგანულ ნაერთებში შემავალი ვერცხლისწყალი აზიანებს უჯრედულ მემბრანებს, ცვლის მათ განვლადობას. ვერცხლისწყლით მოწამვლას ხშირად ლეტალური დასასრული აქვს.

ვერცხლისწყლით ინტოქსიკაცია გამოკვლევების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ ვერცხლისწყალს დიდი რაოდენობით შეიცავდა ივანე მრისხანეს ჩონჩხი. მეფე დიდი რაოდენობით და ხშირად ხმარობდა ვერცხლისწყლის მალამოებს სახსრების ტკივილის დასაყურებლად. არსებობს ვერსია, რომ, სწორედ, ვერცხლისწყალი იყო მიზეზი მისი სიბრაზის, სიავის, სიგიჟის მსგავსი მრისხანებისა, შეტევისა, რომლის დროსაც მან საკუ-





თარი შვილი მოკლა.

ვერცხლისწყალი სწრაფად ორთქლდება. მისი ორთქლი უხილავი წვეთების სახით კონდენსირდება ოთახის კედლებსა და სხვა ზედაპირზე. ვერცხლისწყლის უწვრილესი ნაწილაკები გროვდება ლინოლიუმის, ავეჯის ქვეშ, იატაკის ხვრელებში, საიდანაც ინტენსიურად ორთქლდება და წამლავს ირგვლივ მყოფთ. ქალები ფერუმარულის დასამზადებლად დამწვარ ვერცხლისწყალს იყენებდნენ.

*ვერცხლისწყალით მოწამვლისას:* უპირველეს ყოვლისა, უნდა გამოვიწვიოთ პირლებინება, აუცილებელია კუჭის ამორეცხვა სუფრის მარილის წყალხსნარით, თვალებისა და პირის მობანა სასმელი სოდის ხსნარით. მოწამლულს უნდა მიეცეს კვერცხის ცილა და რძე. დაღვრილი ვერცხლისწყალი დაუყოვნებლივ უნდა შეგროვდეს გოგირდის ფხვნილის მობნევით.

ვერცხლისწყალი და მისი ნაერთების ტოქსიკურობა მოითხოვს უსაფრთხოების წესების მკაცრად დაცვას. მათთან მუშაობისას უნდა მოწმდებოდეს აპარატების ჰერმეტიულობა. წარმოებაში მისი ზღვრულად დასაშვები ნორმაა 0,01 მგ/მ<sup>3</sup>, საცხოვრებელ ადგილებში - 0,0003მგ/მ<sup>3</sup>.

### დ ა რ ი შ ხ ა ნ ი

სწორედ, ამ ელემენტშია შერწყმული სრულიად საწინააღმდეგო და ერთმანეთთან შეუთავსებელი თვისებები. ის ერთდროულად შხამიცაა, როგორც ვერაგი და საშიში, და მკურნალიც, როგორც შეუცვლელი ნივთიერებების სასარგებლო

კომპონენტი. დარიშხანს შეიცავს სისხლი, ქსოვილები, ორგანოები, ღვიძლი, თმა, ფრჩხილები, კანი, თირკმლები, ორგანიზმში იგი მონაწილეობს ნუკლეინის მჟავების ცვლაში, ჰემოგლობინის სინთეზის პროცესში. დარიშხანის ნაერთების მცირე რაოდენობის მიღება აძლიერებს სისხლმზადი ორგანოების მუშაობას. დარიშხანის ორგანული ნაერთები უფრო ნაკლებ შხამიანია, ვიდრე არაორგანული.

ჯერ კიდევ პარაცელსი (1493-1541წწ.) იყენებდა დარიშხანს სამკურნალო მიზნით. მისი მცირე დოზები გამოიყენება ნერვული აშლილობის, სისხლნაკლებობის დროს. კუჭნაწლავის ზოგიერთი დაავადების დროს უნიშნავენ დარიშხანის შემცველ მინერალურ წყლებს - ვარძიას, ავადხარას, ტურსშუს, ჯერმუკსა და სხვას. მათში დარიშხანის შემცველობა შეადგენს 0,7-1,5მგ/ლ-ს.

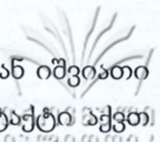
დარიშხანი შედის სამკურნალო ბალზამ „მუმის“ შემადგენლობაში. ის ნაღვენთი სახით მოიპოვება მაღალი მთების ნაპრალებსა და გამოქვაბულებში. დარიშხანს იყენებენ სტომატოლოგიაში - ნერვის მოსაკლავად, ასევე ვენეროლოგიაში - ათაშანგის სამკურნალოდ, კანის სხვადასხვა დაავადების დროს მალამოების დასამზადებლად. სელენის ტოქსიკოზის საწინააღმდეგოდ იყენებენ დარიშხანს (ერთი შხამი თრგუნავს მეორეს - ანტაგონიზმი).

ბაქტერიები, მცენარეები, მწერები, ხერხემლიანი ცხოველები, ადამიანები იწამლებიან და ილუპებიან დარიშხანისა და მისი ნაერთების მოქმედებით. ეს ნივთიერებები არღვევენ სისხლის მიმოქცევას. ისინი უკავშირდებიან ჰემოგლობინის რკინას, წარმოქმნიან რკინის არსენიდს და გამოჰყავთ წყობიდან ჰემოგლობინი.

დარიშხანი ყველაზე ტოქსიკურია იმ ელემენტებს შორის, რომლებსაც ადამიანი თავისი მოღვაწეობის სხვადასხვა სფეროში იყენებს. დარიშხანის ყველა ნაერთი მაღალტოქსიკურია. გაცხელებისას ისინი იშლებიან და მეტალური დარიშხანის მომწამლავ ორთქლს გამოყოფენ.

დარიშხანი შედის სპილენძის, ტყვიის, ნიკელის, კობალტისა და ზოგიერთი სხვა მეტალის შემცველი მადნების შედგენილობაში. გარემოში დარიშხანის მოხვედრა სხვადასხვა გზითაა შესაძლებელი. ესენია: დარიშხანის მოპოვება-გადამუშავების სამთამადნო სამუშაოები, სპილენძის, ტყვიისა და თუთიის გამოდნობა, ქვანახშირის წვა და ა.შ. გარდა ამისა, დარიშხანის ოქსიდები, არსენიტები და არსენატები შედიან ინსექტიციდების, დესიკანტებისა და ჰერბიციდების შემადგენლობაში. ისინი ფართოდ გამოიყენება მერქნის დამუშავებისას (2000 წლის მონაცემებით აშშ-ში ამ მიზნით გამოიყენეს მთელი მოხმარებული დარიშხანის 88%), სხვადასხვა სახის მინის, ანტიკოროზიული შენადნობების, სარჩილავეების, საბრძოლო მასალების, აკუმულატორების დასამზადებლად. მაღალი სისუფთავის დარიშხანი აუცილებელი კომპონენტია მზის ბატარეებში, შუქდიოდებში, ლაზერებში, ინტეგრალურ სქემებში, ნახევრადგამტარებში და ა.შ. გასული საუკუნის 70-იან წლებამდე დარიშხანის არაორგანული ნაერთები გამოიყენებოდა მედიცინაშიც, კერძოდ, ამ ელემენტს შეიცავდა ლეიკემიის, ფსორიაზის და ასთმის სამკურნალო პრეპარატები.

ატმოსფეროში სხვადასხვა გზით მოხვედრილი დარიშხანის ნაერთები ილექება მიწისა და წყლის ზედაპირზე, სორბირდება მცენარეებზე, აღწევს მათში და ამ გზით ხვდება კვებით ჯაჭვში.



დარიშხანით მოწამვლა, ანუ არსენიზმი, ძალიან იშვიათი დაავადებაა. ადამიანები, რომლებსაც ხშირი კონტაქტი აქვთ დარიშხანის ორთქლთან ან მტვერთან, უფრო ხშირად ქრონიკული მოწამვლის შედეგად იღუპებიან. დარიშხანის არალეტალური დოზა იწვევს ერითროციტების ჰემოლიზს, კანის, ცენტრალური ნერვული სისტემის და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის გაღიზიანებას.

დარიშხანი და მისი ნაერთები ძლიერი კანცეროგენებია. ისინი იწვევენ კანის, ღვიძლის, ნაწლავების, შარდის ბუშტისა და ფილტვების სიმსივნეს. განსაკუთრებით ხშირია კანის კიბოთი იმ ადამიანების დაავადება, რომლებსაც უშუალო კონტაქტი აქვთ დარიშხანის შემცველ ნაერთებთან. მაგ., უნგრეთში გასული საუკუნის შუა პერიოდში ვაზის მავნებლის - ფილოქსერას წინააღმდეგ დაიწყო დარიშხან-შემცველი ინსექტიციდების გამოყენება, რის შემდეგაც გახშირდა ე.წ. „მევენახეთა კიბო“ - მევენახეების დაავადება კანის სიმსივნით.

დარიშხანის წარმოების ნარჩენები ხვდება წყლებში, ნიადაგში, ასევე მცენარეებსა და ცხოველებში. დარიშხანის შემცველი პესტიციდების ჭარბი და არამიზნობრივი გამოყენება იწვევს მათ დაგროვებას გარემოში. საჭიროა დიდი სიფრთხილე და გონივრულობა დარიშხანისა და მისი ნაერთების გამოყენების დროს, როგორც ცნობილია, ტოქსიკური ლითონები იმით განსხვავდებიან ტოქსიკური შხამებისაგან, რომ ისინი არ გარდაიქმნებიან უვნებელ მეტალიტებად.

დარიშხოვანი ანჰიდრიდი ანუ თეთრი დარიშხანი უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა როგორც მკვლელობის საშუალება (მას არა აქვს არც გემო და არც სუნი). ის გამოიყენება მღრღნელების წინააღმდეგ (თაგვის შაქარი). შესაძლებელია

უბედური შემთხვევებიც სამკურნალო დოზის გადამეტების შემთხვევაში.

დარიშხანის ადგილობრივი მოქმედება გამოიხატება წერტილოვანი სისხლჩაქცევებით, ანთებითი პროცესებით, ხოლო ხანგრძლივი ზემოქმედების შემთხვევაში - ნეკროზით. დარიშხანი ადვილად მოქმედებს სისხლძრღვთა კაპილარებზე, მას „კაპილარულ შხამს“ უწოდებენ.

დარიშხოვანი ანჰიდრიდით მოწამვლისას დამახასიათებელია პირის ღრუში ლითონის გემო, წყურვილის გრძნობა, მწვავე ტკივილები მუცლის არეში, შეუჩერებელი პირღებინება.

არსინი ( $AsH_3$ ) - დარიშხანის ნაერთებიდან ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ყველაზე საშიში და შხამიანი ნივთიერება - ქიმიური მომწამლავი ნივთიერებაა. იყო ცდა, პირველი მსოფლიო ომის დროს მისი გამოყენებისა მასობრივი განადგურების მიზნით. საკმარისია, ადამიანმა ნახევარი საათი ისუნთქოს ჰაერი, რომელიც შეიცავს 0,00005 გ არსინს, ის რამდენიმე დღეში დაიღუპება. გააქტივებული ნახშირი სუსტად შთანთქავს არსინს, ამიტომ ჩვეულებრივი აირწინაღი ვერ დაგვიცავს მისგან.

ძალზე მაღალი ტოქსიკურობით ხასიათდება დარიშხან-შემცველი ორგანული ნაერთი ლუიზიტი. ის მასიური განადგურების ქიმიური საშუალებაა. ამერიკელებმა ვიეტნამში ფართოდ გამოცადეს დარიშხანის შემცველი ნაერთები არსენიდები, როგორც საერთო მოქმედების მომწამლავი ნივთიერება.

კაცობრიობა იმედოვნებს, რომ მომწამვლელი ნივთიერებები, მათ შორის დარიშხან-შემცველი ნაერთები, არასოდეს არ იქნება გამოყენებული ადამიანების გასანადგურებლად.

თუთია მტვრის სახით გვხვდება საწარმოო შენობის ჰაერში თითქმის ყველგან, სადაც ადგილი აქვს მის გაცხელებას დნობის ტემპერატურაზე მეტად ( $419^{\circ}\text{C}$ ). მაღალ ტემპერატურაზე ჰაერში გადასული თუთიის მტვერი ადვილად იჟანგება  $\text{ZnO}$ -ს წარმოქმნით. თუთიის ოქსიდის მტვრის ნაწილაკების ზომა  $0,3-0,4\text{მკ}$ -ის ფარგლებშია.

თუთიის ოქსიდი თუთიის შემცველი ნაერთის წარმოქმნის წყაროა. თუთიის ოქსიდი გამოიყენება ტიპოგრაფიული საღებავების, მინის, კერამიკის, ასანთის, ცელულიოდის, კბილის ცემენტის, კოსმეტიკური საშუალებების წარმოებაში, მედიცინაში. ასევე გამოიყენება რეზინის წარმოებაში, როგორც ვულკანიზაციის პრიცესის დამაჩქარებელი და სხვა.

თვით თუთიის ოქსიდი (თუთიის თეთრა) გამოიყენება, როგორც პიგმენტი თეთრი საღებავების დასამზადებლად, თუთიის ოქსიდი მიიღება თუთიის კრიალას ( $\text{ZnS}$ ) გამოწვით  $700-750^{\circ}\text{C}$ -ზე. თუთიის ოქსიდი თეთრი ფერის ფხვნილია. მისი სიმკვრივე –  $5,47$ ; არ იხსნება წყალსა და სპირტში.

თუთიის ოქსიდით მოწამვლა მოსალოდნელია სპილენძის და თითბერის ჩამოსხმისას, სპილენძის ნაკეთობათა ავტოგენით შედუღებისას, თუთიის ლითონის მიღების შედუღებისას, თუთია-სპილენძის მადნების გამოდნობისას, თუთიის მათეთრათი შეღებილი ძველი გემების ნაკერების ავტოგენური ჭრისას, თუთიის მათეთრას დამზადებისას და ყველა იმ თერმულ პროცესში, სადაც მონაწილეობს თუთია. თუთიით მოწამვლა შეიძლება გამოიწვიოს მოთუთიებულ ჭურჭელში შენახულმა საჭმელმაც.

