

რ. ხეზერაძე

ერეშიანი  
და  
არეშიანი



გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“  
თბილისი — 1988

ნაშრომი ეკუთვნის საქართველოში რადიაციული ჰიგიენის პიონერს, მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორს რევაზ ეზეკიას ძე ხაზარაძეს, რომლის სახელთანაცაა დაკავშირებული 1960 წელს საქართველოს სსრ ჯანდაცვის სამინისტროს გ. ნათაძის სახელობის სპეციალური და ჰიგიენის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში ამიერკავკასიაში პირველი რადიაციული ჰიგიენის ლაბორატორიის შექმნა და რომელსაც დაარსების დღიდან თვითონ ხელმძღვანელობს.

წიგნში მეცნიერული სიზუსტით არის გადმოცემული, თუ როგორ მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე მთლიანობაში გამოხატულება და რა შეიძლება მოახდინოს მის არასწორ გამოყენებას. მკითხველი გაეცნობა, რა საშიშროება შეიძლება შექმნას ბირთვულმა აფეთქებებმა, ავარიებმა და განსაკუთრებით ბირთვული იარაღის გამოყენებამ, რამაც კაცობრიობა შესაძლებელია კატასტროფამდე მიიყვანოს.

წიგნში ფართოდ არის განხილული ბუნებრივი რადიაციული ფონი, ანთროპოგენული მოქმედებით მისი ზრდის მიზეზები (მინერალური სასუქები, სამშენებლო მასალა, წვის პროდუქტები — ქვანახშირი, ფიქალი, ნეთობი, გაზი და სხვ.).

ნაშრომში მითითებულია ბირთვული ენერჯის მშვიდობიანი გზით გამოყენების საშუალებები ბიოლოგიაში, მედიცინაში, სოფლის მეურნეობაში და სხვ. დასახულია აგრეთვე რადიაციისაგან მოსახლეობის დაცვის გზები.

რეცენზენტები: პროფესორი ბ. გიორბაძე  
პროფესორი ვ. ვაშაძე

## შესავალი

ატომური ენერჯის აღმოჩენამ უდიდესი პერსპექტივები დასახა მისი ფართოდ გამოყენებისათვის. მას იყენებენ სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში, მეცნიერებაში, მედიცინაში. მსოფლიო ენერგეტიკულმა კრიზისმა აუცილებელი გახადა ატომურ ენერჯიაზე გადასვლა. მისი გამოყენების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფორმაა თბური და ელექტრული ენერჯის მიღება ატომურ ელექტროსადგურებში, რომელთა ფართო მშენებლობა ხორციელდება მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში, მ. შ. საბჭოთა კავშირში.

ატომური ენერჯის მშვიდობიანი გზით გამოყენების პერსპექტივები პრაქტიკულად შეუზღუდავია და მას შეუძლია ადამიანს მოუტანოს განუსაზღვრელი კეთილდღეობა, მაგრამ იმპერიალისტების მისწრაფებამ, მეცნიერების ეს უდიდესი მონაპოვარი გამოიყენონ მილიტარისტული მიზნებისათვის, შესაძლებელია კაცობრიობა სრულ კატასტროფამდე მიიყვანოს.

ყველა ცოცხალი არსება დედამიწაზე მუდმივად განიცდის რადიაციის ზემოქმედებას. რადიაცია ჩვენამდე აღწევს კოსმოსიდან, დედამიწის სიღრმიდან და თვით ცოცხალი ორგანიზმებიდან.

კოსმოსიდან ჩვენამდე მოდის ძლიერ შემღწევი რადიაცია, რომელიც დედამიწის ქერქში დიდ სიღრმემდე ვრცელდება. მზე გამოტყორცნის ფართო სპექტრის ვამოსხივებას: რადიოტალღებიდან დაწყებული თბური გამოსხივებისა და ხილული სინათლის ჩათვლით გამა-გამოსხივებამდე, რომელიც ხასიათდება ძლიერი შეღწევალობით. ასევე დედამიწაც გამოასხივებს, ვინაიდან ის შეიცავს ისეთ რადიოაქტიურ ნივთიერებებს, როგორცაა ურანი, რადიუმი, თორიუმი და სხვ. რადიოაქტიურ იზოტოპებს (კალიუმი, ნახშირბადი და სხვ.) შეიცავს ადამიანის ორგანიზმი, ამიტომ რადიაციის წყაროდ ჩვენც ვიტვლებით.

გამოსხივების ფართო სპექტრიდან ჩვენი გრძნობის ორგანოები აღიქვამენ მხოლოდ მცირე ნაწილს: მზის სინათლეს და სითბოს,

ვარსკვლავებისა და მთვარის სინათლეს. დანარჩენი გამოსხივების სახეობანი (ულტრაიისფერი, რენტგენის, კოსმოსური, რადიოაქტიური) ჩვენ შეგვიძლია აღმოვაჩინოთ მხოლოდ ხელსაწყოების დახმარებით. მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენი გრძნობის ორგანოები ვერ აღიქვამენ ასეთ რადიაციას — მაიონიზებელ გამოსხივებას, ის ადამიანზე მოქმედებს და წარუშლელ კვალს ტოვებს. ცოცხალ ორგანიზმზე ცალკეული სახეობის გამოსხივების მოქმედება განისაზღვრება არა მარტო დასხივების ხანგრძლივობით და შთანთქმის ინტენსივობით, არამედ სპეციფიკური ხასიათითაც, რომელიც ნიშანდობლივია გამოსხივების ამ სახეობისათვის.

ზემოაღნიშნულის გამო მიზანშეწონილად მივიჩნით ამ საკითხზე სამეცნიერო-პოპულარული ნაშრომის გამოცემა ფართო მკითხველისათვის, მით უმეტეს, რომ ქართულ ენაზე ლიტერატურა ამ საკითხზე ძალიან ცოტა მოგვეპოვება.

წიგნში ჩვენ არ განვიხილავთ გამოსხივების ყველა სახეობას, შევჩერდებით მხოლოდ ბირთვულ ანუ მაიონიზებელ გამოსხივებაზე. პირველ რიგში ეს არის რადიოაქტიური და ნეიტრონული გამოსხივება, რომლებთანაც ადამიანებს ხშირად აქვთ საქმე. მართალია, ბირთვული გამოსხივება ზოგჯერ გვეხმარება დაავადების აღმოჩენასა და მკურნალობაში, მაგრამ მას შეუძლია დააზიანოს ორგანიზმი და ადამიანის ჰიკვილიოც კი გამოიწვიოს.

უდიდესი მნიშვნელობა აქვს იმ სამუშაოებს, რომლებიც დაკავშირებულია ატომური ენერჯის გამოყენებასთან ადამიანების საკეთილდღეოდ. რადიაციაში ინახება უდიდესი ძალა, რომელსაც შეუძლია კაცობრიობას მოუტანოს დიდი სარგებლობა, მაგრამ ამავე დროს მასშივე იმალება დიდი საშიშროებაც.

უკანასკნელ წლებში მოსახლეობის დასხივების დოზა შესამჩნევად გადიდა ხელოვნური გამოსხივების წყაროების ზრდის საფუძველზე. ეს გამოწვეულია მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის განვითარებით, რომელთანაც არის დაკავშირებული მოსახლეობის პერიოდული რენტგენოლოგიური გამოკვლევები, გარემოს გაბინძურება რადიოაქტიური ნივთიერებებით ბირთვული იარაღის ექსპერიმენტული აფეთქებების, ბირთვული ენერჯის მშვიდობიანი გამოყენების არის გაფართოებისა და რადიოაქტიური იზოტოპების სახალხო მეურნეობაში ფართო გამოყენების შედეგად. ჯამური ექსპოზიციური დოზის გაზრდა სამრეწველო საქონლის მოხმარების შედეგად (ტელევიზორი, მანათობელციფერბლატიანი საათები და სხვ.) ჯერჯერო-

ბიო მინიმალურ გავლენას ახდენს ადამიანის დასხივების დოზაზე, მაგრამ პერსპექტივაში ამ ფაქტორების მხედველობაში მიუღებლობაც არ შეიძლება.

ყველა ცოცხალი ორგანიზმი აუცილებლად განიცდის რადიაციის ზეგავლენას. რა დადებითი და რა უარყოფითი იმალება ამ აუცილებლობაში? შეიძლება თუ არა ამ „უხილავი“ სტიქიის დაუფლდება? როგორ შევიცნოთ და გამოვიყენოთ იგი უკეთესად? ადამიანმა თავის სასარგებლოდ როგორ შეძლოს ბუნების ამ მძლავრ და ხელოვნურად შექმნილ ძალასთან თანაარსებობა? ვეცდებით ამ საკითხზე პოპულარულ ენაზე გავცეთ პასუხი.

წიგნში გამოყენებულია ძირითადად ლიტერატურული მასალა, რომელიც გამოქვეყნებულია მსოფლიოს გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ატომური რადიაციის მოქმედების სამეცნიერო კომიტეტის (არმსკი), რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის (რდსკ) მიერ, აგრეთვე სხვა ლიტერატურული წყაროები და საკუთარი კვლევის შედეგები.

**რ ა არ ის რ ა დ ი ა ც ი ა**

დიდი ხნის წინათ ჯერ კიდევ ალქიმიკოსები ცდილობდნენ გარდაექმნათ ბუნებრივი ელემენტები, მაგალითად, ჩვეულებრივი ტყვიიდან კეთილშობილი ოქრო მიეღოთ. დრომ გააქარწყლა მათი გულუბრყვილო რწმენა. XIX საუკუნეში ხელმოცარული ჭიუტები ისევ ფიქრობდნენ, რომ ერთი ელემენტისაგან მეორის მიღება შეიძლება. მეცნიერებაში კი ურყევად ითვლებოდა, რომ ატომი განუყოფელია.

ამასობაში ქიმიური ელემენტების სამყაროში მეტად თავისებური და საკმაოდ უჩვეულო ცხოვრება მიმდინარეობს: ზოგი ატომი კვდება, ზოგი ჩნდება — ხდება ელემენტების დიდი მიმოქცევა.

XIX საუკუნის დასასრული უდიდესი მეცნიერული აღმოჩენების ხანა იყო. 1895 წელს გერმანელმა მეცნიერმა ვილჰელმ კონრად რენტგენმა აღმოაჩინა x-სხივები, რომელთაც შემდგომში რენტგენის სხივები უწოდეს. მკვლევრები ცდილობდნენ დაედგინათ, როგორ და რატომ გამოიყოფა ეს სხივები. მათი აზრით, რენტგენის გამოსხივება შეიძლება თან ახლდეს ფლოუორესცენციას, ე. ი. ზოგიერთი ნივთიერების ცივ ნათებას. ასეთი ნივთიერებები მზის სხივების მოქმედების შემდეგ გარკვეული დროის განმავლობაში ინარჩუნებენ თვითნებური ნათების უნარს. სწორედ ამის შემოწმება გადაწყვიტა ფრანგმა მეცნიერმა ანრი ბეკერელმა. ამ მიზნით იგი იღებდა ძლიერი მაფლოუორესცენცირებელი ნივთიერებ-ს კრისტალს—ურანისა და კალიუმის ორმაგ გოგირდმკვავა მარილს და შავ ქაღალდში კარგად შეხვეულს ათავსებდა ფოტოფირფიტაზე. ამ სახით დებდა მას რამდენიმე ბნით მზეზე. მზის სხივები, რა თქმა უნდა, შავ ქაღალდში ვერ ატანდა და ფირფიტაზე ვერ იმოქმედებდა. ამის შემდეგ ფირს ამულავნებდა და მასზე ნათლად ჩანდა კრისტალის ფორმის შავი ლაქა. ბეკერელმა მიიჩნია, რომ ეს მზის სხივების მოქმედების შედეგი იყო, მაგრამ აღნიშნული მოსაზრება არ გამართლდა. ღრუბლიან ამინდში მეცნიერმა ცდა ვერ ჩაატარა და შავ ქაღალდში გახვეული კრისტალი კარაღაში შეინახა. რამდენიმე დღის შემდეგ მან ფოტოფირი გამოამულავნა და მასზე აღმოჩნდა კრისტალის ფორმის გამოსახულება. ამით დადგინდა, რომ მზის სხივებს კრისტალის გამოსახვაში არავითარა როლი არ მიუძღოდა და ახალი სხივები ურანისა უნდა ყოფი-

ლიყო. აი, სწორედ ეს იყო ბუნებრივი რადიოაქტიურობის მოქმედების შედეგი.

ამრიგად, 1896 წელს ანრი ბეკერელმა აღმოაჩინა ბუნებრივი რადიოაქტიურობა.

ეს სხივები შემდგომ დაწვრილებით შეისწავლა ცოლ-ქმარმა მარი სკლოდოვსკა-კიურიმ და პიერ კიურიმ. მათ აღმოაჩინეს მეორე ელემენტი. რომელიც ურანის მსგავსად ასხივებდა და ამ ელემენტს უწოდეს პოლონიუმი (მარი სკლოდოვსკას სამშობლოს — პოლონეთის — სახელი). ნივთიერებათა გამოსხივების უნარს — რადიოაქტიურობა (ლათინურად რადიუს — სხივი), ხოლო ნივთიერებებს — რადიოაქტიური ნივთიერებები.

ხელოვნური რადიოაქტიურობა აღმოაჩინეს მარი და პიერ კიურის ქალიშვილმა ირენ კიურიმ და მისმა მეუღლემ ფრედერიკ ჟოლიო-კიურიმ 1934 წელს. ისინი ალუმინის ფორმირატზე ალფა-სხივების წემოქმედების შედეგად ღებულობდნენ ფოსფორის იზოტოპს — პირველ ხელოვნურ რადიოაქტიურ ნივთიერებას. ამ აღმოჩენის შედეგად მეცნიერებმა შეძლეს ხელოვნური გზით მიეღოთ მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში არსებული ყველა ელემენტის რადიოაქტიური იზოტოპი და აგრეთვე ტრანსურანული ელემენტები.

რადიაცია, ანუ მაიონიზებული გამოსხივება ეწოდება ისეთ გამოსხივებას, რომელიც ნივთიერებასთან ურთიერთმოქმედებისას იწვევს იონიზაციას, ე. ი. მასში დადებითად და უარყოფითად დამუხტული ატომებისა და მოლეკულების იონებად გარდაქმნას.

მაიონიზებელ გამოსხივებას ეკუთვნის მოკლეტალღოვანი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება — რენტგენისა და გამა-გამოსხივება და კორპოსკულური (კორპოსკულა-ნაწილაკი) გამოსხივება (ძალიან მცირე იონიზაცია შეიძლება გამოიწვიოს მოკლეტალღოვანმა ულტრაისფერმა გამოსხივებამ).

რენტგენის გამოსხივების ჩვეულებრივ წყაროდ ითვლება რენტგენის მილი. მასში ვაკუუმის პირობებში ელექტრონების ნაკადი კათოდოიდან ეცემა ანოდზე. ამ დროს ელექტრონები დამუხრუჭდება და მათი ენერგიის ნაწილი გამოსხივდება კვანტების სახით. ელექტრომაგნიტური გამოსხივება წარმოქმნის ერთიან სპექტრს. რომლის ტალღის სიგრძეა 1-იდან 20 ანგსტრემი (ანგსტრემი— $10^{-10}$  სმ). რენტგენის გამოსხივება წარმოიქმნება აგრეთვე ვიწრო სპექტრული ხაზების სახით.

გამა-გამოსხივება წარმოიქმნება ბირთვული რეაქციების შედეგად

გად. ეს არის ელექტრომაგნიტური რხევის (კვანტური) ბუნების მქონე გამოსხივება (ტალლის სიგრძე 1 ანგსტრემზე მცირეა), შესაბამისად, მისი კვანტები უფრო მაღალ ენერჯიას შეიცავს. ვიდრე რენტგენის გამოსხივება და აგრეთვე სხვა ელექტრომაგნიტური სპექტრები. გამოსხივს შეღწევადობის დიდი უნარი აქვს და მისი გავრცელების სისწრაფეა 300.000 კმ/წამში.

კორპოსკულური გამოსხივება წარმოიქმნება სპონტანურად (თვითნებურად) ბირთვული გარდაქმნით. ე. წ. ატომგულური დაშლის შედეგად ბუნებრივ და ხელოვნურ რადიოაქტიურ იზოტოპებად, აგრეთვე სხვადასხვა ბირთვული რეაქციის დროს. კერძოდ, მქლავრი ნაწილაკების ნაკადები წარმოიქმნება ატომის რეაქტორებსა და ამაჩქარებლებში. კორპოსკულური გამოსხივება შეიძლება შედგებოდეს სხვადასხვა ნაწილაკისაგან. როგორც წყნარი ატომის ბირთვში (პროტონები და ნეიტრონები), ისე ატომბირთვის დაშლისას წარმოქმნილი ალფა- და ბეტა-ნაწილაკები. აგრეთვე ატომბირთვის დაშლის პროდუქტები. უფრო მსუბუქი ელემენტების ატომბირთვად გარდაიქმნება. პროტონებისა და ნეიტრონების მასა ერთ ერთეულთან ახლოსაა. ნეიტრონი ნეიტრალური ნაწილაკია, როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, ხოლო პროტონი დამუხტულია დადებითად. ყველა ატომის ბირთვის მუხტები განისაზღვრება პროტონების რიცხვით, მასა კი — პროტონებისა და ნეიტრონების ჯამით.

ალფა-გამოსხივება, რომელიც წარმოადგენს ჰელიუმის ატომების ბირთვების ნაკადს, შედგება ორი ნეიტრონისა და ორი პროტონისაგან; მისი მასა ოთხს უდრის, ხოლო მუხტი დადებითია და ორის ტოლია. ალფა-გამოსხივება რადიოაქტიური ატომების ბირთვებში მიმდინარე თავისთავად გარდაქმნების შედეგად წარმოიქმნება. მისი გავრცელების სიჩქარე არ აღემატება 30.000 კმ/წამში და ნივთიერებაში შეღწევადობის ძალიან მცირე უნარი აქვს.

ბეტა-გამოსხივება ელექტრონებისა და პოზიტრონების ნაკადია, რომლებიც წარმოიქმნებიან რადიოაქტიური ელემენტების ბირთვების რადიოაქტიური გარდაქმნების შედეგად. ბეტა-დაშლის დროს ბირთვის მასის რაოდენობა არ იცვლება. იცვლება მისი მუხტი და ქიმიური თვისება. ელექტრონული და პოზიტრონული გამოსხივება ერთმანეთისაგან განსხვავდება მუხტის ნიშნით: ელექტრონული გამოსხივება უარყოფითია, პოზიტრონული — დადებითი, მუხტის სიდიდე ერთის ტოლია. ნივთიერებაში შეღწევის უფრო მეტი უნარი აქვს, ვიდრე ალფა-ნაწილაკს. გავრცელების სისწრაფე 280.000 კმ/წამში აღწევს.



ნეიტრონული გამოსხივება მაიონიზებელ გამოსხივებას ეკუთვნის. იგი ბირთვიდან გამოტყორცნილი ნეიტრონების ნაკადებისაგან შედგება. მისი გავრცელების სისწრაფე და ნივთიერებაში შეღწევალობა პრაქტიკულად განუსაზღვრელია.

ბირთვული გარდაქმნების შედეგად წარმოქმნილი გამა-კვანტებისა და ნაწილაკების ენერგია შეიძლება სხვადასხვა იყოს. მაგალითად, ალფა-ნაწილაკების ენერგია, წარმოქმნილი თორიუმის ალფა-დაშლის შედეგად, 4 მეგაელექტრონვოლტის ტოლია, ხოლო პოლონიუმის ბირთვის მიერ წარმოქმნილი ალფა-ნაწილაკებისა — 8.8 მეგაელექტრონვოლტის ტოლი. გამოსხივების ენერგია იზომება ელექტრონვოლტებით. ერთი ელექტრონვოლტი არის ენერგია, რომელსაც იძენს ელექტრონი 1 ვოლტი პოტენციალის სხვაობის მქონე ელექტროველში გავლის დროს.

ყველა ცოცხალი ორგანიზმი, ადამიანის ჩათვლით, თავისი სიცოცხლის მანძილზე განიცდის მაიონიზებელ გამოსხივებას. ე. წ. ბუნებრივი რადიაციული ფონის გავლენას. გარდა ბუნებრივი რადიაციული ფონისა, ადამიანზე მოქმედებს ხელოვნური წყაროებიდან წარმოქმნილი რადიაცია, რომლის ინტენსივობა სისტემატურად იზრდება. ვინაიდან დღემდე არ არის დადგენილი, თუ რა მაქსიმალური დოზა შეიძლება აიტანოს ადამიანმა მისთვის შესამჩნევი მავნეობის გარეშე, ამიტომ მისი შეფასებისას საჭიროა ყველაზე დაბალი ზღვრის დონის შენარჩუნება. რადიაციის არაკონტროლირებული წყაროების სწრაფი ზრდა არასასურველი მოვლენაა. ამიტომ გარდა უსაფრთხოების მკაცრი ზომების დაცვისა, იმ ობიექტებზე, სადაც ადამიანებს უშუალო კავშირი აქვთ რადიაციასთან, საჭიროა ბუნებრივი რადიაციული ფონის დონე შესაძლებელ დაბალ დონეზე რჩებადეს.

საერთოდ ეფექტური მოქმედება აქვს იმ გამოსხივებას, რომელსაც შთანთქავს ნივთიერება. გამოსხივების გავლენით გამოწვეული ცვლილებების დადგენისას მთავარია დადგინდეს რაოდენობრივი დამოკიდებულება ასეთი ცვლილებების სიდიდისა შთანთქმულ გამოსხივებასთან. ამისათვის, პირველ რიგში, საჭიროა დასხივების დოზის ერთეულების ცოდნა. ვინაიდან შთანთქმული ენერგია ნივთიერების იონიზაციაზე იხარჯება, ამიტომ დასხივების დოზის ერთეულები ჩამოყალიბდა იონიზაციის საფუძველზე. ექსპოზიციური დასხივების ერთეულად მიღებულია რენტგენი (რ), გამოსხივების ისეთი დოზა, როდესაც 1 სმ<sup>3</sup> მშრალ ჰაერში 0° ტემპერატურისა და 760 მმ ვერცხ-

ლისწყლის სვეტის წნევის დროს წარმოიქმნება  $2,08 \cdot 10^{-9}$  (ორი მილიარდი) წყვილი იონი, რომელთაც აქვთ 1 ელექტროსტატიკური ერთეულის ტოლი ჯამური მუხტი.

რენტგენი ძალიან დიდი ერთეულია, ამიტომ პრაქტიკაში გამოიყენება მისი ნაწილები — მილირენტგენი (მეათასედი), მიკრორენტგენი (მემილიონედი).

შთანთქმული დოზის ერთეულად მიღებულია რადი — ისეთი შთანთქმული ენერჯის დოზა, როდესაც დასხივებული ნივთიერების ყოველი 1 გ შთანთქავს 100 ერგ ენერჯიას. რენტგენი და რადი დაახლოებით ტოლი ერთეულებია.

ვინაიდან სხვადასხვა სახის გამოსხივებას სხვადასხვა ბიოლოგიური ეფექტურობა ახასიათებს. შემოღებულია ერთეული — რენტგენის ბიოლოგიური ეკვივალენტი (რბე). ეს არის გამოსხივების ისეთი რაოდენობა, რომლის მოქმედება ისეთსავე ბიოლოგიურ ეფექტს იწვევს, როგორსაც 1 რენტგენის ან გამა-სხივის მოქმედება.

აქვე უნდა გავეცნოთ აქტივობის ერთეულს, რომელიც ახასიათებს გამოსხივების წყაროს. ეს არის კიური (კი) — რადიოაქტიური ნივთიერების ისეთი აქტივობა, როდესაც წაშლილი ხდება 37 მილიარდი ( $3.7 \cdot 10^{10}$ ) ატომის დაშლა. პრაქტიკაში გამოიყენება მისი ნაწილები: მილიკიური ( $10^{-3}$ ); მიკროკიური ( $10^{-6}$  კი); ნანოკიური ( $10^{-9}$  კი) და პიკოკიური ( $10^{-12}$  კი).

ჩვენ მიერ დასახელებულ რადიაციის ერთეულებს — რენტგენს, კიურის, რადის, ფართოდ გამოვიყენებთ ამ წიგნში. ამჟამად სპეციალურ ლიტერატურაში იხმარება ახალი საერთაშორისო ერთეულების სი ს ი ს ტ ე მ ა, მაგრამ ძველი ერთეულები ისე დამკვიდრდა სპეციალისტთა და ფართო მკითხველთა შორის, რომ ჩვენ მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ მათი გამოყენება. სი სისტემაში ექსპოზიციური დოზის ერთეულად მიღებულია კულონი (კილოგრამზე (კლ/კგ), რომელიც ხასიათდება დასხივების დოზით, რომლის ერთი ნიშნის იონების მუხტის საშუალო რაოდენობა, წარმოქმნილი ფოტონებით 1 კგ მასის ჰაერის მოცულობის ელემენტში, ნორმალურ პირობებში შეადგენს 1 კულონს. ძველი და ახალი ერთეულები ერთმანეთს უკავშირდებიან შემდეგნაირად: 1 რენტგენი =  $2.58 \cdot 10^{-4}$  კლ/კგ. აქედან გამომდინარე, დასხივების ერთეული სი სისტემაში 3876 რენტგენის ტოლია.

შთანთქმული დოზის ერთეულად სი სისტემაში მიღებულია გრეი (გრ). ეს არის მაიონიზებული გამოსხივების შთანთქმული დოზა 1 კგ

მასის მიერ და შეესაბამება 1 ჯოულ შთანთქმულ ენერჯიას (ჯოული/კილოგრამსე). შთანთქმული დოზა 1 გრეი 10 რადის ტოლია.

სი სისტემაში აქტეობის ერთეულად მიღებულია „ბეკერელი“ (ბე). 1 ბე — ეს არის ისეთი რაოდენობის რადიოაქტიური ნივთიერების აქტეობა, რომელშიც წამის განმავლობაში ერთი ბირთვული დაშლა ზდება. 1 ბეკერელი = 27,03 პიკოკიურის (10<sup>-12</sup> კიურის).