თუთია და მისი ნაერთები ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს პირის ღრუს მეშვეობით, აგრეთვე სასუნთქი გზებით (მტვრის სახით). ორგანიზმში მოხვედრილი თუთია უკავშირდება ცილებს, რაც იწვევს ციებას, მოწამვლამ შესაძლებელია გამოიწვიოს პირღებინება და კუნთების ტკივილი, მადის დაკარგვა, დაღლილობა, მკდერდის არეში ტკივილი, მთქნარება, ზედმეტი ძილი, მშრალი ხველება, შეიმჩნევა თვალის გუგების გაფართოება, შარდში შაქრის (ჰემატოპორფინი, ურობილინი) მომატება. შაქარი მნიშვნელოვნად მატულობს აგრეთვე სისხლში. არის ღვიძლის გადიდების შემთხვევებიც. ავადმყოფური მდგომარეობა გრძელდება 3-4 დღეს, ზოგჯერ უფრო დიდხანს. მოწამვლის სურათი ინდივიდუალურია, ზოგში სჭარბობს ნერვული სიმპტომები (თავის ტკივილი, გრძნობის დაკარგვა, გუგების გაფართოება, რეფლექსების გაძლიერება), სხვებში თერმული ბალანსის დარღვევა - ციება ან ტკივილი მუცლის არეში, ნაწლავებში, კუჭში, ღვიძლის მკვეთრი გადიდება და სხვა.

თუთია ორგანიზმის ბიოელემენტი და შედის ზოგიერთი ფერმენტის შედგენილობაში. მაგალითად, ადამიანის სისხლი შეიცავს 0,6 მგ% თუთიას, ქსოვილების 0,68-5,41. ძვალი 10,1-17,8, თმის ღერი 16,3-22,4მგ%-ს.

მოწამვლისას თუთია ძირითადად გროვდება ღვიძლსა და კუჭქვეშა ჯირკვალში. ორგანიზმიდან ძირითადად გამოიდევენება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით, ნაწილობრივ - შარდით.

თუთიის ზღვრულად დასაშვები (ზდკ) კონცენტრაცია ჰაერში - 5მკგ/ლ.



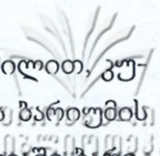
ბარიუმის ნაერთებს ფართო გამოყენება აქვს ტექნიკაში, მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში, ყოფა-ცხოვრებაში, მედიცინაში. ბარიუმის ზოგიერთი ნაერთი ( $BaCl_2$ ,  $Ba(OH)_2$ ,  $BaSO_4$ ,  $BaCO_3$ ) გამოიყენება ქიმიურ ლაბორატორიებში. ბარიუმის მარილების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია მათი ხსნადობის ხარისხზე. პრაქტიკულად არატოქსიკურია ბარიუმის სულფატი  $BaSO_4$  (სუფთა). იგი გამოიყენება სამედიცინო რადიოლოგიაში ბარიუმის ფაფის სახით. ძლიერ ტოქსიკურია შემდეგი ნაერთები:  $BaCl_2$ ,  $Ba(NO_3)_2$ ,  $Ba(ClO_3)_2$ ,  $BaCO_3$ ,  $BaS$ .

ბარიუმის ნაერთებით ორგანიზმის მოწამვლა იწვევს თავის ტვინის ანთებას. მოქმედებს გულის კუნთის მუსკულატურაზე. მწვავე მოწამვლა ვლინდება პირის ღრუსა და საყლაპავი მილის შუშხვაში, მუცლის ტკივილში, პირღებინებასა და კუჭის აშლილობაში. მატულობს სისხლის წნევა, მაჯისცემა ძლიერი და არათანაბარია. სახე და კიდურები ლურჯდება, აღინიშნება მეტყველების მოშლილობა, სულის შეხუთვა, თავბრუსხვევა, ხმაური ყურებში, მხედველობის მოშლა. გრძნობა და აზროვნება შენარჩუნებულია მთლიანად. ძლიერი მოწამვლის შემთხვევაში მოწამვლა მთავრდება ლეტალური შედეგით (მოწამვლიდან ერთი დღე-ღამის განმავლობაში).

ქრონიკული მოწამვლის შემთხვევაში შეინიშნება ძლიერი სისუსტე, სუნთქვის შეკვრა, ზედმეტი ნერწყვიანობა, სურდო, კონიუქტივიტი, კუჭის აშლილობა, არათანაბარი პულსი, გულისცემის გახშირება, სისხლის წნევის მომატება, თმების და წვერის გაცვენა.

ბარიუმის ნაერთები ორგანიზმში შეიძლება მოხვდეს





მტვრის სახით, სასუნთქი გზებით ან საყალაპავი მილით, კუჭის წვენში არსებული სიმჟავე (HCl) აუმჯობესებს ბარიუმის ნაერთების ხსნადობას. მწვავე მოწამვლის შემთხვევაში ბარიუმის ნაერთების ძირითადი მასა ორგანიზმიდან პირღებინებით გამოიდევნება, თუმცა ბარიუმის მნიშვნელოვანი ნაწილი სისხლში აღწევს, რომელიც შემდეგ ილექება ღვიძლსა და ტვინში. შეწოვილი ბარიუმის 65% ილექება ძვლებში, ამასთან მისი ნაწილი გადადის უხსნად ფორმაში (BaSO<sub>4</sub>).

ორგანიზმიდან ბარიუმის გამოდევნა ძირითადად ხდება კუჭნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით, მცირე რაოდენობით – შარდით.

ტოქსიკურ დოზად ითვლება 0,15–0,4 გ Ba-ის შემცველი ნივთიერება; სასიკვდილო დოზად – 0,6–0,7გ.

## მ ა ნ გ ა ნ უ მ ი

მანგანუმი და მისი ნაერთები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში: მეტალურგიაში, ჭიქურების და ემალის წარმოებაში, მანგანუმშემცველი მინების მოხარშვის პროცესში, ქიმიურ მწერველობაში. მანგანუმის ზოგიერთი ნაერთი გამოიყენება მედიცინაში, სანიტარიაში, ქიმიურ ლაბორატორიებში.

მანგანუმი მიეკუთვნება იმ ელემენტების რიცხვს, რომლებიც ცოცხალ ორგანიზმში გარკვეულ ბიოლოგიურ როლს ასრულებენ. ამიტომაც, რომ ბიომასალის სასამართლო-ქიმიური გამოკვლევისას ყოველთვის აქვს ადგილი ბიომასალაში მანგანუმის აღმოჩენის ფაქტს. ამდენად, მანგანუმზე გამოკვლევის



მოთხოვნისას ქიმიკოს-ექსპერტი ვალდებულია შეასრულოს ობიექტად წარმოდგენილ ბიომასალაში მანგანუმის, არა თვითი სებრივი, არამედ რაოდენობრივი განსაზღვრა.

ადამიანის ორგანიზმში მანგანუმის საერთო შემცველობა აღწევს 0,05%-ს; ღვიძლში მისი შემცველობა იცვლება 1,7-2,0მგ-ის ფარგლებში 100გ ღვიძლზე გადაანგარიშებით.

მანგანუმის ნაერთები მიეკუთვნება ძლიერ პლოტოპლაზმური შხამების რიცხვს. ისინი მოქმედებენ ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე და იწვევენ მასში ორგანულ ცვლილებებს, აზიანებენ თირკმლებს, ფილტვებს, სისხლის მიმოქცევის ორგანოებს და სხვა. ხსნარის გამოვლება პირის ღრუსა და ყელში იწვევს პირის ღრუს და საყლაპავი მილის გარსის ანთებას. მანგანუმის ნაერთები ძირითადად ღვიძლში გროვდება. ადამიანის ორგანიზმიდან ისინი გამოიდევენებიან კუჭ-ნაწლავის ტრაქტით და თირკმლებით (შარდის სახით). მანგანუმის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) ჰაერში შეადგენს 0,003 მგ/ლ  $MnO_2$ -ზე გადათვლით.

### ს პ ი ლ ე ნ ძ ი

სპილენძი და მისი ნაერთები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში, კერძოდ, საღებავების წარმოებაში, დაჩითვაში (ჩითის ქსოვილების დამზადებისას), პიროტექნიკაში, გალვანოპლასტიკაში, ხეების გასაჟღენტად, კერამიკული ნაკეთობების წარმოებისას და სხვა. სპილენძის ზოგიერთი ნაერთი გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში, როგორც ინსექტოფუნგიციდი. ესენია:  $CuO$ ,  $CuCl_2$ ,  $CuO \cdot CuCl_2$ ,  $CuSO_4$ ,  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ . პარი-

ზის მწვანე  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{ASO}_2)_2$  გამოიყენება სოფლის მეურნეობის მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად.

სპილენძის ზოგიერთი ნაერთი ფართოდ გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში და მედიცინაში, ესენია: სპილენძის შაბიამანი  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  და სპილენძის ციტრატი  $\text{Cu}(\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_7)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

სპილენძი გარკვეული რაოდენობით ყოველთვის იმყოფება ადამიანის ორგანიზმში (100–150მგ) და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ორგანიზმში მიმდინარე ფიზიოლოგიურ პროცესებში, კერძოდ, ჰემოგლობინის წარმოქმნის სტიმულირებაში, უჯრედების ზრდასა და გამრავლებაში, ზოგიერთი ფერმენტის ცხოველქმედებაში და სხვა. ორგანიზმში სპილენძი გვხვდება ორგანული კომპლექსური ნაერთის სახით.

არაორგანული ნაერთების სახით დიდი რაოდენობით სპილენძის ნაერთების მოხვედრა ორგანიზმში იწვევს მოწამვლას. კუჭში სპილენძის ნაერთების მოხვედრა იწვევს მუცლის არეში ტკივილს, გულისრევას, პირღებინებას, კუჭის აშლილობას, ჰემოგლობინის გადასვლას შარდსა და სისხლის პლაზმაში, სიყვითლეს, ანემიას. სპილენძის დეტალების გაპრიალებისას, სხვადასხვა შენადობების მიღებისას და სპილენძის აპარატების გაწმენდისას შეიძლება ორგანიზმში მოხვდეს ლითონური სპილენძის ორთქლი ან თვით სპილენძის ნამცეცები, რამაც შეიძლება მოწამვლა გამოიწვიოს, მოწამვლა შეიძლება გამოიწვიოს აგრეთვე ორგანული მჟავების შემცველი ხილის სპილენძის ჭურჭელში ხარშვამ.

კუჭში მოხვედრილი სპილენძის ნაერთების შეწოვა სისხლის მიერ ნელა მიმდინარეობს.

მოწამვლით გამოწვეული პირღებინებით სპილენძის ნა-

ერთების დიდი ნაწილი ორგანიზმიდან გამოიდევნება, ხოლო სისხლში გადადის სპილენძის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი. სისხლში გადასული სპილენძი ძირითადად აწინებს ღვიძლს და თირკმლებს. სპილენძის იონების ორგანიზმიდან გამოდევნა წარმოებს ნაწლავების და თირკმლების მეშვეობით.

ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში დადგენილია მხოლოდ სპილენძის შენადნობებისათვის, ის 0,004 მგ/ლ-ის ტოლია.

## ნახშირბადის მონოქსიდი (CO)

ნახშირბადის მონოქსიდი (მხუთავი აირი) გვხვდება ყველგან, სადაც სრულად არ წარმოებს ნახშირბადმემცველი ნივთიერებების წვა. ის შედის მრავალი სამრეწველო აირის შემადგენლობაში, ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვში. მისი შემცველობა მერყეობს 1-დან -15%-მდე, რომელშიც ნახშირბადის მონოქსიდი (CO) უფერო, უსუნო, უგემო აირია. მისი მოლეკულური მასა არის 28, წყალში თითქმის არ იხსნება, იწვის მოცისფრო ალით.

ნახშირბადის მონოქსიდი დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ხანძრის დროს და პოლიმერების წვისას. მხუთავი აირით მოწამვლა შესაძლებელია:

- ტრანსპორტის გამონაბოლქვი აირებიდან, ავტოფარეხში;
- ყოფაცხოვრებაში ღუმელთან დიდხანს ყოფნის დროს საწვავის უწყზადოდ წვის შედეგად;
- ხანძრის დროს იწამლებიან ის პირები, რომლებიც ცეცხლმოდებულ შენობებში, ლიფტებში, ვაგონებში, დაკეტილ ოთახებში იმყოფებიან.

ნახშირბადის მონოქსიდი ბუნებრივი ემისიის წყაროებია ვულკანების მოქმედება და ატმოსფეროში მეთანის ფოტოქიმიური დაჟანგვა. CO-ს ანთროპოგენური წარმოქმნა, უპირველეს ყოვლისა, საწვავის წვასთანაა დაკავშირებული. ამ მხრივ ავტომობილი ერთ-ერთ პირველ ადგილზეა. შიდაწ-

ვის ძრავებში საწვავის წვისათვის ოპტიმალური პირობები მხოლოდ გარკვეულ სამუშაოს რეჟიმში მიიღწევა, როდესაც ძრავის სიმძლავრე დაახლოებით 75%-ით გამოიყენება. CO-ს გამოყოფა ამ დროს მინიმალურია. ყველა დანარჩენ შემთხვევაში კი, განსაკუთრებით ძრავის ამუშავებისას და „უქმ“ რეჟიმში მუშაობისას, CO-ს შემცველობა გამონაბოლქვში განსაკუთრებით მაღალია.

ღია ატმოსფეროში ნივთიერებები სწრაფად გადაადგილდება და ზავდება, ამიტომ ავტომობილების გამონაბოლქვში შემავალი CO ჰაერში საშიში რაოდენობით არ უნდა გროვდებოდეს. მიუხედავად ამისა, ზოგიერთ პირობებში CO-თი ჰაერის ლოკალურმა დაბინძურებამ შეიძლება განსაკუთრებით საშიშ საზღვრებს მიაღწიოს. ეს ხდება, მაგ., დიდი ქალაქებისა და ავტოსტრადების თავზე, როდესაც მაღალი ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურული ინვერსიის გამო ჰაერის მასების გადაადგილება იზღუდება და ე.წ. „კანიონის ეფექტი“ იქმნება.

ნაშირბადის მონოქსიდით მოწამვლას პირველი ადგილი უჭირავს სასუნთქი გზებით (ინჰალაციურ) მოწამვლებს შორის. მხოთავი აირის მზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია სამუშაო ადგილზე ჰაერში შეადგენს 20მგ/გ<sup>3</sup>-ს. უფრო მაღალი კონცენტრაციის შემთხვევაში აუცილებელია რესპირატორით ან აირწინალით მუშაობა.