რადიოაქტიური გამოსხივების დროს ატომის ბირთვი გარდაიქმნება, დაიშლება. ამა თუ იმ ელემენტების ატომის რაოდენობა თანდათან კლებულობს. მისი კლება—რადიოაქტიურ ნივთიერებათა შემცირება—გეომეტრიული პროგრესის მიხედვით ხდება და ამიტომ შემოღებულია ნახევრად დაშლის პერიოდი — დრო, რომლის განმავლობაშიც დაიშლება რადიოაქტიური ნივთიერების ატომთა რაოდენობის ნახევარი. სხვადასხვა რადიოაქტიურ ნივთიერებას სხვადასხვა ნახევრად დაშლის პერიოდი აქვს, ერთი და იმავე ელემენტისათვის კი იგი მუდმივია.

ორგანიზმზე ზემოქმედების შედეგად მაიონიზებული გამოსხივება პრაქტიკულად არავითარ სუბიექტურ შეგრძნებას არ იწვევს. მას არა აქვს სუნი, გემო, ფერი, ვერც თვალით დაინახავ და ვერც რამით შეიგრძნობ. ამიტომ მაიონიზებული გამოსხივების აღსაწესხავად და მისი სიდიდის დასადგენად სხვადასხვა ტიპის მთელელებს იყენებენ. რომელთა მიერ აღქმული თითოეული კვანტი ან ნაწილაკი რეგისტრირდება სხვადასხვა ტიპის რადიოტექნიკურ დანადგარზე. ყველა ტიპის მთელელების მუშაობას საფუძვლად უდევს იმ პროცესების აღწესხვა, რომლებიც წარმოიქმნება გამოსხივების ნივთიერებაზე ზემოქმედების შედეგად. კერძოდ, იონიზაცია ან იონიზაციის შედეგად ნივთიერებაში წარმოქმნილი მეორადი პროცესები. თუ მაიონიზებული გამოსხივების აღწესხვა ნივთიერებაში იონიზაციის პროცესების რეგისტრაციას ემყარება, მას იონიზაციურა მეთოდი ეწოდება. თუკი ეს მეთოდი დამყარებულია იონიზაციის შედეგად წარმოქმნილი მეორადი ეფექტების აღწესხვაზე (ქიმიური რეაქცია, სითბოს გამოყოფა, ხსნარის ფერის შეცვლა, სხვადასხვა კრისტალის ნათება, ფოტოფირის გაშავება და სხვ.). მას შესაბამისად უწოდებენ ქიმიურს. კოლორიმეტრიულს, კალორიმეტრიულს, სცინტილაციურს, ფოტოგრაფიულს და სხვ.

## მაიონიზებული გამოსხივების ბუნებრივი წყაროები

ადამიანზე ყოველთვის მოქმედებდა და ამჟამადაც მოქმედებს მაიონიზებული გამოსხივება სხვადასხვა ბუნებრივი გამოსხივების წყაროდან. ბუნებრივი წყაროების მიერ წარმოქმნილი მაიონიზებული გამოსხივებისათვის დამახასიათებელია მოსახლეობის დასახლების ღონის მუდმივობა ხანგრძლივ პერიოდში. ამასთან, დასახლების ღონე სხვადასხვა რეგიონში და ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე მნიშვნელოვნად განსხვავებულია.

მაიონიზებული გამოსხივების ბუნებრივ წყაროებს შეუძლიათ მნიშვნელოვანი როლი შეასრულონ ადამიანის ცხოვრებაში. საკვარი-სია აღინიშნოს, რომ ისინი ითვლებიან მთაქარ ფაქტორად ჩვენი პლანეტის მოსახლეობის დასახლების საშუალო დონის ზრდაში. მეცნიერები მიიჩნევენ, რომ ავთვისებიანი სიმსივნეების ე. წ. „სპონტანური შემთხვევები“ და მეტეკვიდრობითი დაავადებები ადამიანებში შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ბუნებრივი წყაროებიდან წარმოქმნილი მაიონიზებული გამოსხივების ზეგავლენით (არმსკი, 1976).

(მაიონიზებული გამოსხივების ბუნებრივი წყაროები შეიძლება ორ კატეგორიად დაიყოს: გარეგანი დასახლების წყაროები, რომლებიც არსებობს ადამიანის გარეშე და გარედან ასხივებს ადამიანის ორგანიზმს; შინაგანი, რომელიც თვით ადამიანის ორგანიზმშია.

გარედან დასახლების წყაროებია არადეღამიწური (დეღამიწის გარეთ წარმოქმნილი), ანუ კოსმოსური გამოსხივება და დეღამიწური, ე. წ. რადიონუკლიდები, რომლებიც არის დეღამიწის ქერქში, სამშენებლო მასალასა და ჰაერში.)

შინაგანი წყაროებია რადიონუკლიდები, რომლებიც გარემოდან ხედებიან ადამიანის ორგანიზმში, ზოგიერთი რადიონუკლიდის კონცენტრაცია ორგანიზმში მუდმივია და არ არის დამოკიდებული გარემოში მის რაოდენობასა და ორგანიზმში მოხვედრაზე; კერძოდ, მათი რაოდენობა ორგანიზმში ჰემოსტატიკურად მოწმდება; ასეთებია, მაგალითად, ნახშირბად-14 და კალიუმ-40. უმეტეს შემთხვევაში რადიონუკლიდის შემცველობა ორგანიზმში დამოკიდებულია მათ კონცენტრაციაზე გარემოში.

## 1. კოსმოსური გამოსხივება

რადიაციის მუდმივი წყარო, რომლის გავლენასაც განიცდის ყველა ადამიანი გარედან, არის კოსმოსური გამოსხივება. როგორც სახელწოდება მიუთითებს, ის დედამიწაზე გარე სამყაროდან მოდის. კოსმოსური გამოსხივება მალალი ენერგიის გამოსხივებაა და მას პირველადი კოსმოსური სხივები ჰქვია, ხოლო როდესაც ეს გამოსხივება ურთიერთმოქმედებს ატმოსფეროში მყოფ ატომის ბირთვებთან და წარმოიქმნება მეორადი ნაწილაკები და ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, მას მეორადი კოსმოსური გამოსხივება ეწოდება. პირველადი კოსმოსური გამოსხივების წარმოქმნის ბუნება ზუსტად ჯერ კიდევ არ არის შესწავლილი. ცნობილია, რომ გამოსხივების უმთავრესი ნაწილი წარმოიქმნება ჩვენს გალაქტიკაში. გარდა გალაქტიკისა, კოსმოსური გამოსხივება წარმოიქმნება მზეზე, რაც დაკავშირებული უნდა იყოს იმ აფეთქებებთან, რომლებიც მზეზე მიმდინარეობს. პირველადი კოსმოსური გამოსხივება ძირითადად შედგება მალალი ენერგიის მქონე პროტონებისაგან, რომლებიც ხვდება ჩვენს მზის სისტემაში ვარსკვლავთშორისი სივრციდან.

კოსმოსური გამოსხივების მოქმედების შედეგად ატმოსფეროში მყოფი აზოტისაგან სისტემატურად წარმოიქმნება რადიოაქტიური იზოტოპები: თრითიუმი და ნახშირბად-14.

ადამიანის მიერ კოსმოსის ათვისების შედეგად ცნობილი გახდა, რომ ჩვენს პლანეტას გარს არტყია ორი რადიაციული სარტყელი: ქვედა რადიაციული სარტყელი გავრცელებულია  $30^{\circ}$  და  $60^{\circ}$  განედზე ეკვატორიდან ჩრდილოეთით და სამხრეთით, გარე სარტყელი კი — აღბალ გრძედებზე. გარე სარტყელში მალალი ენერგიის ნაწილაკებიდან ძირითადია პროტონები და ნეიტრონები, გარდა ამისა, ალფა-ნაწილაკების ზოგიერთი ნარევი ხვდება სარტყელში დედამიწის მაგნიტური ველის მიერ მიტაცების შედეგად.

შიდა რადიაციული სარტყელი ძირითადად შედგება პროტონებისაგან (რომლის ენერგიაა რამდენიმე მეგაელექტრონოვოლტიდან ასეულ მეგაელექტრონოვოლტამდე) და ელექტრონებისაგან.

მეორადი კოსმოსური გამოსხივების ატმოსფეროს ატომებთან ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოიქმნება კოსმოგენური ნუკლიდები: თრითიუმი, ბერილიუმ-7, ბერილიუმ-10 და ნატრიუმ-22.

კოსმოსური გამოსხივების დოზის სიმძლავრის გამოსათვლელად იზომება ორი სიდიდე: ჰაერში იონიზაციის ინტენსივობა და ნეიტრო-

ნების ნაკადის სიმკვრივე: იონიზებული კომპონენტი და ნეიტრონული კომპონენტი.

## 2. ბაიონიზაბალი გამოსხივების დედამიწური წარმოება

რადიონუკლიდები, რომლებიც გარემოში იმყოფება, შეიძლება დაიყოს ორ კლასად: დედამიწურად და კოსმოგენურად.

დედამიწური წარმოშობის რადიონუკლიდებს ეკუთვნის რადიონუკლიდები, რომლებიც შედის რადიოაქტიური ოჯახების შემადგენლობაში: ურან-235, ურან-238 და თორიუმ-232, გენეტიკურად ამ ოჯახებთან დაუკავშირებელი რადიონუკლიდები, რომელთაგანაც მნიშვნელოვანი გამოსხივების წყაროს წარმოადგენს: კალიუმ-40 და რუბიდიუმ-82.

კოსმოგენური რადიონუკლიდები, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, წარმოიქმნება კოსმოსური სხივების ზეგავლენით.

ბუნებრივი რადიონუკლიდების ძირითად რაოდენობას შეიცავს მთის ქანები, რომლებიც დედამიწის ქერქს ქმნის. ვულკანური წარმოშობის ქანებში რადიონუკლიდები დაკავშირებულია ძირითადად სილიკატურ კომპონენტებთან. რადიონუკლიდების ყველაზე დიდი კონცენტრაცია დამახასიათებელია მჟავე ნიადაგისათვის, ხოლო მინიმალური — ულტრაძირითადი (დიაბაზური) ნიადაგისათვის.)

რადიონუკლიდების კონცენტრაცია ნიადაგში ძირითადად განისაზღვრება ნიადაგის ტიპების მიხედვით და დამოკიდებულია მათში კოლოიდურ ფრაქციაზე და სხვ. (ა. ვინოგრადოვი, 1950).

ექსპოზიციური დოზის სიმძლავრე შენობის გარეთ დედამიწური წარმოშობის ბუნებრივი რადიონუკლიდებისაგან საშუალოდ 4,6 მკრადს შეადგენს საათში ( $4.6 \cdot 10^{-8}$  გრ/საათში). ექსპოზიციურ დოზაში კალიუმ-40-ის, ურან-238-ისა და თორიუმ-232-ის როლი 35%-იდან 40%-ს აღწევს.

რადიონუკლიდების დაშლის შედეგად წარმოიქმნება ალფა-ნაწილაკები, ელექტრონები და გამა-კვანტები. ალფა-ნაწილაკების მთელ ენერჯიას შთანთქავს ადამიანის კანის საფარველი და მისი დოზა უმნიშვნელოა. ამიტომ მნიშვნელობა ენიჭება გამა-კვანტებს, რომლებიც გარედან დასხივების მნიშვნელოვან დოზას ქმნის.)

ნეშომპალა, ნეშომპალა-ყომრალ და ტორფიან ნიადაგებში ინტენსიურად მიმდინარეობს გამოტუტვის, გუმფიფიკაციისა და სხვა პროცე-

სები, ამიტომ ისინი ბუნებრივ რადიონუკლიდებს მცირე რაოდენობით შეიცავს. შავმიწა ნიადაგებში ზემოაღნიშნული პროცესები ნელა მიმდინარეობს და ბუნებრივი რადიონუკლიდების შემცველობა მათში უფრო მაღალია.) ნიადაგის ხსნარებში, რომლებიც შეიცავს კარბონატებს, ბიკარბონატებს, და ორგანულ ნივთიერებებს. ურანი ძალიან მოძრავია, წარმოქმნის ადვილად ხსნად კომპლექსურ ნაერთებს, სუსტად სორბირდება და ადვილად გამოირიცხება ნიადაგის მინერალუბიდან. თორიუმის ქცევა ნიადაგში სხვანაირია, ის რჩება ქანების დაუშლელ ნაწილში და ზემო ჰორიზონტის ნიადაგებში დაგროვების ტენდენცია აქვს (ა. ვინოგრადოვი, 1957).

კალიუმისათვის დამახასიათებელია ნიადაგში ფართოდ გავრცელება, თიხაში სორბციის შედეგად იგი კარგად ფიქსირდება, რის გამოც ბუნებრივი წყლები ამ ელემენტის მარცლებით შედარებით ღარიბია. რადიუმ-226, ა. ვინოგრადოვის მონაცემებით, მერყეობს,  $1,1 \cdot 10^{-11}$ — $19,0 \cdot 10^{-11}\%$ , ე. ი.  $1,1 \cdot 10^{-11}$ — $1,9 \cdot 10^{-9}$  გ/გ ნიადაგში. რადიუმით ყველაზე უფრო ღარიბია ქვიშიანი, ყველაზე უფრო მდიდარი — თიხიანი ნიადაგები. რადიუმ-226-ის რაოდენობა ნიადაგში კოლოიდური ფრაქციების შემცველობის პროპორციულია (ა. ვინოგრადოვი, 1950).