ნახშირბადის მონოქსიდის ტოქსიკურობა დაფუძნებულია ურთიერთმოქმედებაზე სისხლის ჰემოგლობინთან. გარდა ამისა, ის მოქმედებს ადამიანის კანში არსებულ სასუნთქ ფერმენტებზე, რომლებიც რკინის ორვალენტოვან იონს ( $Fe^{2+}$ ) შეიცავს.

ნახშირბადის მონოქსიდით მოწამვლას თან ახლავს ტკი-

ვილი შუბლისა და კეფის არეში, თავბრუსხვევა, ღებინების შეგრძნება. უფრო მწვავე მოწამვლის შემთხვევაში ავადმყოფს ეწყება პირღებინება, კარგავს გონებას, ხშირია კომაში ჩავარდნა. აღინიშნება ნერვული დარღვევებიც: მოწამლულებს ეკარგებათ მეხსიერება, კერძოდ, დროისა და ადგილის მიმართ, ეწყებათ ჰალუცინაცია, შიშები და სხვა. გარდა ამისა, შესაძლებელია კრუნჩხვებიც.

ნახშირბადის მონოქსიდით მოწამვლა ასევე შესაძლებელია ამ ტოქსიკური აირით გაჯერებულ ტერიტორიაზე იმ შემთხვევაში, თუ ადამიანი ინტენსიურად ეწევა სივარეტს.

პირველი სამედიცინო დახმარება მგომარეობს დაზარალებულის სუფთა ჰაერზე გაყვანაში. ის საჭიროებს სტაციონარულ მკურნალობას.

## გოგირდწყალბადი ( $H_2S$ )

გოგირდწყალბადი უფრო, ლაყე კვერცხის სუნის მქონე მომწამვლელი აირია. წყალში კარგად იხსნება ( $20^{\circ}C$ -ზე 1 მოცულობა წყალში იხსნება 2,5 მოცულობა გოგირდწყალბადი).

გოგირდწყალბადი ძლიერ მომწამლავი აირია. აზიანებს ნერვულ სისტემას. მასთან მუშაობა ლაბორატორიულ პირობებში შესაძლებელია მხოლოდ გამწოვ კარადაში და ჰერმეტიკულად დაახურულ მოწყობილობებში, ხოლო სამრეწველო პირობებში კი – აირწინაღით. სამუშაო ადგილზე გოგირდწყალბადის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში შეადგენს 0,01მგ/ლ-ზე, ხოლო სასიკვდილო კონცენტრაცია – 1,2მგ/ლ-ზე.

გოგირდწყალბადი ბუნებაში გავრცელებულია ვულკანურ აირებსა და ზოგიერთი მინერალური წყაროს წყალში მაგალითად, პიატიგორსკის, მაცესტის, ბორჯომის წყლებში იგი წარმოიქმნება სხვადასხვა ცხოველური და მცენარეული ნაშთების გოგირდშემცველი ორგანული ნივთიერებების ლპობის შედეგად. ამით აიხსნება ჩამდინარე წყლის, ამოღებული ორმოებისა და ნაგავსაყრელის დამახასიათებელი არასასიამოვნო სუნი.

გოგირდწყალბადით მოწამვლის პირველი სიმპტომებია: სურდო, ხველება, თავბრუსხვევა, თავის ტკივილი, თვალების წვა, ღებინების შეგრძნება, გულის რევა და ნერვული აშლილობა; მწვავე მოწამვლის შემთხვევაში: კომა, კრუნჩხვები, ფილტვების შეშუპება.

პირველი დახმარება: უნდა შეწყდეს დაზიანებულის მომწამვლელ აირთან კონტაქტი; აუცილებელია მისი სუფთა ჰაერზე გაყვანა და სტაციონარულ დაწესებულებაში გადაყვანა სამედიცინო დახმარების აღმოსაჩენად.

## ქლორი (Cl<sub>2</sub>)

ქლორი მოყვითალო-მომწვანო ფერის მკვეთრი სუნის მქონე მომწამლავი აირია. ჰაერზე 2,5-ჯერ მძიმეა. 20°C-ზე 1 მოცულობა წყალში იხსნება 2,3 მოცულობა ქლორი. ის კარგად იხსნება ორგანულ გამხსნელებში.

ქლორის ჩასუნთქვა იწვევს სასუნთქი გზების გაღიზიანებას, ხოლო დიდი რაოდენობით ჩასუნთქვა – სიკვდილს. ის ძლიერ დამყანგველია, საგანგებოდ შხამიანი.

ქლორი ქიმიური მრეწველობის ძირითადი პროდუქტია,



ნედლეული – პლასტმასების, შხამქიმიკატების, კაუჩუკისა და ხელოვნური ბოჭკოების, საღებავებისა და მედიკამენტების მოსაღებად. მას იყენებენ სასმელი წყლის გასაუვნებლად (წყლის ქლორირება), ქსოვილებისა და ქალაღდის გასათეთრებლად და კიდევ სხვა მრავალი მიზნით.

ქლორი წარმოქმნის ბევრ ქლორორგანულ ნაერთს, მათ შორის – ჰექსაქლორანს, პოლიქლოროპინენს, პენტაქლორს, ქლორტენს, ქლორინდანს. ისინი შხამქიმიკატებია (პესტიციდებია) და მათთან მუშაობა დიდ სიფრთხილეს მოითხოვს. ამ პრეპარატებით მოწამვლა იწვევს ცრემლდენას, კრუნჩხვებს, თავის ტკივილს, მაღალ ტემპერატურას. მოწამვლის შემთხვევაში საჭიროა, უპირველეს ყოვლისა, კუჭის ამორეცხვა 2-3 ჭიქა წყლით, თვალებისა და კანის მობანა სოდიანი წყლით. ქლორის შემცველ ნაერთს, ქლორამინ -B-ს, რომელიც 25-29% ქლორს შეიცავს, იყენებენ მუცლის ტიფით, ქოლერიით, ნაწლავური ინფექციით დაავადებული ავადმყოფის საგნების სადეზინფექციოდ, მათი გამონაყოფის გასაუვნებლად, ხელების სადეზინფექციოდ. ქლორი ძლიერ ტოქსიკურია. მისი ჩასუნთქვა იწვევს სასუნთქი გზების ანთებას, მტანჯავ ხველებას, ფილტვების შეშუპებას. მოწამლული უნდა გავიყვანოთ სუფთა ჰაერზე. ვასუნთქოთ ჟანგბადი, მივცეთ გული საშუალებები. ქლორი, როგორც მასობრივი განადგურების ქიმიური მოწამლავი ნივთიერება, პირველად გერმანელებმა გამოიყენეს ფრანგი მებრძოლების წინააღმდეგ. წინა ხაზზე მათ 180 ტონა თხევადი ქლორი ბალონებით განალაგეს. როცა ქარი ამოვარდა, ახადეს ბალონდებს თავი და ქლორის ღრუბელი ქარმა გადაიტანა მოწინააღმდეგის სანგრებისაკენ. დაიღუპა 5000 ადამიანი. ეს იყო ქლორის ვერაგი მოქმედების შედეგი.

გერმანელებმა სხვა მომწამვლელი ნოვთიერებებიც გამოიყენეს, ესენია: ფოსგენი ( $\text{COCl}_2$ ), მისი ნარევი ქლორთან ფოსგენი, ქლორპიკრინი ( $\text{CCl}_3\text{NO}_2$ ), რომელიც მოქმედებს როგორც სასუნთქ გზებზე, ასევე თვალის ლორწოვან გარსზეც.

ქლორაცეტოფენონი და „სიესი“ –ორთოქლორბენზალ-მალონოდიინიტრილი იქნა გამოყენებული თბილისში 1989 წლის 9 აპრილს.

„სიესი“ ძლიერ აღიზიანებს სასუნთქ გზებს. მისი მდგრადობა გარემოში ორი კვირის განმავლობაში გრძელდება. თავდაცვის საშუალებაა აირწინაღი.

## გოგირდის დიოქსიდი ( $\text{SO}_2$ )

გოგირდის დიოქსიდი მაღალი რეაქციის უნარფისნობით ხასიათდება. ის პირდაპირ ტოქსიკურ ზემოქმედებას ახდენს ორგანიზმზე.

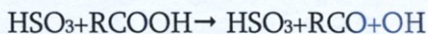
$\text{SO}_2$ -ის ბუნებრივ წყაროებს მიეკუთვნებიან: ვულკანები, ტყის ხანძრები, გოგირდის შემცველი ნაერთების მიკრობიოლოგიური გარდაქმნები და სხვ.

ატმოსფეროში გოგირდის დიოქსიდი უცვლელი სახით საშუალოდ ორი კვირის მანძილზე შეიძლება არსებობდეს. დროის ამ მონაკვეთის განმავლობაში აირი ვერ ასწრებს გლობალური მასშტაბით გავრცელებას. ამიტომ შესაძლებელია, რომ ემისიის წყაროს ირგვლივ  $\text{SO}_2$ -მა ატმოსფეროს ლოკალური დაბინძურება გამოიწვიოს.

გოგირდის დიოქსიდი აზოტის ოქსიდებთან ( $\text{NO}$  და  $\text{NO}_2$ ) ერთად ატმოსფეროში მთელ რიგ ქიმიურ გარდაქმნებს განიც-

დის, მათგან მთავარია ჟანგვა და მჟავების წარმოქმნა, რაც ე.წ. „მჟავა წვიმებს“ იწვევს. ამ რექციების ინიცირებას ხელს უწყობს ულტრაიისფერი სხივები და ისინი ჰაერის ჟანგბადის ან ოზონის მოანწილეობით მიმდინარეობს.

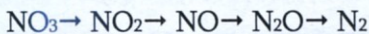
გამოანგარიშებულია, რომ მჟავა წვიმების 60-70% გოგირდის დიოქსიდით არის გამოწვეული. SO<sub>2</sub> და მჟავა ნალექები იწვევენ მეტალის ნაკეთობათა კოროზიას და ორგანული მასალების - ტყავის, ქაღალდის, ქსოვილების, რეზინისა და საღებავების დაშლას. მცენარეებისათვის განსაკუთრებით ტოქსიკურია ჰიდროსულფიტ-იონი (HSO<sub>3</sub>), რომელიც მოქმედებს ფოსფოლიპიდების უკერ ცხიმოვან მჟავებთან და არაორგანულ და ორგანულ რადიკალებს წარმოქმნის:



ეს რადიკალები იწვევს ბიომემბრანების სტრუქტურის არღვევას. ქლოროპლასტების მემბრანების დაზიანებისას HSO<sub>3</sub> და RCO რადიკალები ჟანგავენ და აუფერულებენ ქლოროფილს. გარდა ამისა, SO<sub>2</sub>-ის გარდაქმნის პროდუქტები ხელს უწყობს ციტოპლაზმის pH-ის შეცვლას, კერძოდ, შემჟავებას, რაც იწვევს ქლოროფილის პორფირინის ბირთვიდან მაგნიუმის იონების მოცილებას. SO<sub>2</sub>-ის მოქმედების შედეგად ფოთოლი ყვითლდება და კარგავს ფოტოსინთეზის უნარს. გარდა ამისა, გოგირდის დიოქსიდი მნიშვნელოვნად ზღუდავს უჯრედულ მემბრანებს შორის ნივთიერებათა აქტიურ ტრანსპორტს, რის შედეგად ვითარდება ფოთლების ნეკროზი.



აზოტის ოქსიდების წარმოქმნა ატმოსფეროში დაკავშირებულია ჭექა-ქუხილის დროს ელექტრონულ განმუხტვასთან, რის შედეგადაც ჰაერის აზოტისა და ჟანგბადისაგან ჯერ NO, ხოლო შემდეგ NO<sub>2</sub> წარმოიქმნება. ნიადაგში ჟანგბადის დეფიციტის დროს მიმდინარეობს ნიტრატების მიკრობიოლოგიური დენიტრიფიკაცია და აზოტის წარმოქმნა. ამ პროცესში შუალედური პროდუქტებია აზოტის (I) და (II) ოქსიდები.



ამ პროცესში ნიტრატ-იონების სიჭარბე N<sub>2</sub>O-ის N<sub>2</sub>-ად გარდაქმნას აზრკოლებს და ამით ხელს უწყობს N<sub>2</sub>O-ის გამოთავისუფლებას. ამიტომ ნიადაგიდან გამოყოფილი აზოტის ნაერთები უმეტესად აზოტის (I) ოქსიდისაგან შედგება.

ანთროპოგენური წარმოშობის აზოტის ოქსიდებს NO და NO<sub>2</sub>, რომლებიც 1000°C-ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე სათბობის წვის დროს წარმოიქმნებიან. გარემოში NO<sub>x</sub>-ის გამოყოფის ძირითადი წყაროა ბენზინზე მომუშავე საავტომობილო ტრანსპორტი. ავტომრეწველობის განვითარების მუდმივი ტენდენციაა ძრავაში საწვავის სრული წვის პირობების შექმნა, რის შედეგადაც იზრდება წვის ტემპერატურა და მნიშვნელოვნად მატულობს ძრავის სიმძლავრე. მართალია, გამონახობლებში CO-ს შემცველობა მცირდება, მაგრამ ამ ტემპერატურაზე აზოტის ოქსიდები და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები წარმოიქმნება. ფაქტიურად, ერთი ტოქსიკანტი სხვა, არანაკლებ ტოქსიკური ნაერთებით იცვლება. აზოტის ოქსიდები ასევე წარმოიქმნება ნიტრირების პროცესში,

სუპერფოსფატის წარმოების დროს, შენადნობების დამზადებისას, აზოტმჟავათი მეტალების გაწმენდისას. ფეთქებადი ნივთიერებების წარმოებისას და ა.შ. აზოტის ოქსიდებით ანთროპოგენური დაბინძურება კრიტიკულ ზღვარს მჭიდროდ დასახლებულ სამრეწველო ქალაქებში აღწევს.

აზოტის დიოქსიდი ( $\text{NO}_2$ ) მონოოქსიდი ( $\text{NO}$ ) მთელ რიგ ფოტოქიმიურ რეაქციებში მონაწილეობენ, რითაც ხელს უწყობენ ოზონისა და პერიოქსიაცეტილნიტრატის ( $\text{CH}_3\text{COO}_2\text{NO}_2$ ) წარმოქმნას, რომლებიც სმოგის შემადგენლობაში შედიან.