### ცხრილი 1

კალიუმ-40-ის, ურან-238-ისა და თორიუმ-232-ის კონცენტრაცია მთის ქანებში (ა. ვინოგრადოვი, 1957)

ქანები	რადიონუკლიდების კონცენტრაცია, პკი/გ (ბკ/გ)		
	კალიუმ-40	ურან-238	თორიუმ-232
	ვულკანური	ქანები	
შევე (გრანიტები)	27(0,999)	1,6(0,059)	2,2(81,10 <sup>-3</sup> )
შუალედური (დიორიტები)	19(0,703)	0,62(23,10 <sup>-4</sup> )	0,88(32,10 <sup>-3</sup> )
ულტრაძირითადი (დიამაზები)	4,0(0,148)	0,01(37,10 <sup>-5</sup> )	0,66(24,10 <sup>-3</sup> )
	დანალექი	ქანები	
კირქვიანი	2,4(0,888)	0,75(27,7,10 <sup>-2</sup> )	2,0(2,10 <sup>-3</sup> )
კარბონატული	—	0,72(26,6,10 <sup>-2</sup> )	1,7(1,7,10 <sup>-3</sup> )
ქვიშიანი	10(0,307)	0,5(1,85,10 <sup>-4</sup> )	3,2(3,2,10 <sup>-3</sup> )
ფიქალები	10(0,703)	1,2(44,4,10 <sup>-3</sup> )	7,9(7,9,10 <sup>-2</sup> )

კალიუმ-10-ის, ურან-238-ისა და თორიუმ-232-ის საშუალო კონცენტრაცია ნიადაგებში ა. ვინოგრადოვი, 1957)

ნიადაგის ტიპები	რადიონუკლიდების კონცენტრაცია პკი/გ (ბკ/გ)		
	კალიუმ=40	ურან=238	თორიუმ=232
ნაკრისფერი	18(0.66)	0.85(0.031)	1.3(0.0.48)
მონაკრისფერო-ყაიისფერი	19(0.7)	0.75(0.027)	1.1(0.0.41)
წაბლისფერი	15(0.45)	0.72(0.026)	1.0(0.037)
შავმიწა	11(0.41)	0.58(0.021)	0.97(0.036)
ტყის ნაკრისფერი	10(0.37)	0.48(0.017)	0.72(0.027)
ნეშომპალა ყომრალი	8.1(0.29)	0.41(0.015)	0.60(0.022)
ყომრალი	4.0(0.15)	0.24(0.009)	0.60(0.022)
ტორფიანი	2.4(0.88)	0.17(0.006)	0.33(0.012)
საშუალოდ მთელ მსოფ-ლიოში	10(0.37)	0.7(0.026)	0.17(0.006)
ტიპიური დიაპაზონი	3—20	0,3—1.4	0.2—1.3

რადიოაქტიური ელემენტების მიგრაცია მთის ქანებიდან დედამიწის ზედაპირზე ძირითადად მიწისქვეშა წყლების მეშვეობით ხდება. ბუნებრივი რადიოაქტიური წყლების ფორმირება და გამდიდრება რადიოაქტიური ნივთიერებებით მრავალგვარი და რთულია. ის განისაზღვრება გეოლოგიური, პიდროგეოლოგიური და ფიზიკურ-ქიმიური პროცესებით. ამ დროს, ერთი მხრივ, მიწისქვეშა წყლები ახდენენ გავლენას ქანებში რადიოაქტიური ნივთიერებების შემცველობაზე, ხოლო, მეორე მხრივ, ქანები განსაზღვრავენ მიწისქვეშა წყლებში რადიოაქტიურ ელემენტთა შემცველობას. რადიოაქტიური ნივთიერებების შემცველობა მთის ქანებსა და მადნებში განისაზღვრება მათი ფორმებით და კონცენტრაციით. მთის ქანებსა და წყლებში იმ რადიოაქტიურ ნივთიერებათა შორის, რომლებიც ერთმანეთთანაა დაკავშირებული, დინამიკური წონასწორობა არსებობს, რომელიც მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის დროს სისტემატურად ირღვევა როგორც რადიოაქტიური დაშლის, ისე ზოგიერთი პროცესის შედეგად გახსნით, გამოტუტვით, დაჟანგვით, ადსორბციით. დალექვით, ემანირებით და სხვ. (ა. ტოკარევი. ა. შჩერბაკოვი, 1956).

ი. სტარიკმა (1958) დაადგინა, რომ ურანის ატომები ჩვეულებრივად იმყოფება მინერალების კრისტალურ ბადეში. ამიტომ ქანიდან წყალში გადასვლა უმთავრესად ხდება კრისტალური ბადის დარღვე-



ვით, ე. ი. მინერალების გახსნით. ურანი ძალიან კარგად გადადის ყოველგვარი შემადგენლობის წყალში, მხოლოდ ერთი პირობით — ნახშირბადავით გამდიდრების შემთხვევაში. ორგანული ნივთიერებების გავლენით ურანი ილექება, რასაც ხელს უწყობს წყალში ქლორიდებისა და ტუტეების მომატებული რაოდენობა. ამით აიხსნება ნავთობის საბადოების წყლების რადიოგეოქიმიური ხასიათი, რომლებიც რადიუმის მომატებული შემცველობისას არ შეიცავენ ურანის შესაბამის რაოდენობას. ნავთობის საბადოების რაიონში რადიუმით მდიდარი წყლები ბიოსფეროს პროდუქტი უნდა იყოს.

ურანის რადიოაქტიური დაშლის პროდუქტები კრისტალური ბადის გარეთ იმყოფება, ამიტომ მათი წყალში გადასვლა არ არის დაკავშირებული მინერალების გახსნასთან. მაგალითად, რადიუმ-226-ით მიწსქვეშა წყლების გამდიდრება ხდება გამორტუტვის პროცესში, როცა მინერალიდან რადიონუკლიდის ხსნარში გადასვლა კრისტალური ბადის დაურღვევლად ხდება. ამ დროს წყალში კალციუმის, სტრონციუმისა და ბარიუმის შემცველობა კარგად მოქმედებს ამ პროცესზე. ამით აიხსნება ღრმა წყლებში რადიუმ-226-ის დიდი რაოდენობით შემცველობა ( $10^{-10}$  გ/ლ ან  $10^{-9}$  გ/ლ და უფრო მეტი).

რადიოაქტიური ელემენტების მიგრაცია დედამიწის სიღრმიდან ზედაპირზე რადიოაქტიური წყაროების სახით ხდება. ასეთ წყაროებს ეკუთვნის რადიოაქტიური წყლები, სადაც რადონ-222-ის შემცველობაა  $5 \cdot 10^{-10}$  კი/ლ ( $18,5 \cdot 10$  ბკ/ლ); რადიუმ-226-ისა —  $1 \cdot 10^{-11}$  გ/ლ-ზე მეტი, ურანი კი  $3 \cdot 10^{-5}$  გ/ლ-ზე მეტია.

ტ ა რ ი ლ ი 3

რადიუმ-226-ისა და რადონ-222-ის შემცველობა საბჭოთა კავშირის წყლებში  
(ა. ტოკარევი, პ. შჩერბაკოვი, 1958)

წყაროები	რადიუმ=226		რადონ=222	
	კი/ლ	ბკ/ლ	კი/ლ	ბკ/ლ
მოლოკაჟა (იმიერბაიკალი)	$4,7 \cdot 10^{-11}$	1.74	$9,9 \cdot 10^{-9}$	366.0
ილმენის (ურალი)	—	—	$2,9 \cdot 10^{-9}$	107.3
უხტა	$7,5 \cdot 10^{-9}$	27.75	$1,3 \cdot 10^{-10}$	4.8
ვიშნევეგორსკა (ურალი)	$1,0 \cdot 10^{-12}$	0.037	$1,8 \cdot 10^{-9}$	66.6
ბეშტაუგორსკი (კავკასიონის მინერალური წყლები)	—	—	$1,3 \cdot 10^{-9}$	48.1
	$1,0 \cdot 10^{-11}$	0,37	$2,3 \cdot 10^{-8}$	851,0
სლავიანსკის	$2,1 \cdot 10^{-10}$	7.77	$2,3 \cdot 10^{-10}$	851.0
ისტინსუ (ამიერკავკასია)	$3,7 \cdot 10^{-10}$	13.69	$2,6 \cdot 10^{-8}$	962.0
მაცესტა	$5,10^{-11}$	1.85	$0,7 \cdot 10^{-11}$	0,24

ურანისა და რადიუმის შემცველობა ხაშუალოდ ბუნებრივ წყლებში  
(ა. ტოკარევი, ა. შჩერბაკოვი, 1956)

წყლები	რადიუმ=226 კი/ლ (ბქ/ლ)	ურანი გ/ლ
ზედაპირული: ზღვები და ოკეანეები	1.10 <sup>-13</sup> (0.0037)	2.10 <sup>-6</sup>
ტბები	1.10 <sup>-12</sup> (0.037)	8.10 <sup>-6</sup>
მდინარეები	2.10 <sup>-12</sup> (0.074)	6.10 <sup>-7</sup>
დანალექი ქანების	2.10 <sup>-12</sup> (0.074)	5.10 <sup>-6</sup>
შეივე მაგმატური ქანების რაიონში	2.10 <sup>-12</sup> (0.074)	7.10 <sup>-6</sup>
ურანის შემცველი ქანების	8.10 <sup>-11</sup> (2,γ)	6.10 <sup>-4</sup>

ა. ტოკარევისა და ა. შჩერბაკოვის (1956) კლასიფიკაციის თანახმად, რადიოაქტიური წყლები შეიძლება დაიყოს 6 ჯგუფად: რადონის მინერალური წყლები (კურორტები ელენზოვოდსკი, პიატიგორსკი, ბელოკურიხა), რადიუმის წყლები (წყალტუბო, კისლოვოდსკი) სულფატური ნარზანი (ისტი-სუ და სხვ.), რადონ-რადიუმის წყლები (სლავიანსკი, მაცესტა, ილმენის წყაროები და სხვ.), რადონ-რადიუმ-ურანის წყლები, ურან-რადიუმისა და ურანის წყლები. რადიოაქტიურ ელემენტთა შემცველობა ზემოაღნიშნულ წყლებში სხვადასხვაა.

საქვეყნოდ ცნობილი კურორტის — წყალტუბოს მთავარ სამკურნალო ფაქტორად ითვლება მინერალური წყალი, რომლის უნიკალურ შემადგენლობას ქმნის რთული კომბინირებული თერმულ-რადიოაქტიურ-აირიანი წყალი. წყალტუბოს წყაროების წყლის ტემპერატურა 33-35°C ფარგლებში მერყეობს, წყალტუბოს წყლების რადიოაქტიურობა — 3-იდან 90 მახეს ერთეულამდე.

ცნობილია, რომ მინერალურ წყლებს და მ. შ. რადიოაქტიურ წყლებს ძირითადად კურორტოლოგიური მიზნით იყენებენ, სამეურნეო საჭიროებისათვის და სასამელოდ ასეთი წყლები უვარგისია.

მიწისქვეშა წყლების რადიოაქტიურობა განპირობებულია მათში რადიუმ-226-ის, რადონ-222-ისა და ურანის შემცველობით, როგორც წესი, ყველაზე მცირე რადიოაქტიურობით ხასიათდება კირქვოვანი ქანებიდან გამომდინარე მიწისქვეშა წყლები. ამიტომ ისინი გამოიყენება წყალმომარაგებისათვის.

მდინარეების წყლის რადიოაქტიურობა ძირითადად განპირობებულია რადიუმ-226-ის შემცველობით. რადიოაქტიურ ელემენტთა კონცენტრაცია მერყეობს  $2 \cdot 10^{-13}$ -იდან  $4 \cdot 10^{-12}$  გ/ლ-მდე. ურანის შემცველობა მდინარის წყლებში შეადგენს  $2 \cdot 10^{-8}$ -იდან  $4 \cdot 10^{-6}$  გ/ლ, კალიუმ-40-ის შემცველობა მდინარის წყლებში უმნიშვნელოა ( $10^{-13}$ -დან  $10^{-12}$  კი/ლ) და წყლის ჰეგიენური შეფასებისას მხედველობაში არ მიიღება.

ღია წყალსატევებში (ტბებში, წყალსაცავებში) რადიუმ-226-ისა და ურანის შემცველობა უფრო დიდად მერყეობს. მდინარეებისა და ტბების ლამის რადიოაქტიურობა უფრო მეტია, ვიდრე თვით წყლისა და მიმდებარე ნიადაგისა.

ოკეანეებისა და ზღვების წყლის რადიოაქტიურობა ძირითადად განპირობებულია კალიუმ-40-ის ( $3$ -იდან  $5 \cdot 10^{-10}$  კი/ლ,  $11,1$ — $18,5$  ბკ/ლ), რადიუმ-226-ის ( $1 \cdot 10^{-13}$ ) და ურანის  $2 \cdot 10^{-6}$  კი/ლ) შემცველობით. რადიუმ-226-ის შემცველობა ზღვის ლამში  $15,8 \cdot 10^{-10}\%$ -ს აღწევს, ურანისა კი  $0,65 \cdot 10^{-4}$ — $1,07 \cdot 10^{-4}\%$ -ს (ა. ვინოგრადოვი, 1937).

საქართველოს სასმელ წყლებში ბუნებრივი რადიონუკლიდების შემცველობა საშუალოდ შემდეგია: რადიუმ-226-ისა და თორიუმ-232-ისა  $0,04 \cdot 10^{-12}$  კი/ლ (რ. ხაზარაძე, 1982).