აზოტის მონოოქსიდი არ აღიზიანებს სასუნთქ გზებს და ამიტომ მას ადამიანი ვერ შეიგრძნობს. ჩასუნთქვისას  $\text{NO}$  ჰემოგლობინთან წარმოქმნის არამდგრად ნიტროზონაერთს, რომელიც სწრაფად გადადის მეტ-ჰემოგლობინში. მეტ-ჰემოგლობინის  $\text{Fe}^{3+}$ -ს უნარი არ შესწევს  $\text{O}_2$  შექცევადად დაიკავშიროს და მონაწილეობა მიიღოს ჟანგბადის გადატანის პროცესში. სისხლში მეტ-ჰემოგლობინის 60-70%-იანი კონცენტრაცია ლეტალურ დოზად ითვლება.

$\text{NO}$  ხშირ შემთხვევაში იჟანგება და გადადის  $\text{NO}_2$ -ში. მიღებული მეწამული ფერის აირი განსაკუთრებით ძლიერად აღიზიანებს ლორწოვან გარსს. ორგანიზმის ტენიან ზედაპირებთან კონტაქტის შედეგად აზოტის დიოქსიდისაგან წარმოიქმნება აზოტოვანმჟავა და აზოტმჟავა. ეს მჟავები შლიან ფილტვების ალვეოლების კედლებს, რომელიც გამჭოლი ხდება სისხლის შრატისათვის. ამის შედეგად სისხლიდან სითხე ფილტვის ღრუში გადადის და ჩასუნთქულ ჰაერთან შერევისას ქაფდება, რაც ფილტვსა და ჰაერს შორის აირცვლას აბრკოლებს. ეს კი მნიშვნელოვნად ზღუდავს სუნთქვას. აზოტის ოქსიდები სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენენ ადამიანის ჯან-

მრთელობისათვის მაშინაც კი, როდესაც ჰაერში მათი შემცველობა დასაშვებ ზღვარზე დაბალია.

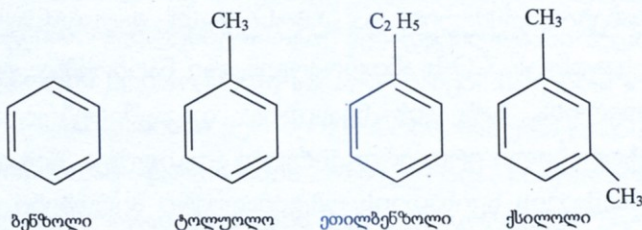
მჟავა წვიმების სახით აზოტის ოქსიდები იწვევენ მცენარის უჯრედებში მჟავიანობის ზრდას, რაც სერიოზულ ზიანს აყენებს მცენარეებს. აზოტის დიოქსიდის მცენარესთან უშუალო კონტაქტის შედეგად ფოთლები (ან წიწვები) ყვითლდება (ან მეწამულ ფერს იღებს).

ნახშირბადის მონოოქსიდი ბუნებრივი ემისიის წყაროებია ვულკანების მოქმედება და ატმოსფეროში მეთანის ფოტოქიმიური დაჟანგვა. CO-ს ანთროპოგენური წარმოქმნა, უპირველეს ყოვლისა, საწვავის წვასთანაა დაკავშირებული. ამ მხრივ ავტომობილი ერთ-ერთ პირველ ადგილზეა. შიდაწვის ძრავებში საწვავის წვისათვის ოპტიმალური პირობები მხოლოდ გარკვეულ სამუშაოს რეჟიმში მიიღწევა, როდესაც ძრავის სიმძლავრე დაახლოებით 75%-ით გამოიყენება. CO-ს გამოყოფა ამ დროს მინიმალურია. ყველა დანარჩენ შემთხვევაში კი, განსაკუთრებით ძრავის ამუშავებისას და „უქმ“ რეჟიმ მუშაობისას, CO-ს შემცველობა გამონაბოლქვში განსაკუთრებით მაღალია.

ღია ატმოსფეროში ნივთიერებები სწრაფად გადაადგილდება და ზავდება, ამიტომ ავტომობილების გამონაბოლქვში შემავალი CO ჰაერში საშიში რაოდენობით არ უნდა გროვდებოდეს. მიუხედავად ამისა, ზოგიერთ პირობებში CO-თი ჰაერის ლოკალურმა დაბინძურებამ შეიძლება განსაკუთრებით საშიშ საზღვრებს მიაღწიოს. ეს ხდება, მაგ., დიდი ქალაქებისა და ავტოსტრადების თავზე, როდესაც მაღალი ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურული ინვერსიის გამო ჰაერის მასების გადაადგილება იზღუდება და ე.წ. „კანიონის ეფექტი“ იქმნება.

## ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები

ბენზოლის არომატული ბირთვი მრავალი ორგანული ნაერთის ტოქსიკურობას განაპირობებს. თვით ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები უადრესად ტოქსიკური ნაერთებია.



### ბენზოლი და მისი უახლოესი ჰომოლოგები

ბენზოლის 90%-ზე მეტი იწარმოება ნავთობ-ქიმიური მრეწველობის მიერ, დანარჩენი 10% კი მიიღება კოქს-ქიმიური წარმოებისა და ბუნებრივი გაზიდან. 1980 წლიდან აშშ-ში, დიდ ბრიტანეთსა და ევროპის თანამეგობრობის ქვეყნებში მაღალი ტოქსიკურობის გამო ბენზოლის (20 ყველაზე საშიში ნაერთის სიაში ბენზოლი მე-6 ადგილზეა) წარმოება და გამოყენება მკვეთრად შეიზღუდა. მიუხედავად ამისა, ბენზოლის უმსხვილესი ექსპორტიორი - დიდი ბრიტანეთი ყოველწლიურად მილიონამდე ტონა ბენზოლს აწარმოებს. ბენზოლი სადღეისოდ ერთ-ერთი ყველაზე პრობლემურ ეკოლოგიურ დამბინძურებლად რჩება. აუცილებელია ჩვენს ქვეყანაში წარმოებულ ნავთობპროდუქტებში ბენზოლის შემცველობა მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი.

ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების დიდი ნაწილი (ბენზოლის ჰომოლოგების ნარევის, ე.წ. BTEX-ის სახით) საწვავში დანამატად გამოიყენება, მათი საშუალებით ხდება ბენზინის ოქტანური რიცხვის გაზრდა. ბენზოლი ასევე გამოიყენება, როგორც ნედლეული სტიროლის, ციკლოჰექსანის, ეთილბენზოლის, კუმოლის, ნიტრობენზოლის, ანალინისა და სხვა ნერთების სინთეზში. ბენზოლი გამხსნელის ან დამატებითი კომპონენტის სახით შედის ლაქ-საღებავებში, მელნებში, თხევად რეზინაში, ავეჯის საპრიალებელ ცვილებში, სარეცხ საშუალებებში, ლაქის ამოსაყვან ნარევეებში, წებოებში, ფარმაცევტულ პრეპარატებში, პესტიციდებში და ა.შ. ის ასევე სიგარეტის კვამლის შემადგენელი კომპონენტია.

ბენზოლის მოლეკულები კოსმოსურ სივრცეშიცაა გავრცელებული, როგორც ასტრონომებს მიაჩნიათ, ბენზოლი ვარსკვლავების ფორმირების გარკვეულ ეტაპზე გამოიყოფა. ვარაუდობენ, რომ ბენზოლი ნახშირბადით მდიდარი ვარსკვლავების ირგვლივ წარმოიქმნება. მაგ., ასეთ ვარსკვლავებს მიეკუთვნებიან წითელი გიგანტები, რომელთა მასა მზის მასას სულ ცოტა, სამჯერ აღემატება.

ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების გარემოში გავრცელების ძირითადი ანთროპოგენური წყაროებია:

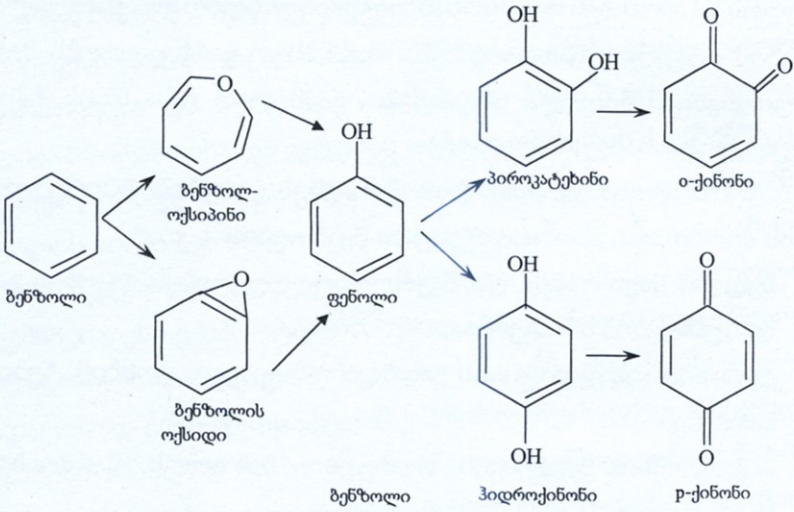
- ნედლი ნავთობისა და ნავთობ-პროდუქტების გაჟონვა გადამუშავების პროცესში;
- ქვანახშირისა და ფისის გადადამუშავებელი კომბინატების ნარჩენები;
- საწარმოების ნარჩენები, რომლებიც ბენზოლს აწარმოებენ ან იყენებენ;
- სათბობისა და წიაღისეული საწვავის წვა;



- საწვავის გაჟონვა ავზებიდან, რეზერვუარებიდან და ტანკე-  
რებიდან.

ემისიის შედეგად ბენზოლი, პირველ რიგში, ატმოსფერო-  
ში გამნოიყოფა, საიდანაც სხვა ეკოსისტემებში ხვდება. ჰაერი-  
დან ბენზოლი ძირითადად აბინძურებს ოკეანეებს, ზღვებს,  
ტბებს, წყალსაცავებსა და მდინარეებს, გრუნტის და სასმელ  
წყლებს, ნიადაგს, სედიმენტებს და ა.შ.

ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები ლეიკემიის გამომწვევი  
კანცეროგენებია. თვით ბენზოლი საკმაოდ მდგრადი ნაერთია,  
მაგრამ ღვიძლში მოხვედრისას იგი ციტოქრომ P450-შემცვე-  
ლი მონოოქსიგენაზის მიერ იჟანგება და წარმოიქმნება ბენ-  
ზოლ-ოქსიპინი ან ბენზოლის ოქსიდი. ეს ნაერთები, ბენზოლ-  
თან შედარებით, უკეთესი ხსნადობითა და რეაქციისუნარი-  
ანობით ხასიათდებიან. ისინი სისხლის ნაკადით ღვიძლიდან  
სხვა ორგანოებში გადაიტანება.

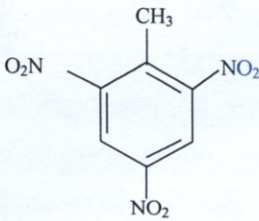


ნახ.4. ბენზოლის გარდაქმნა ადამიანის ორგანიზმში

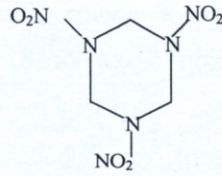
ძვლის ტვინის ქსოვილის უჯრედებში მოხვედრისას ბენ-  
ზოლის პირველადი გარდაქმნის პროდუქტები თავდაპირვე-  
ლად ფენოლამდე აღდგებიან, შემდეგ კი საფეხურებრივად  
იჟანგებიან o- და p-დიფენოლებამდე (პიროკატექინამდე და  
ჰიდროქინონამდე), და შესაბამისად ანიონებამდე. ყველა ეს  
გარდაქმნა ფერმენტულია. წარმოქმნილი ქინონები ოქსო-ჯგუ-  
ფების ხარჯზე იკავშირებენ ცილების ან ნუკლეინის მჟავების  
ორ-ორ მოლეკულას, იწვევენ მათ გადაჯვარედინებას, რაც ამ  
ბიოპოლიმერებს ხელს უშლის ნორმალური ბიოლოგიური  
ფუნქციის შესრულებაში. სწორედ, ასეთ პირობებში შეიძლება  
განვითარდეს ლეიკემია.

## ფეთქებადი ნიტრონაერთები

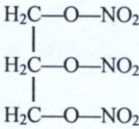
ჭურვების, ნაღმების, ყუმბარებისა და სხვა საბრძოლო მა-  
სალების დასამზადებლად, როგორც წესი, ნიტრო-ჯგუფების  
შემცველი ორგანული ნაერთები გამოიყენება. ფეთქებადი  
ნიტრონაერთებია: 2,4,6-ტრინიტროტოლუოლი (იგივე ტრო-  
ტილი ანუ ტოლი TNT), ტრინიტროგლიცერინი, ჰექსაჰიდრო-  
1,3,5-ტრინიტრო-1,3,5-ტრიაზინი (ცნობილია, როგორც ჰექსო-  
გენი, ციკლონიტი, ან ბრიტანული კოდური სახელწოდებით -  
RDX), ოქტაჰიდრო-1,3,5,7-ტეტრანიტრო-1,3,5,7-ტეტრაზოცი-  
ნი (უფრო ცნობილია კოდირი სახელწოდებით - HMX) და  
სხვა.



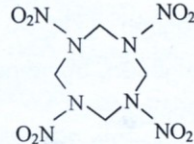
2,4,6-ტრინიტროტოლუოლი (TNT)



ფექსაჰიდრო-1,3,5-ტრინიტრო-1,3,5-ტრიაზინი (RDX)




ტრინიტროგლიცერინი



ოქტაჰიდრო-1,3,5,7-ტეტრანიტრო-1,3,5,7-ტეტრაზოგინი (HMX)

ფეთქებად ნაერთებს შორის ყველაზე ფართოდ TNT გამოიყენება, თუმცა სხვა ნაერთებს არანაკლები სიძლიერით აფეთქების უნარი აქვთ, მაგ., TNT-სთან შედარებით RDX 1,5-ჯერ უფრო მძლავრ აფეთქებას იწვევს. RDX-ით ხშირად სარგებლობენ ტერორისტი-კამიკაძეები. ამ ნაერთისაგან ე.წ. „პლასტიკური ბომბები“ მზადდება.

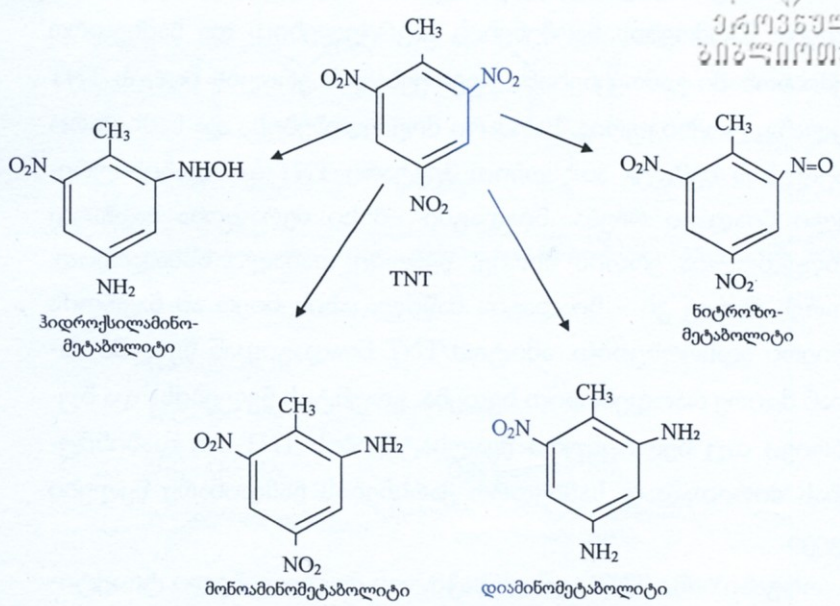
ნიტრო-ჯგუფები აღნიშნულ ნაერთებს არა მარტო აფეთქების უნარს ანიჭებენ, არამედ მათ ტოქსიკურობასაც განაპირობებენ. ცხადია, ფეთქებადი ნაერთების გარემოში გავრცელება უფრო ხშირად ადამიანის სამხედრო საქმიანობასთანაა დაკავშირებული. სამხედრო პოლიგონების, არსენალების, სამხედრო ქარხნებისა და საწყობების ტერიტორიებზე ეს ნაერთები ნიადაგისა და გრუნტის წყლების ძლიერი დამაბინძურებლებია.



2,4,6-ტრინიტროტოლუოლი (TNT) გარემოში ორი გზით ხვდება: წარმოების ნარჩენების გავრცელებით და სამხედრო საქმიანობაში გამოყენებით. ფეთქებად ნაერთებს შორის TNT ყველაზე ტოქსიკურია. საომარი მოქმედებებისა და სამხედრო სწავლების შემდეგ ათასობით ჰექტარი TNT-თი დაბინძურებული ნიადაგი რჩება. ნიადაგში მისი ძვრადობა საკმაოდ შეზღუდულია ერთის მხრივ, წყალში დაბალი ხსნადობით, მეორეს მხრივ კი - ნიადაგის ნაწილაკების მიერ ამ ნაერთის ძლიერი ადსორბციით. ამიტომ TNT ნიადაგიდან წყალში ძალიან მცირე რაოდენობით ხვდება. გრუნტის წყლებისა და ბუნებრივი თუ ხელოვნური წყალსატევების TNT-თი დაბინძურებას ძირითადად სამხედრო ქარხნების ჩამდინარე წყლები იწვევს.

ორგანიზმში TNT აღწევს საჭმლის მომნელებელი ტრაქტიდან, კანიდან და ფილტვებიდან, საიდანაც იგი პირველ რიგში ღვიძლში ხვდება, შემდეგ კი ნაწილდება თირკმელებსა და ცხიმოვან ქსოვილში. TNT მრავალი ქრონიკული დაავადების სტიმულატორია. მსოფლიოს ჯანდაცვის ორგანიზაციის მიერ კლასიფიცირებულია, როგორც მესამე ჯგუფის კანცეროგენული ნივთიერება.

ცხოველურ ორგანიზმებში TNT ნელა ტრანსფორმირდება და წარმოქმნის: ნიტროზო- და ჰიდროქსილამინო-წარმოებულებს, ამინოდინიტროტოლუოლებს: დიამინოტოლუოლებს და ა.შ. ეს ნაერთები ძირითადი მეტაბოლიტებია, ხოლო მეთილის ჯგუფის ჟანგვით მიმდინარე გარდაქმნების პროდუქტები - ბენზილის სპირტისა და ბენზოის მჟავის ნიტრო- და ამინო-წარმოებულები უმნიშვნელო რაოდენობით ფორმირდება.



ნახ.5. ცხოველურ ორგანიზმებში TNT-ს გარდაქმნის ძირითადი გზები

TNT-ს ტოქსიკურობას ნიტრო-ჯგუფებიდან გენერირებული ნიტროზო- და ჰიდროქსილამინო-ჯგუფები განაპირობებენ. ეს რეაქციისუნარიანი ჯგუფები აქტიურად უკავშირდებიან ისეთ ბიოპოლიმერებს, როგორებიც ნუკლეინის მჟავებია და ქიმიურ მუტაგენებს იწვევენ. მათგან განსხვავებით, ამინო-ჯგუფებიანი მეტაბოლიტები ადვილად უერთდებიან გლუკურონმჟავას, წარმოქმნილი კონიუგატი კი ჯერ უჯრედიდან, შემდეგ კი ორგანიზმიდან გამოიდევენება. ცხადია, ამის გამო TNT-ს დეტოქსიკაცია, უფრო ზუსტად, მისი მუტაგენური თვისებების მნიშვნელოვნად შემცირება ნიტრო-ჯგუფების აღდგენითაა შესაძლებელი. ამის განხორციელება ზო-





TNT-ს ისეთი რედოქს-პოტენციალი გააჩნია, რომელიც ქსენობიოტიკს საშუალებას აძლევს შეასრულოს ელექტრონების ტერმინალური აქცეპტორის როლი მიტოქონდრიულ სუნთქვით ჯაჭვში. საინტერესოა, რომ ამ დროს TNT-ს ნიტრო-ჯგუფების აღდგენა, ანუ დეტოქსიკაცია, უშუალოდაა შეუღლებული ATP-ს სინთეზთან.

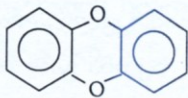
ნახ.6 მცენარეში TNT-ს ტრანსფორმაციის ზოგიერთი გზა: მონოამინო-მეტაბოლიტების წარმოქმნა და მათი კონიუგაცია ჰემიცელულოზასთან პეპტიდური ბმების წარმოქმნით.

TNT-ს შთანთქმისა და გარდაქმნის უნარი ბევრ მცენარესაც ახასიათებს. ასეთებია წყლის მცენარე წივანა (*Myriophyllum aquaticum*), ზღვის წყალმცენარე *Nitella* sp., ვერხვი, სოია და სხვ. ეს მცენარეები მდიდარია ფერმენტ ნიტრორედუქტაზით, რომელიც TNT-ს ნიტრო-ჯგუფების აღდგენაში მონაწილეობს. აღდგენილი მეტაბოლიტები ახლადშემქნილი ამინოჯგუფების ხარჯზე კოვალენტურად უკავშირდებიან ჰემიცელულოზას, ლიგნინს, პექტინს და სხვა ბიო-პოლიმერებს, რის შემდეგაც TNT-ს მეტაბოლიტების უხსნადი კონიუგატების სახით უჯრედის კედელში დეპონირდებიან.

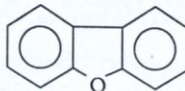
**დიოქსინები და პოლიქლორირებული ბიფენილები**

დიოქსინები ქლორის შემცველი მეტად საშიში ნივთიერებებია. ისინი შედიან ქიმიური და ნავთობგადამამუშავებელი წარმოების, აგრეთვე ტრანსფორმატორული ზეთების და პესტიციდების ნარჩენების შემადგენლობაში. წარმოიქმნება ნავის (განსაკუთრებით - პოლიეთილენის ტომრების, პლასტი-

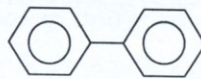
კური ბოთლებისა და შესაფუთი გარსების) წვისა და წყლის ქლორირების პროცესში. ტერმინი „დიოქსინები“ წარმოადგენს პირობით დასახელებას იმ ჰალოგენორგანული ნივთიერებებისა, რომელთა ძირითადი ბირთვებია დიბენზოდიოქსინი, დიბენზოფურანი და ბიფენილი.



დიბენზოდიოქსინი



დიბენზოფურანი



ბიფენილი

დიოქსინები მდგრადი ნაერთებია, არ იშლება, ინტენსიურად გროვდება როგორც ბიოსფეროში, ასევე ადამიანის ორგანიზმში. ისინი ძალზე ტოქსიკური. მათი სასიკვდილო დოზა გაცილებით მცირეა, ვიდრე ზოგიერთი საომარი მომწამვლელი ნივთიერებებისა. დიოქსინების 90% ადამიანის ორგანიზმში ხვდება საკვების: ხორცის, თევზის, რძის ნაწარმის, ასევე - სასმელი წყლის მეშვეობით. ორგანიზმში მოხვედრილი დიოქსინები სისხლში ცირკულირებს, ლაგდება ცხიმოვან ქსოვილში, ძნელად გამოიდევენება ორგანიზმიდან, აზიანებს დნმს, აქვეითებს იმუნიტეტს, უხესად და დამანგრეველად ერთვება უჯრედთა გაყოფისა და სპეციალიზაციის პროცესში, რაც განაპირობებს ონკოლოგიურ პათოლოგიას. ექსპერტთა დასკვნით, დიოქსინები მიეკუთვნება გარე სამყაროს ყველაზე საშიში და მნიშვნელოვანი კანცეროგენების ჯგუფს.

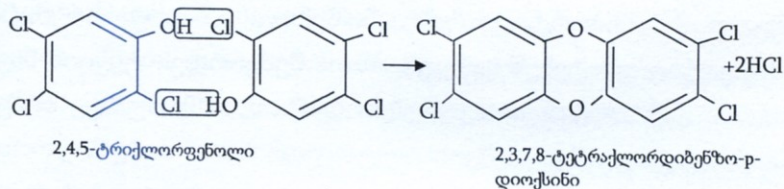
დიოქსინები, როგორც ტოქსიკური ნაერთების ისტორია 1971 წლიდან იწყება, როდესაც აშშ-ის მისურის შტატის ერთ-ერთ პატარა ქალაქში, თაიმ ბიჩში, დოლის წინ იპოდრომის გრუნტზე, ამტვერების თავიდან ასაცილებლად, 10მ<sup>3</sup> ტექნი-



კური ზეთი მოასხურეს, დოლოდან ერთი კვირაც არ იყო გასული, რომ იპოდრომის ტერიტორია დახოცილი ფრინველებით დაიფარა, ერთი თვის განმავლობაში დაილუპა იპოდრომზე მოასპარეზე ცხენების დიდი ნაწილი, იქ მოზინადრე შინაური ცხოველები, მძიმედ დაავადდნენ ჟოკეი და რამდენიმე მცირეწლოვანი მაყურებელი. ამის შემდეგ ხელისუფლებამ მომხდარის მიზეზის დასადგენად სპეციალური გამოკვლევა ჩაატარა. აღმოჩნდა, რომ ყველაფერი სწორედ იმ ზეთმა გამოიწვია, რომელიც დოლის წინ გამოიყენეს. ეს ზეთი წარმოადგენდა 2,4,5-ტრიქლოროფენოლის წარმოების ნარჩენს და დიდი რაოდენობით შეიცავდა დიოქსინს. ამ ნაერთების კონცენტრაციამ იპოდრომის ნიადაგში 30-50მკ/კგ-ს მიაღწია. სულ რამდენიმე წლის შემდეგ (1977წ.) იტალიის ქალაქ სევეზოში ქიმიური ქარხნის ტექნიკური ავარია დიდ კატასტროფაში გადაიზარდა, აფეთქდა დანადგარი, რომელშიც იყო ტექნიკური 2,4,5-ტრიქლოროფენოლი დიოქსინის მინარევით. ამის შედეგად 5 კგ-მდე დიოქსინი 30 კმ<sup>2</sup>-ზე გავრცელდა, დაიხოცა 80 ათასამდე შინაური ფრინველი და ცხოველი, ხელისუფლებას მოუხდა 200 ათასი ტონა სახნავი მიწის ესქკავაცია და მოცილება.

თაიმზ ბიჩის შემთხვევა იმითაც იყო მნიშვნელოვანი, რომ გაირკვა დიოქსინების წარმოშობის მეანიზმი. 2,4,5-ტრიქლოროფენოლი წარმოადგენს შუალედ ნაერთს დეფოლიანტის - 2,4,5-T-ს სინთეზში. აღმოჩნდა, რომ 2,4,5-ტრიქლოროფენოლი, ასევე 2,4,5-T ადვილად გარდაიქმნებიან დიოქსინის ერთ-ერთ კონგენერად - 2,3,7,8-ტეტრაქლორდიბენზო-p-დიოქსინად. ამიტომ ეს პესტიციდები ყოველთვის საშიში რაოდენობით შეიცავენ დიოქსინს, რომელიც მათთან შედარებით 500 ათასჯერ უფრო მეტად ტოქსიკურია. ამის სამწუხარო დადასტურებაა

ვიეტნამის ომის დროს ამერიკის არმიის მიერ გამოყენებული „ნარინჯისფერი რეაგენტი“, რომელიც 2,4,5- T-სთან დიოქსინებსაც შეიცავდა. მას ასხურებდნენ ვერტმფრენებიდან გაუვალ და დაბურულ ტყეებს, რომლებშიც ვიეტნამელი პარტიზანები იმალებოდნენ. ომის შემდეგ თვით ამერიკულ არმიაშიც მრავალი ჯარისკაცი აღმოჩნდა დიოქსინით მოწამლული, ვიეტნამის ნიადაგი კი დღესაც დაბინძურებულია ამ ტოქსიკანტებით.



**ნახ.7. 2,3,7,8-ტეტრაქლორდიბენზო-*p*-დიოქსინის წარმოქმნა 2,4,5-ტრიქლორფენოლიდან**

დიოქსინების ძირითადი წყაროებია ქიმიური საწარმოები, რომლებიც ქლორს, ქლორორგანულ პესტიციდებს, პოლიქლორბენზოლებს, ქლორირებულ ალკანებს და ალკენებს აწარმოებენ. ქლორის ელექტროქიმიური წარმოებისას ნახშირის ანოდის, ქლორისა და ჰაერის ჟანგბადის ურთიერთქმედებისას წარმოიქმნება დიოქსინი, რომელიც მინარევის სახეით შედის გაზში, რომლითაც ხდება ქლორირება. ამიტომ წყლის ქლორირება ყველაზე მეტად იწვევს დიოქსინით დაბინძურებას.