ატმოსფერულ ჰაერში სტაბილურ ქიმიურ ელემენტებთან ერთად მუდმივად არსებობს მცირე რაოდენობით როგორც კოსმოგენური, ისე დედამიწური რადიონუკლიდები აირებისა და აეროზოლის სახით. დედამიწური რადიონუკლიდებიდან ჰაერშია ურანი, რადიუმი, თორიუმი, რომელთა წყაროდ ითვლება ვულკანური წარმოშობის მტვრის ნაწილაკები და ისინი დედამიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროში ხვდება. ატმოსფერული ჰაერის რადიოაქტიურობის ძირითადი ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს ჰაერის რადიაციულ ფონს, არის რადონი და თორონი. მის წყაროდ ითვლება რადიუმ-226 და თორიუმ-232, რომელთაც შეიცავს ნიადაგი და მთის ქანები. რადონის კონცენტრაცია ნიადაგის ჰაერში დამოკიდებულია არა მარტო რადიუმ-226-ის შემცველობაზე მოცემულ ქანში, არამედ ნიადაგის, ჰაერის შემადგენლობასა და მის ცვლაზე. ატმოსფერულ ჰაერთან შედარებით რადონისა და თორონის შემცველობა ნიადაგის სიღრმეში იზრდება.

ამ აირების ატმოსფეროში გამოყოფის დამატებით წყაროებად მიჩნეულია მიწისქვეშა, ზღვებისა და ოკეანეების წყლები, აგრეთვე ქვანახშირისა და ბუნებრივი გაზის საწვავად გამოყენება. რადონის საშუალო კონცენტრაცია ატმოსფერულ ჰაერში დედამიწის ზედაპირზე

0,07 პკი/ლ (0,0026 ბკ/ლ) შეადგენს. თორონის შემცველობა ატმოსფეროში მცირეა, ვინაიდან მისი დაშლის პერიოდი 2-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე რადონისა.

რადონითა და თორონით ატმოსფერული ჰაერის სისტემატური გამდიდრების შედეგად მათი კონცენტრაცია ყველაზე უფრო მეტია დედამიწის ზედაპირზე და სიმაღლის მატებასთან ერთად თანდათან მცირდება. 100 მეტრის სიმაღლიდან 2-3 კმ-მდე რადონის კონცენტრაცია მერყეობს 0,01-იდან 0,1 პკი/ლ (0,00037—0,0037 ბკ/ლ)-მდე.

დიდ სიმაღლეებზე რადონის კონცენტრაცია დამოკიდებულია აგრეთვე გეოგრაფიულ ფაქტორებზე, ქარის მიმართულებაზე და სხვ. მისი კონცენტრაცია იზრდება მაღალი რადიოაქტიური მთის ქანების ზედაპირზე და მცირდება ოკეანისა და ზღვების ზედაპირზე. რადონის საშუალო კონცენტრაცია კონტინენტურ ოლქებში შეადგენს 0,1 პკი/ლ ( $3,7 \cdot 10^{-3}$  ბკ/ლ) ზღვის სანაპიროებსა და კუნძულებზე — 0,01 პკი/ლ ( $3,7 \cdot 10^{-5}$  ბკ/ლ), თორონის საშუალო კონცენტრაცია კი 10-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე რადონისა.

რადონისა და თორონის დაშლის შედეგად წარმოიქმნება რადიოაქტიური აეროზოლი. ნაწილი აეროზოლისა შეიცავს ხანგრძლივი სიცოცხლის მქონე რადიონუკლიდებს (პოლონიუმ-210 და ტყვი-210), ხოლო ნაწილი — მოკლე სიცოცხლის მქონე რადიონუკლიდებს (A რადი, B რადი, C რადი და სხვ.), რომლებიც ალფა გამომსხიველებად ითვლება.

რადონისა და თორონის დაშლის მოკლე სიცოცხლის მქონე პროდუქტების არსებობა დედამიწის ზედაპირთან ახლო ატმოსფერულ ჰაერში პირდაპირ დამოკიდებულია მათი დედობრივი რადიონუკლიდების კონცენტრაციაზე: ეს მოკლე სიცოცხლის მქონე რადიონუკლიდები ადამიანის ორგანიზმში ინჰალაციური გზით (სასუნთქი) ხვდებიან და ბუნებრივი რადიონუკლიდებით ადამიანების დასხივების დოზაში ძირითად როლს ასრულებენ.

საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერულ ჰაერში ადამიანის სიმაღლეზე რადონის შემცველობა საშუალოდ  $1,03—0,15 \cdot 10^{-13}$  კი/ლ ტოლია: დაბლობში, ზღვის დონიდან 100 მ სიმაღლეზე, 1, 029-იდან  $1,339 \cdot 10^{-13}$  კი/ლ ფარგლებში მერყეობს, ხოლო ზღვის დონიდან 1700 მ სიმაღლეზე  $0,232 \cdot 10^{-13}$  კი/ლ ტოლია (რ. ხაზარაძე, ს. ავალიანი, 1982). დედამიწური წარმოშობის რადიონუკლიდების გარდა ატმოსფერულ ჰაერში არის კოსმოგენური რადიონუკლიდები, რო-

მელთაგან გამოსხივების დოზაში შესამჩნევ როლს ასრულებს ნახშირბად-14, თრითიუმში, ბერილიუმ-7 და ნატრიუმ-22.

თრითიუმის შემცველობა ატმოსფერულ ჰაერში წყალბადის სტაბილურ ნუკლიდთან შეფარდებით ძალიან მცირეა:  ${}^3\text{H}:\text{H}=1:10^{14}$ .

ბერილიუმ-7-ის ძირითადი ნაწილი ატმოსფერულ ჰაერშია. მისი სიტოცხლის ხანგრძლივობა დიდი არ არის (53,6 დღე-ღამე). ბერილიუმ-7-ის კონცენტრაცია ატმოსფერულ ჰაერში ზომიერ სარტყელში წელიწადის დროის მიხედვით იცვლება: მაქსიმალური კონცენტრაცია აღინიშნება გაზაფხულზე, ხოლო მინიმალური — გვიან შემოდგომაზე.

ბუნებრივი ნახშირბადი-14, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული. წარმოიქმნება კოსმოსური გამოსხივების ნეიტრონების ურთიერთმოქმედებით აზოტის ატომებთან. ატომური იარაღის გამოცდების დაწყებამდე ატმოსფერულ ჰაერში მისი კონცენტრაცია მუდმივი იყო და 230 მეგაიუერის ( $85 \cdot 10^{17}$  ბკ) აღწევდა: რაც შეეფარდება ბუნებრივი ნახშირბად-14-ის წარმოქმნის სიჩქარეს; 0,028 მეგაიუერი/წელიწადში ( $1 \cdot 10^{13}$  ბკ/წელიწადში) (არმსკი, 1979).

მრავალი საუკუნის განმავლობაში ნახშირბად-14 თანაბრად განაწილდა სტაბილურ იზოტოპებსა და ნუკლიდების ნარევიში და ტოლია  $8 \cdot 10^{-12}$  კი/გ ( $0,296$  ბკ/გ). ატმოსფერულ ჰაერში ნახშირბად-14-ის კონცენტრაცია ტოლია  $1,3 \cdot 10^{-15}$  კი/ლ ( $4,8 \cdot 10^{-13}$  ბკ/ლ). მას შემდეგ, რაც დაიწყო და უკვე რეგულარულად ტარდება ატომური იარაღის გამოცდა, რომელსაც თან ახლავს ნახშირბად-14-ის დამატებითი რაოდენობის წარმოქმნა, ბიოსფეროში მისი საერთო რაოდენობა გაზარდა.

ბუნებრივი ნატრიუმ-22-ის რაოდენობა დედამიწასთან ახლოს ატმოსფერულ ჰაერში შეადგენს  $1 \cdot 10^{-5}$  ბკ/მ<sup>3</sup> ( $3,7 \cdot 10^{-7}$  ბკ/მ<sup>3</sup>).

ბუნებრივ ნივთიერებათა ცვლის შედეგად, რომელიც მიმდინარეობს ცოცხალ ორგანიზმსა და გარემოს შორის, რადიონუკლიდები სტაბილურ ელემენტებთან ერთად მონაწილეობენ. ამით აიხსნება ყველა ცოცხალი მცენარისა და ცხოველის ქსოვილებში ბუნებრივი რადიონუკლიდების შემცველობა. ზოგიერთი მცენარის ქსოვილების ორგანოტროპობის გამო შესაძლებელია ამა თუ იმ ნივთიერების კონცენტრაცია შედარებით მეტი იყოს, ვიდრე მისი რაოდენობა გარემოში.

მცენარეებისა და ცხოველების ქსოვილების რადიოაქტიურობა ძირითადად დამოკიდებულია კალიუმ-40-ის, აგრეთვე რადიუმ-226-ისა და სხვა რადიონუკლიდების შემცველობაზე. კალიუმ-40-ის საშუალო

შემცველობა მცენარეებსა და ცხოველებში შეადგენს  $2,4 \cdot 10^{-9}$  კი/კგ (88,8 ბკ/კგ) ცოცხალ წონაზე (ა. ვინოგრადოვი). საერთოდ კალიუმ-40-ის შემცველობა მცენარეებსა და ცხოველებში მნიშვნელოვნად მერყეობს. კალიუმ-40-ის ყველაზე დიდი კონცენტრაცია აღინიშნება პარკოსან კულტურებში (სოია, ბარდა, ლობიო და სხვ. —  $1 \cdot 10^{-8}$  კი/კგ;  $3,7 \cdot 10^2$  ბკ/კგ). მარცვლეულ კულტურებში კალიუმ-40-ის შემცველობა მნიშვნელოვნად მცირეა  $2 \cdot 10^{-9}$  კი/კგ (74 ბკ/კგ). ასევე მნიშვნელოვნად მერყეობს მისი რაოდენობა ცხოველების ქსოვილებსა და ორგანოებში. მაქსიმალური კონცენტრაცია აღინიშნება ერითროციტებში, შედარებით მცირე — ტვინში, კუნთებში, ძვლებში და ა. შ.

აქვე უნდა გავიხსენოთ, რომ კალიუმ-40-ის შეფარდება მის სტაბილურ იზოტოპთან მუდმივია და 0,0119%-ის ტოლია. აქტივობაზე გადათვლით 1 გ კალიუმი შეიცავს  $0,8 \cdot 10^{-9}$  კი (29,6 ბკ) კალიუმ-40-ს. კვების პროდუქტებით ყოველდღიურად ადამიანის ორგანიზმში ხვდება 2 — 3 გ კალიუმი, რომელიც შეეფარდება  $1,6 \cdot 10^{-9}$  —  $2,4 \cdot 10^{-9}$  კი (59,2 — 8,88 ბკ) რაოდენობას.

მეორე რადიონუკლიდი, რომლითაც განპირობებულია ბიოსუბსტრატების რადიოაქტიურობა, არის რადიუმ-226. მისი შემცველობა მცენარეებში შეადგენს  $10^{-12}\%$ -ს, ცხოველებში  $10^{-13}\%$ -ს. კვების პროდუქტებიდან რადიუმ-226 ყველაზე დიდი რაოდენობით არის პარკოსან კულტურებსა და ზოგიერთ ბოსტნეულში.

ნიადაგის ტიპებთან დაკავშირებით რადიონუკლიდების მიგრაცია მცენარეებში შესაძლებელია სხვადასხვა იყოს. რადიუმ-226-ის გადასვლის კოეფიციენტი მარცვლეულში შავმიწა ნიადაგებიდან 0,07—17 ფარგლებში მერყეობს (ე. მორდბერგი, ვ. ალექსანდრუკი, გ. კოვისინი, 1976), ხოლო ამ მცენარეების სილაზე გაზრდის შემთხვევაში გადასვლა კოეფიციენტი 10-ჯერ და მეტჯერ იზრდება.

სხვა რადიონუკლიდების შემცველობას მცენარეებისა და ცხოველების ორგანიზმში იმ რაიონებში, სადაც მათი შემცველობა „ნორმალურ“ დონეს არ აჭარბებს, როგორც წესი, პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს. მაგალითად, ურანის შემცველობა მცენარეებში ძალიან მცირეა. მიუხედავად იმისა, რომ ის ნიადაგში შედარებით მოძრავია.

თორიუმი ფართოდაა გავრცელებული მთის ქანებსა და ნიადაგებში, მაგრამ ცუდი ხსნადობის გამო უმნიშვნელო რაოდენობით გადადის მცენარეებში.

რადონ-222-ის დაშლის ხანგრძლივი სიციცხლის პროდუქტები — ტყვია-210 და პოლონიუმ-210 — მცენარეებში გროვდება უშუალოდ ფოთლებიდან. მარცვლეულ კულტურებში, ბოსტნეულში პოლონიუმ-210-ის ტიპური შემცველობაა 2 პკი/კგ (0,074 — 0,185 პკ/კგ), ხოლო თევზსა და მოლუსკების კუნთებში მერყეობს 50—500 პკი/კგ (0,74 — 8,5 ბკ/კგ) ფარგლებში (უ. პარფენოვი, 1973).

პოლონიუმ-210-ისა და ტყვია-210-ის აქტივობის შეფარდება პროდუქტებში 0,5 — 1,0 ტოლია.

პოლონიუმ-210-ისა და ტყვია-210-ის შემცველობა ჩრდილოეთში განსხვავებული მდგომარეობით ხასიათდება. ეს რადიონუკლიდები აქტიურად გროვდება მღიერ ქარაგოზში, ვინაიდან მის ქსოვილებს დიდი შთანთქმის უნარი აქვს (თითქმის ისეთი შთანთქმისა, როგორც სინთეზურ იონგამცვლელ ფისს). ამიტომ შემთხვევითი არ არის, რომ კანადაში მას იყენებენ როგორც მგრძნობიარე ინდიკატორს გარემოს გაბინძურების დასადგენად. ტყვია-210-ის კონცენტრაცია მღიერ ქარაგოზში შეადგენს 5800 — 9200 პკი/კგ (214 — 340 ბკ/კგ), პოლონიუმ-210-ისა — 5800 — 7300 პკი/კგ (214 — 270 ბკ/კგ) (ა. ნიენიკოვი,

ტ ხ რ ი ლ ი 5

ბუნებრივი რადიონუკლიდების შემცველობა საქართველოს კვების პროდუქტებში (საშუალო მონაცემები) (რ. ხაზარაძე, 1982)

პ რ ო დ უ ქ ტ ე ბ ი	კალუმ-40 პკი/კგ	რადიუმ-226 პკი/კგ	თორიუმ-232 პკი/კგ	პოლონიუმ-210 პკი/კგ	ტყვია-210 პკი/კგ
ხორბალი	1,6	1,2	0,18	3,2	5,2
ხორბლის პური	1,2	0,9	0,3	2,2	3,8
ქარტოფილი	3,1	1,3	0,12	2,8	6,6
კომბოსტო	4,5	1,2	0,41	2,0	3,2
ბოსტნეული (კარხალი, ხახვი და სხვ.)	3,2	1,0	0,58	6,1	7,8
მწვანილი (ობრახუში, ქინძი, წიწმარა)	3,8	0,8	0,72	6,8	8,2
სიმინდი	0,8	0,8	0,31	1,3	1,8
რძე	1,7	0,02	0,12	0,28	0,42
ყველი	6,2	1,8	0,82	2,8	3,4
საქონლის ხორცი	2,6	0,6	0,11	4,2	5,4
ლობიო	3,2	0,9	0,62	3,8	5,9
ხილი (ვაშლი, მსხალი)	1,2	0,6	0,7	1,8	2,6
თევზი (შვიგა წყალსატევების)	0,8	0,8	0,6	3,6	2,8
ჩაი	—	1,2	—	521	822

ა. ერმოლაევა-მაკოვსკაია და სხვ., 1979). მღიერ ქარაგოზში გროვდება რადიუმ-226, მაგრამ მისი კონცენტრაცია შედარებით მცირეა.

ჩრდილოეთის ირემი ყოველდღიურად მღიერ ქარაგოზთან ერთად 10000 პკი (370 ბკ) ტყვია-210-ს და პოლონიუმ-210-ს ლებულობს, რის შედეგადაც ჩრდილოეთის ირმის ძვლებში ტყვია-210 გროვდება დაახლოებით 1500—5800 პკი/კგ (45.5—214 ბკ/კგ), ხოლო პოლონიუმ-210 — 2000 — 5000 პკი/კგ (74 — 185 ბკ/გ) რაოდენობით. ჩრდილოეთის ირმის კუნთებში უმთავრესად გროვდება პოლონიუმ-210. როშლის კონცენტრაცია შეადგენს 80 — 360 პკი/კგ (3,0 — 13.3 ბკ/კგ) (უ. პარფენოვი, 1973).

თამბაქოდან პოლონიუმ-210 ხვდება ადამიანის ორგანიზმში კვამლის სახით. მაგალითად, დღე-ღამეში მწვევლი ადამიანის ორგანიზმში 20 — 25 სიგარეტის მოწევის შემდეგ ხვდება 1 — 8 პკი (ს.037 — 0,3 ბკ) რაოდენობით. ჩვეულებრივ ატმოსფერული ჰაერი პოლონიუმ-210-ს ძალიან მცირე რაოდენობით შეიცავს. ამიტომ არამწვევლი ადამიანის ორგანიზმში დღე-ღამეში ხვდება მხოლოდ  $0.007$  პკი ( $2,6 \cdot 10^{-2}$  ბკ) პოლონიუმ-210.

### გ. ბაქოლოგიური მიზნებით გაკლივრავალი გუნდების რადიაციული ფონი

დღევანდელ პირობებში ყოველდღიური საქმიანობის შედეგად გარემო „მდიდრდება“ ბუნებრივი რადიონუკლიდებით. გარემოს ბუნებრივი რადიონუკლიდებით „გამდიდრების“ ერთ-ერთი წყაროა მინერალური სასუქები, რომლებიც მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს ბუნებრივ რადიონუკლიდებს, ასევე მომეტებული რადიონუკლიდების შემცველია სამშენებლო მასალა, საწვავის (ქვანახშირი, ნავთობი; გაზი და ფიქალი) წვის შედეგად წარმოქმნილი და ატმოსფეროში გამოფრქვეული გაზოაეროზოლები, თამბაქოს წვის პროდუქტები და სხვ.

ფოსფორიანი სასუქები მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს ურანისა და თორიუმის ოჯახების ბუნებრივ რადიონუკლიდებს. ცალკეული რადიონუკლიდების კონცენტრაცია სასუქებში დამოკიდებულია ნედლეულის მოპოვების ადგილსა და გადამუშავების ტექნოლოგიაზე. ურან-238-ის საშუალო კონცენტრაცია ფოსფორიან სასუქებში შეადგენს 15 პკი/გ (0,555 ბკ/გ), ხოლო რადიუმ — 226-ისა 10 პკი/გ (0,37 ბკ/გ).



ფოსფორიანი სასუქების ფართო გამოყენების შედეგად ნიადაგი მდიდრდება ბუნებრივი რადიონუკლიდებით, შესაბამისად ხდება მათი მიგრაცია მცენარეებში და კვების პროდუქტების მეშვეობით — ადამიანის ორგანიზმში.

რადიუმ-226-ის კონცენტრაცია სხვადასხვა ადგილმდებარეობის ნედლეულიდან მიღებულ სასუქებში აღწევს  $n \cdot 10^{-8}$  კი/კგ ( $n = 370$  ბკ/კგ). რთულ ფოსფორიან სასუქებში, რომლებიც მიღებულია მრეწველობის ნარჩენებისაგან, რადიუმ-226-ის შემცველობა  $n = 10^{-7}$  კი/კგ ( $3 \cdot 7 \cdot 10^{-3}$  ბგ/კგ) ტოლია. ამერიკის შეერთებულ შტატებში გამოყენებულ ფოსფორიან სასუქებში ურანის კონცენტრაცია აღწევს  $n \cdot 10^{-7}$  კი/კგ ( $n = 3 \cdot 7 \cdot 10^{-3}$  ბკ/კგ), პოლონიუმ-210 და ტყვია-210-ისა —  $n = 10^{-8}$  კი/კგ ( $n = 3 \cdot 7 \cdot 10^{-2}$  ბკ/კგ). მცენარეს ნიადაგიდან წლის განმავლობაში ამოაქვს 1% რადიუმ-226, ამიტომ ნიადაგში სასუქის ყოველწლიური შეტანის შედეგად რადიუმ-226-ის კონცენტრაციის გაორმაგება შესაძლებელია 100 წლის შემდეგ (ვ. დრიჩკო, ფ. კრისიუკი და სხვ., 1981).

ფოსფორიან სასუქებში შემავალი ბუნებრივი რადიონუკლიდების მოქმედება ადამიანზე შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ძირითადად კვების პროდუქტებით, რომლებიც მიღებულია სასუქებით გამდიდრებულ ნიადაგებზე, უფრო ნაკლებად — წყლის გზით (აღნიშნული ტერიტორიების გადარეცხვის შედეგად), ხოლო იმ პირებზე, ვისაც უხდება კონტაქტი აღნიშნულ სასუქებთან (დამზადება, შენახვა, ტრანსპორტირება), — ინჰალაციური გზით.

ფოსფორიან სასუქებში ბუნებრივი რადიონუკლიდების შეფასების კრიტერიუმად საბჭოთა კავშირში ითვლება ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია. რომელიც 50 ბკ/გ (ურან-თორიუმის ჯგუფის რადიონუკლიდების ჯამი) ტოლია.

ს ა მ შ ე ნ ე ლ ო მ ა ს ა ლ ე ბ ი. ადამიანის გარე დასახივების ერთ-ერთ ძირითად წყაროს წარმოადგენს ბუნებრივი რადიონუკლიდები, რომლებსაც შეიცავენ სამშენებლო მასალები. ბუნებრივ რადიონუკლიდების შემცველობა სამშენებლო მასალებში დიდ ფარგლებში მერყეობს, რის შედეგადაც ე. კრისიუკმა (1980) ჰიგიენური თვალსაზრისით სამშენებლო მასალების კლასიფიკაცია მოახდინა მათი გამოყენებისა და მათგან ადამიანის დასახივების ხარისხის მიხედვით. რამაც გამოხატულება პოვა ჩვენს სანიტარულ კანონმდებლობაში.

როგორც ცნობილია, სამშენებლო მასალა, რომლითაც აგებულია შენობები, შეიცავს სხვადასხვა რაოდენობის ბუნებრივ რადიონუკ-

ლიდებს. ამიტომ გამა-ფონი შენობაში და გარეთ ერთმანეთს არ ემ-  
თხვევა.

გამა-ფონი საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში მერყეობს  
6,0-იდან 22 მკრ/საათ. ფარგლებში. ყველა შემთხვევაში ექსპოზი-  
ციური დოზის სიმძლავრე აგურით აგებულ სახლებში საშუალოდ არის  
18 მკრ/საათში, ხოლო რკინა-ბეტონის სახლებში — 22 მკრ/საათში.  
რიყის ქვით აგებულ შენობებში გამა-ფონის დოზის სიმძლავრე სა-  
შუალოდ უდრის 17 მკრ/საათში, ხოლო ხის სახლებში — 12,5 მკრ/სა-  
ათში. (რ. ხაზარაძე, 1982).

ვ. კატაევასა და ბ. ილინის თანახმად (1971), ექსპოზიციური დო-  
ზის სიმძლავრე შენობებში საბჭოთა კავშირის ევროპული ნაწილის  
ტერიტორიაზე ტოლია 6-იდან 30 მკრ/საათში, აქედან აგურით და  
ქვით ნაგებ შენობებში მერყეობს 13-იდან 30 მკრ/საათში, ხოლო  
ხის სახლებში — 6-იდან 20 მკრ/საათში.

გარდა გამა-ფონისა, შენობაში ადამიანს ასხივებს რადონი და თო-  
რონი, რომელთა კონცენტრაცია შენობაში დამოკიდებულია სამშე-  
ნებლო მასალებზე და ჰაერის ცვლაზე. როგორც წესი, რადონის კონ-  
ცენტრაცია მერყეობს  $0,2 \cdot 10^{-12}$ -იდან  $6 \cdot 10^{-12}$  კი/ლ, თორონისა კი  
 $7 \cdot 10^{-14}$  კი/ლ-მდე ფარგლებში.

ცხრილი 6

ბუნებრივი რადიონუკლიდების შემცველობა ფოსფორიან  
სახულებში კი/გ (ბკ/გ) (არმსკი, 1978)

ს ა ს უ ქ ი	ქვეყანა	ურან==238	რადიუმ==227	თორიუმ==232	კალიუმ==40
აპატიტის ფქვილი	სსრკ	—	0,8(0,03)	1,5(0,045)	2,6(0,096)
ფოსფორიტის ფქვი- ლი	"	—	10,6(0,39)	0,7(0,026)	6,2(0,23)
თომასფოსფატი	გვრ	1,0(0,037)	0,2(0,0074)	0,1(0,003)	0,1(0,003)
სუპერფოსფატი	"	14(0,52)	14,1(0,52)	0,4(0,014)	3,7(0,137)
ჩვეულებრივი სუ- პერფოსფატი	აშშ	—	25(0,92)	1,2(0,044)	3,2(0,118)
ნიტროფოსი	სსრკ	—	23(0,85)	0,4(0,014)	—
ნიტროამოფოსი	"	—	—	—	—
სუპერფოსფატი	"	—	3,1(0,11)	—	—

ბუნებრივი რადიონუკლიდების შემცველობა სამშენებლო მასალაში  
საბჟოთა კავშირში პკ/გ (ბკ/გ)  
(ვ. პარხომენკო, 1980)

მ ა ს ა ლ ა	თორიუმ-232	რადიუმ-226	კალიუმ-40
სამშენებლო ქვა	0,98(0,36)	0,72(0,27)	17,1(6,3)
გრანიტი, ტუფი	0,17—5,74	0,13—3,88	4,0—72,5
ბეტონი	0,5(0,19)	0,76(0,28)	7,8(2,9)
თიხა	0,95(0,35)	0,65(0,24)	12,2(4,51)
წითელი აგური	1,08—3,35	0,94(0,35)	16,5(6,10)
ცემენტი	0,45(0,17)	0,83(0,30)	4,1(1,51)
კირი	0,1(0,04)	0,26(0,10)	1,0(0,37)
სილა	0,28(0,10)	0,22(0,08)	5,9(2,18)
სილკატური აგური	0,21(0,08)	0,27(0,10)	3,8(0,41)

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ატომური ენერჯის მოქმედების სამეცნიერო კომიტეტის თანახმად (1977), რადონის დაშლის მოკლე სიცოცხლის ხანგრძლივობის რადიონუკლიდების შესუნთქვის შედეგად ორგანიზმში მოხვედრას მთავარი ადგილი უჭირავს ადამიანის ბუნებრივ დასხივებაში. საშუალო დასხივების დოზის სიმძლავრე ფილტვებისათვის არის 400 მრად/წელიწადში, ბრონქული ეპითელიუმის დასხივება კი შესაძლებელია 5-ჯერ მეტი იყოს. ამიტომ მეცნიერებს მიაჩნიათ, რომ ფილტვის კიბოთი სიკვდილის შემთხვევათა 10% განპირობებული უნდა იყოს იმ რადიონუკლიდების მკვლევებით. რომლებიც გამოიყოფა შენობებში მინერალური წარმოშობის სამშენებლო მასალიდან.