დიოქსინებით გარემოს დაბინძურების ინტენსივობის მიხედვით მეორე ადგილზეა ცელულოზა-ქაღალსდის წარმოება. ცელულოზის წარმოებაში აუცილებელ ეტაპს წარმოადგენს

ქლორიანი რეაგენტებით მოცილებაა. ამ დროს საკმაო რაოდენობით დიოქსინები წარმოიქმნება. იგივე ხდება ქაღალდის წარმოებისას, როდესაც ქლორი ან ქლორის ნაერთები მათეთრებელ აგენტებად გამოიყენება.

ატმოსფეროში დიოქსინების ემისიის მიზეზს ხშირად ის მაღალტემპერატურული ქიმიური პროცესები წარმოადგენს, რომლებშიც ქლორის შემცველი ორგანული და არაორგანული ნაერთები მონაწილეობენ. ასეთ პროცესებს მიეკუთვნება, მაგ. საყოფაცხოვრებო ნაგვის წვა. დიოქსინების წყაროა საავტომობილო ტრანსპორტიც, რისი მიზეზიც 1,2-დიქლორეთანია, რომელსაც უმატებენ საწვავს, რათა შემცირდეს ტყვიის ნაერთების გამოლექვა ეთილბუთილ ბენზინით მომუშავე ძრავის შიდა დეტალებზე.

დიოქსინები სხვა პოლიქლორირებული ნაერთების მსგავსად გარემოში აბიოტური და ბიოტური გარდაქმნების მიმართ ძალიან მაღალი მდგრადობით გამოირჩევიან. ცოცხალ ორგანიზმებზე ზემოქმედების ხასიათის გათვალისწინებით დიოქსინები გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის რეალურ საფრთხეს წარმოადგენენ.

დიოქსინებს უძლიერესი კანცეროგენული ეფექტი გააჩნიათ. კანზე მოხდევრისას ისინი იწვევენ ქლორაკნეს - დაავადებას, რომელიც გამოიხატება კანის განსაკუთრებით მძიმე დაზიანებებით, რის შედეგადაც დიდხანს შეუხორცებელი წყლულები რჩება. დიოქსინები აგრეთვე იწვევენ დაავადებებს, რომლებიც აზიანებენ ენდოქვრინულ სისტემებს, არღვევენ სქესობრივ განვითარებაში მონაწილე ჯირკვლევის ფუნქციონირებას, აზიანებენ ნაყოფის ნერვულ სისტემას და დამლუპველად მოქმედებენ ემბიონის განვითარებაზე. დიოქსინე-

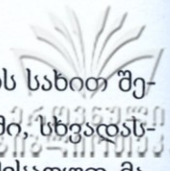


ბის გავლენით ორგანიზმში ვითარდება იმუნოდეფიციტი, რის შედეგადაც იმატებს ინფექციური დაავადების მიმართ მგრძობიარობა.

მაღალი მდგრადობის გამო დიოქსინები ძნელად ექვემდებარება ბიოდეგრადაციას. მათი სრული მინერალიზაცია შესაძლებელია მხოლოდ ანაერობული და აერობული მიკროორგანიზმების ერთობლივი მოქმედების შედეგად. ბოლო დროს აღმოჩენილია, რომ ზოგიერთ მიკროორგანიზმს უნარი აქვს, მოახდინოს ამ ტოქსიკანტების დაშლა. ასეთია ანაერობული ბაქტერია *Dehalococcus sp.*, რომელიც აღდგენითი დეჰალოგენირების გზით დიოქსინის მოლეკულას ქლორის ატომებს აშორებს. წარმოქმნილი p-დიოქსინი დიოქსიგენაზებისა და ჰიდროლაზების თანმიმდევრული მოქმედებით გარდაიქმნება, რის შედეგადაც არომატული ბირთვი იხლიჩება და სტანდარტული უჯრედული მეტაბოლიტები წარმოიქმნება.

ნიადაგის ზოგიერთი მიკროსკოპული სოკო და აქტინომიცეტი დიოქსინების მიმართ განსაკუთრებით მაღალი მგრძობიარობით გამოირჩევა. ნიადაგში ამ მიკროორგანიზმების არსებობა შეიძლება გამოყენებულ იქნას დიოქსინებით დაბინძურების ბიოინდიკაციისათვის.

დიოქსინებთან ერთად განსაკუთრებით მაღალი ტოქსიკურობით პოლიქლორირებული არომატული ნაერთების კიდევ ჯგუფი გამოირჩევა. ესენია პოლიქლორირებული ბიფენილები, რომლებიც აერთიანებენ 200-ზე მეტ უაღრესად ტოქსიკურ ნაერთს. ყველა პოლიქლორირებულ ბიფენილს ახასიათებს მაღალი თერმომედეგობა, ისინი არ იწვიან და სწორედ ამ თვისებების გამო გამოიყენებიან ელექტროტექნიკაში, პოლიგრაფიაში, ქაღალდის, მელნების და საღებავების წარმოებაში.



ეს ნაერთები აალების საწინააღმდეგო დანამატების სახით შედიან ტრანსფორმატორების და ტექნიკურ ზეთებში, სხვადასხვა სითბოგადამცემ სითხეებში, პლასტმასებში, შესაფუთ მასალებში, პესტიციდებში და ა.შ.

პოლიქლორირებული ბიფენილები წყალში პრაქტიკულად უხსნადია და დუდილის მაღალი ტემპერატურით ხასიათდება. პოლიქლორირებული ბიფენილების წარმოება და გამოყენება სულ უფრო იზღუდება, მაგრამ ისინი მაინც საკმაოდაა დაგროვილი ნიადაგში და სედიმენტებში, საიდანაც ჰაერსა და წყალში ვრცელდებიან. უაღრესად მაღალი ქიმიური სტაბილურობის გამო ეს ტოქსიკანტები დიდხანს ნარჩუნდებიან გარემოში უცვლელი სახით, ხოლო მაღალი ლიპოფილურობის გამო ადვილად ბიოკონცენტრირდებიან მცენარეულ და ცხოველურ ქსოვილებში, საიდანაც კვებით ჯაჭვში ხვდებიან და დიდ საფრთხეს უქმნიან ადამიანის ჯანმრთელობას.

ქლორის შემცველობასთან პირდაპირ კავშირშია პოლიქლორირებული ბიფენილების ტოქსიკურობაც. კანზე მოხვედრისას ისინი იწვევენ ქლორაკნეს, ხოლო ორგანიზმში შეღწევისას აზიანებენ ღვიძლს, ნერვულ სისტემას, ცვლიან სიახლის შემადგენლობას. პოლიქლორირებულ ბიფენილს მკვეთრად გამოხატული კანცეროგენული თვისებები ახასიათებს.

პოლიქლორირებული ბიფენილების ლიკვიდაცია ძალიან ძნელია მათი მოცილების ყველაზე გავრცელებული ხერხია ინცინერაცია, ანუ მაღალ ტემპერატურაზე დაწვა, მაგრამ ამისათვის, სულ ცოტა, 1200°C-ია საჭირო. რაც შეეხება გარემოს რემედიაციის ბიოლოგიურ მეთოდებს, სადღეისოდ ისინი ნაკლებად ეფექტურია.



ტოქსიკური ნივთიერებები საკვებში ძირითადად ოთხი გზით ხვდება:

1. კვების პროდუქტები თვითონ შეიცავს ბუნებრივ ტოქსინებს;
2. კვების პროდუქტების მოყვანისას გამოყენებული პესტიციდების ნარჩენები;
3. ხორცში მოხვედრილი მედიკამენტების ნარჩენები, რომელსაც პირუტყვის საკვებს უმატებენ;
4. კატასტროფების ან სხვა სიტუაციის შედეგად ადამიანის კვების პროდუქტებში შემთხვევით მოხვედრილი ტოქსიკური ნივთიერებები.

როგორც ცნობილია, პესტიციდები სპეციალურად შემუშავდა მწერებისა და სხვა მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად. ისინი მცენარეთა და ცხოველთა დაცვის ქიმიური საშუალებებია. პესტიციდები მთელს მსოფლიოში ფართოდ გამოიყენება და ღრმად შემოიჭრა ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში. მათ ფართოდ იყენებენ მწერებისა და ჩრჩილის წინააღმდეგ (მაგ. ნაფტალინი) და სხვა.

მავნებლების წინააღმდეგ ქიმიური ნივთიერებების გამოყენება ძველთაგანვეა ცნობილი: ვაზის შესაწამლად ბორდოს ხსნარი, თავგის შაქარი - მღრღნელების წინააღმდეგ და სხვა.

1945 წლიდან მსოფლიო დაიპყრო „დღტ“-მ (დიქროდიფენილ ტრიქლოეთანი) დუსტმა, რომელსაც წარმატებით იყენებდნენ ტილებისა და ტკიპების მოსასპობად. მომდევნო წლებში სინთეზირებულ იქნა მრავალი სხვა ქლორორგანული პესტიციდი.

მსოფლიოს გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ ჩატარებული გამოკვლევებმა დაადასტურა, რომ „დდტ“, როგორც ტოქსიური პესტიციდი, დაფიქსირებულია აშშ-ის მრავალ წყალსატევში, მათ შორის სასმელ წყალში, სოფლის მრავალ ბუნებრივ წყაროსა და ადამიანთა ორგანიზმში (კვების პროდუქტებიდან).

მოსახლეობისათვის ასევე დიდ საფრთხეს ქმნის პესტიციდებით დაბინძურებული გრუნტის წყლები. განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს ისეთი პესტიციდების გამოყენება, როგორცაა: „დდტ“, ფენილქლორიდი, დიელდრანი, კეპონი, სიმაზინი, პენტაქლორი, ქლორდანი, ალდრინი, ტრიქლოფენოლი და სხვა, რადგან მათი გამოყენება სოფლის მეურნეობაში აკრძალულია.

აღსანიშნავია, რომ ამერიკელები არ მოელოდნენ თავიანთ საკვებში და სასმელ წყალში „დდტ“-ს არსებობას, რადგან მათი გამოყენება როგორც ამერიკაში, ასევე სხვა განვითარებულ ქვეყნებში აკრძალულია კანონმდებლობით. ამის მიუხედავად, პესტიციდების ნარჩენები მაინც აღმოჩნდა მათ საკვებში, მიზეზი არის ის, რომ ამ პესტიციდებს აქტიურად იყენებენ განვითარებად ქვეყნებში. მაგალითად, დდტ გამოიყენება ყავის პლანტაციებში, ასევე ბაღჩეული კულტურებისა და სხვა ნათესების მავნებლებისაგან დასაცავად. ეს პროდუქტები კი შემდეგ ამერიკაში და ევროპის სხვა ქვეყნებში შეაქვთ იმპორტის სახით.

სტატისტიკური მონაცემებით ცნობილია, რომ ინდოეთის ზოგიერთ რაიონში საკვების 70%-ს პარაზიტები ანადგურებს. ამიტომ ინდოეთის კვების პროდუქტების საცავებში ხორბალს და ბრინჯს ანალეგალურად ამუშავებენ დდტ-თი,

სწორედ, ამის შედეგია, რომ ინდოეთის მოსახლეობის ცხიმოვან ქსოვილებში ამ ქიმიკატის დიდი რაოდენობაა დაფიქსირებული.

ქლორორგანული პესტიციდები, მათ შორის დუსტიც, საკმაოდ მდგრადია გარემოში, დიდხანს არ ხდება მათი დაშლა და გაუვნებელყოფა. დდტ-ს ნახევრად დაშლის პერიოდი დაახლოებით 20 წელიწადია, ხოლო ზოგიერთი პესტიციდი საერთოდ არ იშლება.

მართალია, ამერიკაში კვების პროდუქტების და მედიკამენტების ხარისხის ზედამხედველობის სამსახურს აქვს სპეციალური პროგრამა, რომელიც ამოწმებს იმპორტით შემოსული კვების პროდუქტების ხარისხს, მაგრამ, როგორც ჩანს, ეს საკმარისი არ არის. მაგ. ბოლო 10 წლის მონაცემებით ეს შემოწმება ითვალისწინებს ერთი სინჯის აღებას 900 ტონა ფორთოხალზე, 3600 ტონა ყურძენზე, 1800 ტონა ტომატზე, 2500 ტონა ყავაზე.

როგორი პარადოქსულიც უნდა იყოს, აშშ თვითონაა აკრძალული პესტიციდების იმპორტიორი განვითარებად ქვეყნებში, აქედან კი პესტიციდები კვების პროდუქტების სახით უკან უბრუნდება არა მარტო ამერიკელებს, არამედ ევროპის მთელ რიგი ქვეყნების მოსახლეობასაც, თურქეთიდან კი ისინი შემოდის საქართველოში და კავკასიის მთელ რეგიონში - ბანანთან, ფორთოხალთან და ყავასთან ერთად.

2005-2008 წლების მონაცემების მხიედვით გამოკვლეული ამერიკელების 80-85% სისხლში და ცხიმოვან ქსოვილებში დდტ და ქლორორგანული პესტიციდების გარკვეული რაოდენობა ან კვალი არის აღმოჩენილი, ხოლო განვითარებადი ქვეყნების მოსახლეობაში კი ეს მაჩვენებელი გაცილებით მე-



ტია.

პესტიციდებს, რომელთა გამოყენება ბევრ განვითარებული ქვეყანაში აკრძალულია, თვითონ მიაწოდებენ განვითარებად ქვეყნებს, ამასთან უეტიკეტოდ, ინსტრუქციის გარეშე. მოსახლეობას და მომუშავე პერსონალს წარმოადგენა არა აქვს მათ ტოქსიკურობაზე. ისინი დიდი ხნის განმავლობაში იმყოფება ღია ცის ქვეშ, განიცდის მზის ზემოქმედებას, რაც ხელს უწყობს მათ გაჟონვას ჰაერში, ნიადაგსა და გრუნტის წყლებში. შეიძლება ზოგიერთ პესტიციდს ინსტრუქცია ახლავს, მაგრამ ის უცხოურ ენაზეა, თითქმის მიუწვდომელია ან ნაკლებად მისაწვდომია გლეხისათვის. მათ პესტიციდები მცენარისათვის უებარი „წამალი“ ჰგონიათ და ისიც კი არ იციან, რომ ყველა მცენარეს თავისი ინდივიდუალური პესტიციდი სჭირდება.

საქართველოში რამდენიმე წლის წინ შუა აზიიდან შემოიტანეს უეტიკეტო პესტიციდი, რომელიც შაბიამნის ნაცვლად გამოიყენეს ვაზის შესაწამლად. ამის სავალალო შედეგი კარგადაა ცნობილი, არადა, როგორც გაირკვა, ეს პესტიციდი ბამბის პლანტაციის შესაწამლად იყო განკუთვნილი.

სოფლის მოსახლეობას ხშირად წარმოადგენა არა აქვს, როგორ დაიცვას თავი პესტიციდების მავნე ზემოქმედებისაგან, არ იცის, რომ მათი გამოყენებისასა აუცილებელია სპეციალური ტანსაცმელი, რესპირატორი, რეზინის ჩექმები და ხელთათმანები. არადა, შიშველი ხელებით პესტიციდებთან შეხება ყოვლად დაუშვებელია.

განვითარებად ქვეყნებში მავნე პესტიციდების გამოყენება გლობალური პრობლემაა, მით უფრო, რომ შედეგები ჩვენი პლანეტის მოსახლეობის თითქმის ნახევართანაა კავშირში.

არანაკლებ აქტუალურია მათი გავლენა ოზონის გარსზე.

აშშ და გერმანიის მოსახლეობის შეძლებულმა ფენამ უკვე დიდი ხანია უარი თქვა პესტიციდებით მოყვანილ კვების პროდუქტებზე. ისინი კვების პროდუქტებს, განსაკუთრებით ხილს, ბადჩეულს, ბოსტნეულს „Natur Product“-ის მაღაზიებში ყიდულობენ.

ყველმა ჩვენგანმა პესტიციდების გამოყენებისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მისი ნორმები ისევე საყურადღებოა, როგორც წამლის. ის ერთდროულად შხამიც არის და სამკურნალო საშუალებაც. ამიტომ აუცილებელია მოსახლეობას ელემენტარული ცნობები მიეწოდოს პესტიციდების შესახებ და მათ გამოყენებაზე. დაიბეჭდოს სპეციალური ბროშურები, ბუკლეტები საქართველოში ფართოდ გამოყენებულ პესტიციდებზე. მათთან მუშაობის უსაფრთხოებაზე, ნორმებზე, ინდივიდუალობაზე, რათა ყველასათვის ცნობილი ქართული მარკის კვების პროდუქტი ქართული ჩაი, ღვინო პესტიციდების ნარჩენებით დაბინძურებული არ აღმოჩნდეს.

საჭიროა, სურსათის უვნებლობის სამსახურმა გაითვალისწინოს, რომ პესტიციდებით დაბინძურებული კვების პროდუქტები საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას და დადგენილ იქნას პესტიციდების ზღვრულად დასაშვები ნორმები კვების პროდუქტებში და ეს ინფორმაცია დროულად მიეწოდოს მოსახლეობას.



ადამიანთა უმრავლესობისათვის ცნებასთან „შრომის დაცვა“ ასოცირდება შრომის ისეთი პირობებისა და მოწყობილობების შექმნა, რომლებიც თავიდან აგვაცილებენ უბედურ შემთხვევებს სამუშაო ადგილზე. შრომის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა საწარმოს ადმინისტრაციის მუშაკებს ევალებოდა. თუმცა ისიც არ უნდა დავივიწყოთ, რომ არსებობს სხვა საშიშროებაც, რომელიც ადამიანის ჯანმრთელობას ემუქრება და რომლის მასშტაბებიც ამ ბოლო დროს უფრო გამოიკვეთა.

აშშ-ის პროფესიულ დავადებათა ნაციონალური ინსტიტუტის თანამშრომლების მიერ დადგენილია, რომ გამოკვლეული ყოველი ოთხი ამერიკელი მუშიდან ერთი თავისი შრომითი საქმიანობის მანძილზე განიცდის ტოქსიკური ნივთიერებების ზემოქმედებას, რამაც ავადმყოფობა ან სიკვდილი შეიძლება გამოიწვიოს.

ადამიანები ხშირად ვერ გრძნობენ ან არ არიან გათვითცნობიერებული, რა საფრთხეს უქადის ტოქსიკურ ნივთიერებებთან მუშაობა. თუ შორეულ წარსულში საშიშროებას წარმოადგენდა მომუშავე პერსონალის ტრავმირება ტექნოლოგიური დანადგარებისა და მოწყობილობის ავარიების შედეგად, ამჟამად მუშების ჯანმრთელობას სერიოზულ საფრთხეს შესუნთქული მტვრის ნაწილაკები უქმნის. ქვანახშირის მადაროების მუშებში ის იწვევს ფილტვების ნახშიროვან პიგმენტაციას, ხოლო ურანის მადაროების მუშებს ურანის მტვრის შესუნთქვის გამო აქვთ მაღალი რისკი ფილტვების კიბოთი დაავადებისა.

მრეწველობის ზოგიერთი დარგი კანცეროგენული ნივთიერებების გამოყებისას საშიშროების თვალსაზრისით

№	მრეწველობის დარგი ან მისი პროდუქცია	კანცეროგენული ნივთიერებები
1	იარაღებისა და სამეცნიერო ხელსაწყოების წარმოება	სარჩილი, აზბესტი, თალიუმი
2	ლითონის მზა ნაკეთობები	ტყვია, ნიკელი, გამხსნელები, ქრომის მჟავა, აზბესტი
3	ელექტრომოწყობილობა და კვების წყაროები	ტყვია, ვერცხლისწყალი, გამხსნელები, ქლორირებული ნახშირწყალბადები, სარჩილი
4	მანქანათმშენებლობა	ზეთები: საპოხი, გამოსაწრობი, შესაზეთგამაცივებელი ემულსიები
5	სატრანსპორტო მოწყობილობა	ფორმალინი, ფენოლი, იზოციანიტები, ამინები
6	ნავთობი და მისი გადამუშავების პროდუქტები	ბენზოლი, ნავთალინი, პოლიციკლური არომატული ნაერთები
7	ტყავის ნაკეთობები	ქრომის მარილები, მთრიმლავი ორგანული ნივთიერებები
8	მილსადენის ტრანსპორტი	ნავთობის წარმოებულები, შესადუღებელი ლითონები



ტოქსიკური ნივთიერებების ზემოქმედებას განიცდიან არა მარტო სამრეწველო დაწესებულების მუშაკები, არამედ სამედიცინო-კვლევით ინსტიტუტებსა და სამედიცინო დაწესებულებებში მომუშავე პერსონალიც. კიბოთი დაავადების განსაკუთრებით დიდი საფრთხე ანესთეზიოლოგებს ემუქრებათ.

საოპერაციო ბლოკის თანამშრომლებს უფრო მაღალი ალბათობა აქვთ ისეთი დაავადებებისა, როგორცაა ღვიძლისა და თირკმლების პათოლოგიები, სიმსივნეები, მათს შთამომავლობაში თანდაყოლილი დეფექტები და სხვა.

ასეთი საშიშროება თავს იჩენს რეგულარულად ან ავარიების შემთხვევაში. მაგალითად, ბოპალში (ინდოეთი) მომხდარმა კატასტროფამ, სადაც ქარხნიდან მოხდა იზოციანიდის გაჟონვა, 2000 ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა.

## **ტოქსიკური ნივთიერებები მედიკამენტებსა და კოსმეტიკურ საშუალებებში**

წარსულში კოსმეტიკურ საშუალებებს განიხილავდნენ, როგორც მასალებს, რომლებიც ორგანიზმში არ რჩება. ამიტომ თვლიდნენ, რომ საკვებთან და მედიკამენტებთან შედარებით ისინი ნაკლებად სახიფათოა. მაგრამ დღეს უკვე ცნობილია, რომ ეს ასე არ არის. მრავალი კოსმეტიკური საშუალება შთანთქმება კანის მიერ და ზიანს აყენებს ადამიანის ორგანიზმს.

ამის ნათელი დადასტურებაა თმის საღებავი. როგორც ცნობილია, ზოგიერთი მათგანი ადამიანებში ალერგიულ რეაქციებს იწვევს. თმის საღებავებს თან ახლავს შესაბამისი ინსტრუქციები, სადაც მითითებულია მოსალოდნელი უკუზვე-

ნებები და შედეგები.

მოგვიანებით (1975წ.) აღმოჩენილ იქნა, რომ ზოგიერთი თმის საღებავი იწვევს მუტაციებს, ე.ი. ცვლილებებს გენეტიკურ კოდში. ეს ნიშნავს, რომ იგი შეიძლება კანცეროგენული იყოს. ამერიკის ნაციონალურმა ინსტიტუტმა, რომელიც იკვლევდა კიბოს გაჩენის მიზეზებს ადამიანებში, დააფიქსირა, რომ ზოგიერთ თმის საღებავს შეუძლია ონკოლოგიური სიმსივნის გაჩენა, რადგან საღებავს შეიწოვს ადამიანის თავის კანი. ის ასევე აღმოჩენილ იქნა ამ საღებავის მომხმარებლის შარდშიც. უნდა აღინიშნოს, რომ ჯერ-ჯერობით არ არსებობს კანონი, რომელიც აკრძალავს ზოგიერთი თმის საღებავისა და კოსმეტიკური საშუალებების გამოყენებას. ამიტომ აუცილებელია მომხმარებელმა გაითვალისწინოს ის მითითებები, რომლებიც ინსტრუქციაში და ეტიკეტზე არის აღნიშნული.

სხვადასხვა დასახელების კოსმეტიკური საშუალებების დასამზადებლად ფართოდ გამოიყენება მინერალური ზეთები, კერძოდ, ვაზელინი და პარაფინი. ამ ინგრედიენტებს კი ნავთობიდან ღებულობენ. ისინი თხევადი ნახშირწყალბადების ნარევებია, რომლებსაც ბენზინისაგან გამოყოფენ. მინერალური ზეთი ხელს უშლის წყლის და ტენის გამოყოფას ორგანიზმიდან. აპკი მინერალური ზეთიდან აფერხებს არა მარტო წყლის, არამედ ტოქსინების ნახშირორჟანგის და სხვადასხვა ცხოველქმედების პროდუქტების გარეთ გამოსვლას, რომლებიც ჩვეულებრივ კანის საშუალებით გამოიყოფიან. გარდა ამისა, იგი ხელს უშლის ორგანიზმში ჟანგბადის შეღწევას. მინერალურ ზეთს გააჩნია ტენდენცია გახსნას კანში არსებული ცხიმი და დაზარდოს დეჰიდრატაცია. ის მიჩნეულია ქალებში მუწუკების და სხვადასხვა ტიპის გამონაყარის მიზეზად,

რომლებიც მოიხმარენ კოსმეტიკას მინერალური ზეთის სა-  
ფუძველზე. აღმოჩენილ იქნა, რომ მინერალური ზეთი შეე-  
ცავს კანცეროგენურ ნივთიერებებს.

ვაზელინი, როგორც ნავთობის გადამუშავების პროდუქ-  
ტი, შეიცავს პოლიციკლურ არომატულ ნახშირწყალბადებს.  
გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ ისინი კანთან  
ხანგრძლივი კონტაქტის შედეგად იწვევენ კანის გაღიაზიანე-  
ბას, ალერგიას და რიგ შემთხვევებში დაავადებებს.

ევროკავშირი ზღუდავს ვაზელინის გამოყენებას კოსმეტი-  
კურ საშუალებებში.

სილოქსანები: ციკლოტეტრასილოქსანი, ციკლოპენტასი-  
ლოქსანი, ციკლოჰექსასილოქსანი და ციკლომეთიკონი - სი-  
ლიკონის წარმოებულებია, რომლებიც ფართოდ გამოიყენები-  
ან კოსმეტიკაში კანის დასარბილებლად, და დასატენიანებ-  
ლად, ასევე ინტენსიურად გამოიყენებიან სახის კანის სამკურ-  
ნალოდ. მრავალი კვლევების შედეგად დადგენილია, რომ  
ციკლოტეტრასილოქსანი (D4) და ციკლოპენტასილოქსანი  
(D5) ხასიათდებიან მდგრადობით, ტოქსიკურობით და გააჩ-  
ნიათ ჰიდრობიონტებში ბიოაკუმულაციის უნარი.

ევროკავშირი D4-ს განიხილავს როგორც ტოქსიკურ ნივ-  
თიერებას, ის უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ენდოკრი-  
ნოლოგიურ და რეპროდუქციულ სისტემაზე. გამოკვლევები  
მიუთითებენ ასევე ონკოლოგიური სიმსივნეების წარმოქმნის  
შესაძლებლობაზეც.

ასევე მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევა დიბუტილ  
ფტალატი (დბფ), რომელიც გამოიყენება ფრჩხილის ლაქის  
დასამზადებლად-გამხსნელად. დბფ შეიწოვება კანიდან და  
აძლიერებს სხვა ქიმიური ნივთიერებების უნარს გამოიწვიოს

გენეტიკური მუტაციები, აზიანებს ენდოკრინოლოგიურ და რეპროდუქციულ სისტემას.

კანადის ჯანმრთელობის სამინისტროს მონაცემებით ბუტილ ფტალატმა შეიძლება გამოიწვიოს ღვიძლის და ფარისებრი ჯირკვლის დაზიანება. ის ძლიერ ტოქსიკურია წყლის ორგანიზმებისათვის.

აშშ-ში ბოლო 20 წლის განმავლობაში აიკრძალა და ხმარებიდან იქნა ამოღებული ზოგიერთი კოსმეტიკური საშუალება, რომელიც ჰექსაქლოროფენს შეიცავდა. ის ანტიბაქტერიული პრეპარატია, რომელსაც უმატებენ საპონს, დეზოდორანტებს და კანის მალამოებს.

ასევე აკრძალულ იქნა ქლორვინილი, რომელიც, როგორც დადგენილია, იწვევს თანდაყოლილ დეფექტებსა და, იშვიათ შემთხვევაში, ღვიძლის კიბოსაც. ქლორვინილი არც თუ ისე შორეულ წარსულში გამოიყენებოდა თმებზე შესასხურებლად ლაქის სახით.

დიეთანოლამინი (დეა) და მისი წარმოებულები ფართოდ გამოიყენებიან კოსმეტიკაში, კერძოდ, ცხიმიანი და ქაფიანი კოსმეტიკური საშუალებების დასამზადებლად. ისინი არეგულირებენ PH-ს და გამოიყენებიან სხვა ინგრედიენტების მჟავური თვისებების დასათრგუნავად... აღმოჩენილი არიან საპონში, გამწმენდ საშუალებებში და შამპუნებში.