საქართველოს ტერიტორიაზე შენობებში რადონის დაშლის პროდუქტების კონცენტრაცია მერყეობს 0,02-იდან 2,4 პკი/ლ ფარგლებში, ყველაზე მინიმალური კონცენტრაციები აღინიშნება ხის სახლებში (0,02-იდან 0,08 პკი/ლ), ყველაზე მაქსიმალური — რკინა-ბეტონის სახლებში (0,1-იდან 2,4 პკი/ლ). ჰაერში საშუალო ტიპურ კონცენტრაციად შეიძლება ჩაითვალოს 1 პკი/ლ ჰაერში (რ. ხაზარაძე, 1982).

თუ გავითვალისწინებთ, რომ ადამიანი რადონს ღებულობს შენობის გარეთ და ბრონქული ეპითელიუმისათვის დოზაა 5 მრად/წელიწადში, ხოლო ფილტვებისათვის 1 მრად/წელიწადში, წლიური შთანთქმული დოზა ბრონქული ეპითელიუმისათვის 37 მრადის, ხოლო ფილტვებისათვის 7 მრადის ტოლი იქნება.

ენერგეტიკული და საზრუნველო ოპიმატიზიდან გამომდინარეებით  
წარმოქმნილი ვაიონიზებული გამოსხივება

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ბუნებრივ რადიონუკლიდებს დიდი რაოდენობით შეიცავს მთის ქანები და მათგან მოპოვებულ სათბობის (ქვანახშირი, ტორფი, გაზი, ნეთობი). სათბობის წვის შედეგად რადიონუკლიდების ნაწილი გამოიყოფა ჰაერში, აბინძურებს გარემოს და ხვდება ადამიანის ორგანიზმში.

ზემოაღნიშნული სათბობიდან გაბინძურების პოტენციურა წყაროა ქვანახშირი, რომელსაც ფართოდ იყენებენ მრეწველობაში, განსაკუთრებით ენერგეტიკაში.

სათბობის შემცველი რადიონუკლიდებიდან მთავარი როლი გარემოს გაბინძურებაში ენიჭება რადიუმ-226-ს, რომლის შემცველობა სხედასხვა მარკის ქვანახშირში საშუალოდ 0,3-იდან 2,9 კეი/გ (C.011-იდან 0,1 ბე/გ)-მდე მერყეობს.

სათბობის წვის შედეგად ხდება რადიუმ-226-ის სორბირება მკვრივ ნაწილაკებზე და გამოსროლა ატმოსფერულ ჰაერში აეროზოლის სახით. 1000 მეგავატის სიმძლავრის თბოელექტროსადგური ყოველწლიურად გამოყოფს ჰაერში 2 კეი ( $7,4 \cdot 10^{-10}$  ბე) რადიუმ-226-ს, აქედან 10 კეი ( $1 \cdot 10^{-8}$  ბე) ატმოსფეროში ზედება.

ჩვენი გამოკვლევებით დადგინდა, რომ რადიუმ-226 მაქსიმალური კონცენტრაცია აღინიშნება გაბინძურების წყაროდან (თბოელექტროსადგური, მეტალურგიული ქარხანა) 1—3 კმ მანძილზე, ხოლო გაბინძურების კვალი 20—22 კმ აღწევს გაბატონებული ქარების მიმართულებით. საერთო გაბინძურების ფართობი საშუალოდ  $10^2$  კმ-ზე მეტია.

გაბინძურებული ატმოსფერული ჰაერის სუნთქვის, აგრეთვე ადგილობრივად გაბინძურებულ ტერიტორიაზე მოყვანილი პროდუქტების საკვებად მიღების შედეგად ადამიანის ორგანიზმში მომეტებული რაოდენობით ხვდება რადიუმ-226. გაბინძურების ზონაში მცხოვრებთა ორგანიზმში (განსაკუთრებით ძვალში) გროვდება რადიუმ-226 და შესაბამისად იზრდება შთანთქმული დოზა.

სხვა სახის სათბობი გარემოს შედარებით ნაკლებად აბინძურებს, ვიდრე ქვანახშირი, ვინაიდან მათი მოხმარების მასშტაბებიც შედარებით ნაკლებია.

განსაკუთრებით დგას ბუნებრივი გაზის საკითხი, რომელსაც მოსახლეობა საშარეულოში იყენებს. ბუნებრივი გაზი ძირითადად შეიცავს რადონს და მისი შემცველობა მერყეობს 2-იდან 100 კეი/ლიტრ-

რადიონუკლიდების შემცველობა ქვანახშირში და მისი წილის პროდუქტებში (პე/გ (ბ./გ) (ა. მარტი და სხვ., 1984)

ქ ე ე ა ნ ა	ურან-238	რადიუმ-226	თორიუმ-232	კალუმ-10
სსრკ	—	ქვანახშირი 0,5—2,9(0,018—0,107)	0,3—2,0(0,011—0,074)	—
პოლონეთი	—	0,001—1,3(0,00037—0,048)	—	—
ჩეხოსლოვაკია	—	0,7(0,026)	—	25(0,092)
აშშ	0,49(0,018)	0,3(0,011)	0,57(0,02)	1,4(0,052)
სსრკ	—	ქვანახშირის ნაცარი 5,0(0,185)	2,3—8,7(0,085—0,322)	—
აშშ	—	3,8(0,14)	2,6(0,096)	—
პოლონეთი	—	წილა 4,3(0,159)	1,2(0,044)	—
აშშ	4,9(0,18)	0,55—4,5(0,02—0,166)	1,5(0,055)	26(0,96)
პოლონეთი	0,6—6,7(0,022—0,248)	მურიანი ნაცარი 1,0—6,4(0,037—0,237)	0,18—0,2(0,006—0,0074)	22,5(0,832)
აშშ	10(0,37)	0,4—3,1(0,015—0,11)	2,6(0,096)	11,5(0,41)

ში (0,74 და 3.7 ბკ/ლიტრში) ფარგლებში. მისი გადამუშავების, ტრანსპორტირებისა და შენახვის შედეგად რადონის კონცენტრაცია საგრძნობლად მცირდება, მაგრამ ცუდი განიავების დროს გაზის წვის შედეგად სამზარეულოს პაერში რადონის კონცენტრაცია იმატებს და ზოგჯერ ორმაგდება. ამიტომ სამზარეულოს განიავებას დიდი მნიშვნელობა აქვს რადონის დაგროვების თავიდან ასაცილებლად.

დასხივების ამ სახეს ეკუთვნის აგრეთვე კოსმონავტებისა და თვითმფრინავის მგზავრების დასხივება ფრენის დროს.

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ გარემოს ანთროპოგენული გაბინძურება ბუნებრივი რადიონუკლიდებით ჯერჯერობით სუსტადაა შესწავლილი, რაც შეუძლებელს ხდის რადიაციული მდგომარეობის პროგნოზირებას და შესაბამისი პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარებას.

## თ ა ვ ი III

### მოსახლეობის დასხივების ხელოვნური წყაროები

დასხივების ხელოვნური წყაროები, რომელთა გავლენას განიცდის მოსახლეობა, შეიძლება დაიყოს ორ ძირითად ჯგუფად: გარემოს გამაბინძურებლები და არაგამაბინძურებლები.

პირველ ჯგუფს შეიძლება მივაკუთვნოთ ატომური ენერგეტიკის საწარმოები და ბირთვული იარაღის გამოცდა, მეორეს — მაიონიზებელი გამოსხივების წყაროები, რომელიც გამოიყენება მედიცინაში, ტექნიკაში და საყოფაცხოვრებო მიზნით.

#### 1. ატომური ენერგეტიკა

აღამიანის ყოველდღიური მზარდი მოთხოვნის დაკმაყოფილება ელექტროენერგიაზე საჭიროებს ატომური ენერგეტიკის სწრაფ განვითარებას. არსებული მონაცემების თანახმად, 2000 წლისათვის მსოფლიოში ატომური ენერგეტიკის მიერ გამომუშავებული ელექტროენერგია საერთო გამომუშავებული ელექტროენერგიის 50%-ს მიაღწევს (ლ. ვორონინი, 1976), შემდგომ წლებში კი ეს მაჩვენებელი 80%-ს გაუტოლდება (ა. პეტროსიანი, 1981).

საბჭოთა კავშირში ფართოდ არის გაშლილი ატომური ელსადგურების მშენებლობა. უკვე საკმაოდ დიდი ხანია მოქმედებენ ნოვოვორონეის, კურსკის, ბელოიარსკის, ყირიმის, სომხეთის, სამხრეთ უკრაინის, ლენინგრადისა და სხვა ატომური ელექტროსადგურები.

ატომური ენერგეტიკა მოიცავს მთელ რიგ პროცესებს — დაწყებული ურანის მოპოვებით და მისი გადამუშავებით, დამთავრებული ატომურ ელექტროსადგურში მათი გამოყენებით და გამოყენებული სათბობის რეგენერაციით.

საბჭოთა კავშირის ატომური ენერგეტიკის განვითარების უახლოესი პერსპექტივაა შეიქმნას მძლავრი ატომური ელექტროსადგურები (25 მლნ კილოვატის სიმძლავრის). ძირითადი ტიპები რეაქტორებისა, რომლებიც ატომურ ელექტროსადგურებში იდგმება, არის რეაქტორები თბურ ნეიტრონებზე. გარდა ატომური ელექტროსადგურებისა, შენდება აგრეთვე ატომური თბოსადგურები, რომლებიც გათვალისწინებულია დასახლებული პუნქტების თბოფიკაციისათვის.

ატომური ელექტროსადგურის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია რეაქტორი, რომლის მუშაობის დროსაც ნეიტრონების მოქმედების შედეგად წარმოიქმნება ურანის რადიოაქტიური დაშლის და აქტივაციის პროდუქტები. მათი ძირითადი ნაწილი მარეგულირებელ ღეროებშია, რადიონუკლიდების ნაწილი დიფუნდირებას ახდენს ამ ღეროებიდან და გადადის თბოგამცლელში ან წარმოიქმნება თვით თბოგამცლელში.

რეაქტორის მართვა ხდება შორი მანძილიდან ავტომატურად, რადგან რეაქტორი მუშაობის დროს მაიონიზებელ სხივებს (გამა-სხივებს და ნეიტრონებს) გამოასხივებს, რაც დამლუპველად მოქმედებს ადამიანზე. ამ გამოსხივების მოქმედების თავიდან ასაცილებლად ატომურ რეაქტორს გარედან უკეთებენ დამცველს — ბეტონის, რკინის, ტყვიის, წყლის ან სხვა ზემკვრივი მასალის სქელ ფენას.

რეაქტორის მუშაობისას ბინძურდება მარეგულირებელი ღეროები და აქტიური ზონის სხვა კონსტრუქციული ელემენტები, გარდა ამისა, დამცველი გარსის დარღვევის შედეგად მოსალოდნელია გაბინძურება. ამიტომ ალუმინის გარსები ამჟამად შეცვლილია ცირკონიუმის უფრო მკვრივი შენადნობებით.

საბჭოთა კავშირში აგებულ ატომურ ელექტროსადგურებში ძირითადად გამოიყენება ორი ტიპის რეაქტორი: თბურ ნეიტრონებზე წყლის წნევის ქვეშ, ტიპი „ვეერ-1000“ — 1 მილიონი კილოვატის სიმძლავრისა და არხიანი ურანგრაფიტული ტიპის „რბმკ — 1000“

(დასახულია შემდგომში მათი სიმძლავრის გადიდება 2400 კილოვატამდე).

პირველი ტიპის ატომური ელექტროსადგურის სქემა ორკონტურ-რიანია. პირველი კონტურის წყალი რეაქტორში 180—220°C ცხელდება და გადადის თბომცლელში, სადაც გადასცემს სითბოს მეორე კონტურს გათბობისათვის, შემდგომში ორთქლად ქცევისათვის. ორთქლი ტურბინაში გადადის და კონდესატის სახით ბრუნდება ორთქლის გენერატორში. ორკონტურრიანი სქემა გამოირიცხავს რადიონუკლიდების გადასვლის შესაძლებლობას პირველი კონტურის წყალში იმ შემთხვევაში, თუ გაბინძურდება მეორე კონტურის წყალი. ასეთი სქემათა ფუნქციონირებს ნოვოვორონეის, კოლის და სომხეთის ატომური ელექტროსადგურები.

მეორე ტიპის რეაქტორების სქემა ერთკონტურრიანია. თბური ენერჯიის შემცველი აქაც წყალია, რომელიც გარდაიქმნება ორთქლად 90 ატმოსფერული წნევის ქვეშ 510—520°C-ზე და უშუალოდ ტურბინაში გადადის, შემდგომ კი კონდესატის სახით ბრუნდება უკან რეაქტორში. ამ ტიპის რეაქტორები დგას ლენინგრადის, კურსკის, ბელოიარსკის, ბილიბინის და სხვ. ატომურ ელექტროსადგურებში.