ევროკავშირი დიეთანოლამინს მიაკუთვნებს ტოქსიკური ნივთიერებების ჯგუფს, რადგან ის სერიოზულ საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას, რადგან დეა-ს გააჩნია უნარი რეაქციაში შევიდეს კოსმეტიკურ საშუალებებში არსებულ ნიტრიტებთან და წარმოქმნას ნიტროზამინები, რომლებიც კლასიფიცირდება როგორც კანცეროგენი ადამიანის ორგანიზ-





მისათვის.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგინდა, რომ დეა და მისი წარმოებულები იწვევენ ღვიძლის კიბოს, ცვლილებებს ფარისებრი ჯირკვალში, ასევე კანის და თვალების გაღიზიანებას.

დანის გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემებით დეა-ს კოკამიდი ძალზე სახიფათოა გარემოსათვის. მისი მაღალი ტოქსიკურობის გამო ის საფრთხეს უქმნის ჰიდრობიონიტებს, გააჩნია ბიოაკუმულაციის უნარი. დეა-ს მსგავსი თვისებები გააჩნია მეა-ს (მონოეტანოლამინი) და ტეა-ს (ტრიეტანოლამინი). მათ გააჩნიათ უნარი რეაქციაში შევიდნენ კოსმეტიკურ საშუალებებში არსებულ სხვა ქიმიურ ნივთიერებებთან და წარმომქმნან კანცეროგენური ნიტროაზმინები.

დიბუტილ ფილატი (დფბ) გამოიყენება როგორც ფრჩხილების ლაქის გამხსნელი და დამარბილებელი. დფბ ადვილად შეიწოვება კანის საშუალებით. აძლიერებს სხვა ქიმიური საშუალებების უნარს გამოიწვიოს გენეტიკური მუტაციები, თვითონ კი მუტაგენურ თვისებებს არ ავლენს. დფბ კლასიფიცირდება როგორც რეაგენტი, რომელიც აზიანებს ენდოკრინულ სისტემას და ტოქსიკურია ადამიანის რეპროდუქციული სისტემისათვის.

დიბუთილფთალატი ძლიერ ტოქსიკური შხამია წყლის ორგანიზმებისათვის. ბუთილირებული ჰიდროქსიანიზოლი და ბუთილირებული ჰიდროქსიტოლოლი გამოიყენება როგორც კონსერვანტები ტუჩის საცხებში (პომადებში), დამარბილებელ კრემებში და სხვა კოსმეტიკაში. ისინი ასევე გამოყენებულია როგორც საკვები კონსერვანტები. დადგინდა, რომ ისინი იწვევენ ალერგიულ რეაქციას კანზე. უარყოფითად



მოქმედებენ ფარისებრ ჯირკვალზე, ღვიძლზე, თირკმელზე, არღვევენ ფულტვების და სისხლის მიმოქცევის ფუნქციონირებას.

**ბენზილბენზოატი:** გამოიყენება კრემებში, შამპუნებში, თმის კონდენციონერებში, თმის გელებში, პომადებში, სხეულის მოვლის საშუალებებში. განსაკუთრებით ტოქსიკურია იმუნური სისტემისათვის, აზიანებს და ანგრევს ენდოკრინულ სისტემას, ამიტომ მისი გამოყენება შეზღუდულია კოსმეტიკურ საშუალებებში.

**პოლიეთილენ გლიკოლი (პეგ-ი) - ნავთობის გადამუშავების პროდუქტებია, რომლებიც ფართოდ გამოიყენებიან როგორც საწყისი და ძირითადი მასალა კოსმეტიკური კრემების, საცხების, შემასქელებლების, გამხსნელების, დამარბილებლების და ტენის დასაგროვებლად.**

საწარმოო პროცესებიდან გამომდინარე, პეგ-ი შეიძლება შეიცავდეს 1,4-დიოქსანს. კიბოს კვლევის საერთაშორისო სააგენტოს მიერ 1,4-დიოქსანი კლასიფიცირდება როგორც ადამიანის კანცეროგენი. ასევე ის დიდი ხნის განმავლობაში არ იშლება და რჩება გარემოში. პეგ-ის შემცველი კოსმეტიკური საშუალებების გამოყენება არც ისე უსაფრთხოა ადამიანისათვის.

პროდუქციის უსაფრთხოებაზე ჩატარებული გამოკვლევები არ იძლევა უსაფრთხოების სრულ გარანტიას. მომხმარებელი ბოლომდე არ არის დარწმუნებული, რომ კანონით დაშვებული მედიკამენტები და კოსმეტიკური საშუალებები უვნებელია. პერიოდულად ჩნდება მონაცემები აგრეთვე იმის შესახებაც, რომ ზოგიერთი მედიკამენტის თანმხლები მოვლენები არის მიზეზი ავთვისებიანი სიმსივნის გაჩენისა, რაც ვლინდება

ბა მედიკამენტების გამოყენებიდან მრავალი წლის (10-15 წლის) შემდეგ.

არასასურველი შედეგები თან სდევს ჩასახვის საწინააღმდეგო საშუალებების ხშირ და არასწორ გამოყენებას. ისეთი ტრანკვილიზატორების, როგორცაა ვალიუმი, მილტოუმი, ლიბრიუმი, გამოყენება ფეხმძიმობის დასაწყისში იწვევს თანდაყოლილ დეფექტებს, ხოლო ფენაცეტინმა (ტკივილგამაყუჩებელი საშუალებების ძირითადი შემადგენელი ნაწილი) - შეიძლება გამოიწვიოს თირკმლების კიბო.

დიეთილსტილბესტროლის გამოყენება გახდა მიზეზი საშვილოსნოს კიბოს განვითარებისა 15-20 წლის შემდეგ იმ ქალიშვილებში, რომელთა დედები ორსულობის პერიოდში იყენებდნენ ამ პრეპარატს ნაყოფის შესანარჩუნებლად.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ზოგიერთი მედიკამენტი და კოსმეტიკური საშუალება, საპონი, შამპუნი გავლენას ახდენს კიბოს წარმოქმნაზე ადამიანის ორგანიზმში.

სასურველია, ადამიანები მეტ ინფორმაციას ფლობდნენ მედიკამენტებისა და კოსმეტიკური საშუალებების დადებით და უარყოფით თვისებებზე. მათ ამის სრული უფლება აქვთ.

*ნაშრომში ვერ მოხვდა ყველა ის ტოქსიკური ნივთიერება, რომელთა-  
ნაც უბღება შეხება ადამიანებს თავისი ყოველდღიური საქმიანობის  
შედეგად. ისინი ხომ ბევრია და მათი რიცხვი საკმაოდ სწრაფად იზ-  
რდება. მაგრამ საჭიროა, რომ ადამიანები ფლობდნენ ინფორმაციას ამ  
ნივთიერებების თვისებების წარმომქმნელი წყაროების, ადამიანების  
ჯანმრთელობასა და გარემოზე მათი მავნე ზემოქმედების შესახებ. ეს  
კი გააადვილებს ტოქსიკური ნივთიერებების გაუვნებლობასა და  
უსაფრთხო გამოყენებას.*

# დანართი 1

დ. ი. მენდელეევის პერიოდული სისტემის ქიმიური ელემენტები აღმოჩენილი ადამიანის ორგანიზმში ან გამოყენებული სამკურნალო საშუალებებში

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	IB	II B	IIIB	IVB	VA	VIA	VIIA	
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga*	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In*	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	

- სასიცოცხლოდ აუცილებელი მაკროელემენტები, რომლებიც შედიან სამკურნალო საშუალებების შემადგენლობაში;
- სასიცოცხლოდ აუცილებელი მიკროელემენტები, რომლებიც შედიან სამკურნალო საშუალებების შემადგენლობაში;
- შედიან სამკურნალო საშუალებებში, მაგრამ მათი აუცილებლობა დამტკიცებული არ არის.

დანართი 2



ტოქსიკური სინთეზური ორგანული ნაერთების ჩამონათვალი, რომლებიც საფრთხეს უქმნიან ადამიანის ჯანმრთელობას

№	ქიმიკატების დასახელება	რას იწვევს?							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	ბენზოლი	X	X	X	X				
2.	ჰექსაქლორბენზოლი	X	X	X	X	X	X		
3.	ქლოროფორმი		X	X	X		X		
4.	ოთხქლორიანი ნახშირბადი		X		X	X	X	X	
5.	ქლორეთილენი (ვინილქლორიდი)	X	X			X	X		X
6.	დიქლორეთილენი	X	X		X	X	X	X	
7.	ტრიქლორეთილენი	X	X			X	X		
8.	ტეტრაქლორეთილენი		X			X	X	X	
9.	ჰექტაქლორი	X	X		X	X	X		
10	პოლიქლორირებული ბიფენილები (პ.ქ.ბ.)	X	X	X	X	X	X		
11	ტეტრაქლორდიბენზოდიოქსინი	X	X	X	X	X	X		
12	ტოლუოლი	X			X	X			
13	ქლორტოლუოლები	X	X						
14	ქსილოლი			X	X	X			


1-მუტაგენი; 2-სიმსივნე; 3-თანდაყოლილი დეფექტები; 4-მკვდარი ნაყოფის დაბადება; 5-ნერვული დარღვევები; 6-ღვიძლის დაავადება; 7-თირკმლების დაავადება; 8-ფილტვების დაავადებები.

საქართველოს კანონიდან  
„საშიში ქიმიური ნივთიერებების შესახებ“

თავი VIII

საშიში ქიმიური ნივთიერების წარმოება, იმპორტი და ექსპორტი

1. საშიში ქიმიური ნივთიერების წარმოება დასაშვებია, თუ მან გაიარა სახელმწიფო ექსპერტიზა და რეგისტრაცია ამ კანონით დადგენილი წესით და თუ საწარმოს აქვს შესაბამისი ტექნოლოგია, ტექნიკური საშუალებანი, ჰყავს სპეციალურად მომზადებული მუშაკები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამ კანონის, სანიტარული წესებისა და ნორმების, აგრეთვე გარემოს დაცვის კანონმდებლობის პირობების შესრულებას.
2. თუ საშიში ქიმიური ნივთიერების წარმოებისას აღმოჩნდა, რომ საწარმო, ტექნიკური ან სხვა მიზეზით, ვერ ასრულებს საქართველოს კანონმდებლობის მოთხოვნებს, კომპეტენტურ სახელმწიფო ორგანოებს უფლება აქვთ მიიღონ გადაწყვეტილება საშიში ქიმიური ნივთიერების წარმოების შეზღუდვის, შეჩერების ან აკრძალვის თაობაზე კანონმდებლობის დარღვევის მიზეზების სრულ აღმოფხვრამდე.
3. აკრძალულია განსაკუთრებით საშიში ძლიერ ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებების წარმოება ქალაქებისა და მჭიდ-



როდ დასახლებულ პუნქტებში, კვებისა და გადამამუშავებელი მრეწველობის საწარმოების, საზოგადოებრივი, სამკურნალო-პროფილაქტიკური და ბავშვთა დაწესებულების მიმდებარე ტერიტორიაზე, წყალდაცვით ზოლში, საკურორტო, აგრეთვე სტიქიის (მიწისძვრა, წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, ღვარცოფი, მეწყერი, ზვავი) საშიშროების ზონებში.



1. ყიფიანი ე. ქიმიური ელემენტების და მათი ნაერთების პრაქტიკული გამოყენება და ბიოლოგიური როლი.-თბილისი.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 1994.
2. ე.გამყრელიძე, ტოქსიკური ნივთიერებები. გამომც. საქართველო, თბ. 2002 წ.
3. ვ.კაკუშაძე, გ.ხატისაშვილი, თ.სადუნიშვილი. მცენარეულ ჯანმრთელი გარემოსათვის. გამომც. „აჭარა“, 2005 წელი.
4. ლ.ადეიშვილი, რ.მანაგაძე, ტოქსიკოლოგიური ქიმია, ნაწ.1, თბ.2007წ.
5. Небел Б. Наука об окружающей среде. Т.-М.:Мир, 1993
6. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн.4. Здоровье и среда, в котором мы живем. - М.:Мир, 1995.
7. Лужников Е. Клиническая токсигология. - М.:Медицина, 1994.
8. Токсигологическая химия (под редакцией проф. Т.В.Плетекевой) Москва ГЭОТ –Медиа – 2008
9. Токсигологическая химия. Крамаренко В.Ф. М.:Высшая Школа.
10. Мельников.Н. Пестициды. М.Химия.1997г.
11. Рогов И. Дунченко И. Безопасность продовольственного сырья в пищевых продуктах.
12. <http://www.ecoline.ru/journalistics>.
13. <http://www.medichelp.ru/posts/view/6013>
14. [www.dic.academic.ru/dic,nsf/enc1p/36630](http://www.dic.academic.ru/dic,nsf/enc1p/36630)





შესავალი	3
ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერების წყაროები	6
ბიოაკუმულაციის პრობლემა	8
სინერგიზმის ეფექტი	10
ზოგი რამ მძიმე მეტალების ტოქსიკურობის შესახებ	11
მძიმე მეტალები - არაორგანული ტოქსიკანტები	12
ტყვი	18
კადმიუმი	24
ვერცხლისწყალი	28
დარიშხანი	32
თუთია	37
ბარიუმი	39
მანგანუმი	40
სპილენძი	41
ყველაზე მეტად გავრცელებული მომწამლავი აირები	44
ნახშირბადის მონოქსიდი (CO)	44
გოგირდწყალბადი	46
ქლორი	47
გოგირდის დიოქსიდი	49
აზოტის ოქსიდები	51
ზოგიერთი ორგანული ტოქსიკანტები	54
ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები	54
ფეთქებადი ნიტრონაერთები	57
დიოქსინები და პოლიქლორირებული ბიფენილები	62
ტოქსიკური ნივთიერებები კვების პროდუქტებში	69
ტოქსიკური ნივთიერებები საშუაო ადგილზე	74
ტოქსიკური ნივთიერებები მედიკამენტებსა და კოსმეტიკურ საშუალებებში	76

დანართი 1 \_\_\_\_\_ 83

დანართი 2 \_\_\_\_\_ 84

ამონარიდი საქართველოს კანონიდან \_\_\_\_\_ 85

„საშიში ქიმიური ნივთიერებების შესახებ“ \_\_\_\_\_ 85

გამოყენებული ლიტერატურა \_\_\_\_\_ 87