ატომური ელექტროსადგურების მუშაობისას წარმოიქმნება თხევადი, გაზისებრი და მყარი ნარჩენები. თხევადი ნარჩენებია პირველი კონტურის წყალი, აგრეთვე მარეგულირებელი ღეროების აუზის წყალი. და ე. წ. არატექნოლოგიური წყლები, რომლებიც წარმოიქმნება სათავსოსა და დანადგარების დეზაქტივაციის შედეგად, სპეცსამრეცხაოში და სანგამტარში. ყველა ამ წყალს, რომლებიც რადიონუკლიდების შენარევებს შეიცავს, უტარდებათ დეზაქტივაცია გამწმენდ ნაგებობებზე, გაწმენდის შემდეგ კი კვლავ გამოსაყენებლად უბრუნდება იმავე სისტემას.

ჰაერი, რომელიც შესაძლებელია შეიცავდეს რადიონუკლიდებს სავენტილაციო მილში მოხვედრამდე, შესაბამისად ეფექტურად გასუფთავდება სპეციალურ ფილტრებში. ნამუშევარი ფილტრები სხვა მკვრივ ნარჩენებთან ერთად იმარხება სპეციალურ სამარხებში.

რეაქტორების ნორმალური ექსპლოატაციის დროს ატმოსფეროში გამოყოფილი გაზები ხასიათდება ინერტული რადიოაქტიური აირების შემცველობით (კრიპტონ-85 და ქსენონ-138), აქტივაციის პროდუქტებით (არგონ-41, ნახშირბად-14 და სხვ.), აგრეთვე ურანის ზოგიერთი დაშლის პროდუქტით (უმთავრესად აეროზოლურ მდგომარეობაში).

გარემოს გაბინძურების მხრივ განსაკუთრებით საშიშია ატომური



რეაქტორის ავარია. მოსახლეობის დიდი კონტიგენტისათვის საშიში ავარია უცხოეთში მხოლოდ ორჯერ იყო რეგისტრირებული: 1957 წლის ოქტომბერში უინდსკეილეს ავარია (დიდი ბრიტანეთი) და 1982 წლის მარტში პენსილვანიის ატომური ელსადგურის ერთ-ერთი ბლოკის ავარია (აშშ). პირველი ავარიის მიზეზი იყო რეაქტორის არასწორი მართვა, რის შედეგადაც ცეცხლი გაჩნდა, რომელიც 3 დღე-ღამის განმავლობაში გრძელდებოდა. ავარიის შედეგად მოხდა დიდი რაოდენობით რადიონუკლიდების გამოსროლა გარემოში. მეორე შემთხვევაში ოპერატორის არასწორი მოქმედების შედეგად მოხდა გარემოში რადიონუკლიდების გამოფრქვევა.

მესამე დიდი ავარია მოხდა სსრ კავშირში, ჩერნობილის ატომურ ელექტროსადგურში 1986 წლის 26 აპრილს. კერძოდ, ავარია განიცადა ატომური ელექტროსადგურის მეოთხე ბლოკმა, რაც მომსახურე პერსონალის მიერ გაუმართლებელი ექსპერიმენტების შედეგი იყო.

მეოთხე ბლოკის ურან-გრაფიტულარხიან მდულარე რეაქტორში მუშაობის პროცესში წარმოიქმნება ფართო სპექტრის სხვადასხვა რადიონუკლიდები, რომლებიც მკვრივ და აიროვან მდგომარეობაშია. ამ შემთხვევაში რეაქტორში მოხდა თბური აფეთქება, რის შედეგადაც დაირღვა რეაქტორის დამცველი გარსის მთლიანობა, გაჩნდა ცეცხლი, აქტიური ზონიდან გარეთ გამოიფრქვა რადიონუკლიდები და წარმოიქმნა რადიოაქტიური ნალექები.

რადიოაქტიური ნალექები, ბუნებრივია, ყველაზე მეტად აღმოჩნდა ატომური ელექტროსადგურის ახლოს, შესაბამისად იქ წარმოიშვა რადიაციის ყველაზე მაღალი დონე. პირველ დღეებში მოსახლეობისათვის ყველაზე საშიშ იზოტოპს წარმოადგენდა იოდ-131, რომელიც ადამიანის ორგანიზმში ხვდებოდა უმთავრესად ჰაერის გზით და იმ ძროსების რძით, რომლებიც ძოვდნენ ბალახს გაბინძურებულ ტერიტორიებზე. აღნიშნულის გარდა საშიშ ფაქტორს წარმოადგენდა გამაგამოსხივებით გარედან დასხივება, რომელიც ავარიის შედეგად გამოფრქვეული გამაგამოსხივებელი რადიონუკლიდებისაგან წარმოიქმნა.

იმისათვის, რომ დაეცვათ მოსახლეობის სიცოცხლე დასხივების საშიში დოზებისაგან, ყველა ადამიანი ევაკუირებულ იქნა 30 კმ რადიუსის ზონიდან. რამდენიმე დღის შემდეგ უფრო დეტალურად შეისწავლეს რადიაციული მდგომარეობა და საჭირო გახდა დამატებით მოსახლეობის ევაკუაცია 30 კმ რადიუსის ზონის ახლოს გაბინძურებული რამდენიმე დასახლებული პუნქტიდან.

რადიოაქტიურმა გაბინძურებამ მოიცვა ჩვენი ქვეყნის თითქმის მთელი ევროპული ნაწილი. შედარებით შორეულ რაიონებში აღმოჩნდა რძის გაბინძურება იოდ-131-ით, ამიტომ წარმოებდა მისი ბრაკერაჟი და პროფილაქტიკისათვის მოსახლეობას ეძლეოდა კალიუმის იოდატის აბები. მაისის პირველ კვირაში დაზიანებული რეაქტორიდან ახალი გამონაფრქვევები პრაქტიკულად შეწყდა და რამდენიმე კვირის შემდეგ იოდ-131-ისაგან დაცვის პრობლემამ დაკარგა თავისი მნიშვნელობა, მისი კონცენტრაცია გარემოში მკვეთრად შემცირდა და ივლისში პრაქტიკულად არ აღინიშნებოდა. ასეთ შემთხვევაში ძირითადი მნიშვნელობა ენიჭებოდა ორ ფაქტორს: გარედან დასხივებას და კვების პროდუქტებში მოხვედრილ ცეზიუმის რადიონუკლიდებს — ცეზიუმ-137-ს (ნახევრად დაშლის პერიოდი 30 წელი) და ცეზიუმ-134-ს (ნახევრად დაშლის პერიოდი 2 წელი). მთელ რიგ რეგიონებში — ბელორუსიის სამხრეთში და რსფსრ-ის დასავლეთ რაიონებში ნიადაგში ცეზიუმ-137-ის შემცველობის დონემ გამოიწვია სოფლის მეურნეობის პროდუქტების (განსაკუთრებით სოკოსა და კენკროვანის) გამოყენების შეზღუდვის აუცილებლობა, დაწესდა მკაცრი სანიტარული კონტროლი მეცხოველეობის პროდუქციაზე და ბოსტნეულზე (მათ შორის კერძო სექტორზეც). ამიტომ ამ რაიონებში სუფთა პროდუქტები შექმონდათ სხვადასხვა რეგიონებიდან. შუა ზაფხულში რადიაციული მდგომარეობის შედარებით სტაბილიზება მოხდა, სპეციალისტებმა შეძლეს მთლიანად შეეთასებინათ სიტუაცია, რის შედეგადაც, დასხივების დონის შესაბამისად, მოხერხდა პირობითად, მოსახლეობის სამ დიდ ჯგუფად დაყოფა: პირველ ჯგუფში შედიოდა ევაკუირებული მოსახლეობა იმ ტერიტორიიდან, რომელიც უშუალოდ ეკვროდა ჩერნობილის ატომურ ელექტროსადგურს; მეორე ჯგუფში შედიოდნენ შედარებით შორს მაცხოვრებლები, სადაც წარმოიქმნა რადიოაქტიური „კუნძულები“ და ადამიანის დასხივება საშიში არ იყო, მაგრამ საჭიროებდა შეზღუდვებს და პროდუქტების დეტალურ სანიტარულ კონტროლს; მესამე ჯგუფში გაერთიანდნენ იმ ტერიტორიის მაცხოვრებლები, სადაც ხელსაწყოები უჩვენებდნენ რადიოაქტივობის მომატებას, მაგრამ მოსახლეობის დაცვისათვის არავითარი ღონისძიების გატარება არ იყო საჭირო (მათ შორის აღმოჩნდა ჩვენი რესპუბლიკის მოსახლეობა).

როგორი იყო რადიაციის მოქმედების საშიშროება, გამოწვეული ავარიის შედეგად? ავარიის შედეგად მწვავე სხივური დაავადება აღმოაჩნდა 237 კაცს, რომლებიც უშუალოდ მონაწილეობდნენ უბედუ-

რების შედეგების აღმოფხვრაში რეაქტორზე. სამწუხაროდ, ჩვენი და უცხოელი მედიკოსების ყოველგვარი ცდის მიუხედავად, 28 ავადმყოფი გარდაიცვალა. ღრმა სამედიცინო გამოკვლევების შედეგად დადგენილ იქნა, რომ არცერთ ევაკურებულ მცხოვრებს არც სხივური დაავადება არ აღმოაჩნდა და არც ჭანმრთელობის ნორმიდან არავითარი გადახრა, რომელიც დაკავშირებულია დასხივებასთან.

1987 წლის იანვარ-მარტში ბელორუსიის სამხრეთ-აღმოსავლეთ და სამხრეთ რაიონებში, იქ, სადაც სოფლის მეურნეობის პროდუქცია აღმოჩნდა გაბინძურებული, სპეციალური ბრიგადების მიერ ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად, რომლებშიც შედიოდნენ ჩვენი ქვეყნის წამყვანი სპეციალისტები — ჰემატოლოგები, პედიატრები, მეან-გინეკოლოგები, ენდოკრინოლოგები, გენეტიკოსები, სოციალ-ჰიგიენისტები, რადიაციული ჰიგიენის სპეციალისტები — ჩატარდა ბავშვების, მოზრდილებისა და ორსულების გამოკვლევა. აღნიშნულმა სპეციალისტებმა ვერ შეძლეს ჭანმრთელობიდან რაიმე გადახრების გამოვლინება. ასეთი მდგომარეობა შესაძლებელი გახდა უმთავრესად იმის შედეგად, რომ დროულად იქნა მიღებული ზომები, პირველ ყოვლისა, დაწესდა მკაცრი ჰიგიენური კონტროლი კვების პროდუქტებზე.

რაც შეეხება დასხივების დოზას, რომელიც მიიღო მოსახლეობის მესამე ჯგუფმა, იგი პრაქტიკულად უვნებელი აღმოჩნდა.

მკითხველს შეიძლება დაებადოს კითხვა, როგორია რადიაციით გამოწვეული შორეული გართულებების რისკი?

სპეციალისტების აზრით, რეალური დასხივების დოზებიდან გამომდინარე, რის ფორმირებაც მოხდა ავარიის შედეგად ქვეყნის ტერიტორიაზე, ეს რისკი უმნიშვნელოა და პრაქტიკულად მოსახლეობის არც ერთ კატეგორიაში არ უნდა გამოვლინდეს, თუმცა თეორიულად ამ რისკის უარყოფა არ შეიძლება. მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ არ უნდა მოხდეს მოსალოდნელი გართულებების ასოცირება იმ შედეგთან, რომელიც გამოვლინდა ხიროსიმასა და ნაგასაკიში.

ატომური ელექტროსადგურების ნორმალური ექსპლოატაციის შედეგად რადიაციის მიერ შექმნილი საშიშროება ითვლება ყველაზე მცირე საშიშროებად, რომელსაც ადამიანი განიცდის თავის ყოველდღიურ ცხოვრებაში.

ამერიკელი ჟურნალის „Power Engineering“ (ენერჯეტიკა) ერთ-ერთ ნომერში ს. კორბიტს მოჰყავს რადიაციული რეაქტორების მუშაობის შედეგად განპირობებული საშიშროების საინტერესო მონაცემები. ვაშინგტონის შტატის 3 ქალაქის რაიონში (პასკო, კენევიკი და

რიჩლენდი) 27 წლის განმავლობაში ზუსტად იზომებოდა რადიაციის დონე. ბუნებრივი წყაროებიდან გამოსხივებული საშუალო დოზა ყოველ ადამიანზე (ამ ქალაქის 100000 მცხოვრებიდან) შეადგენდა 120 მრბეს. შესაბამისად საერთო (ყველა მცხოვრებისათვის) წლიური დოზა შეადგენდა 12000 რბეს. 1968 წ. მონაცემებით, ამ რაიონში განლაგებული 11 ამერიკული ენერგეტიკული რეაქტორიდან ჰაერსა და წყალში მოხვედა დაახლოებით 124,4 გ რადიოაქტიური ნარჩენები. დაისვა კითხვა: რა დასხივების დოზა მიიღო მოსახლეობამ, რომელიც განლაგებული იყო 130 კმ<sup>2</sup> ტერიტორიაზე.

ზემოაღნიშნული რაოდენობის ნარჩენებმა შექმნა საშუალო წლიური დოზა — 0,0007 მრბე თითოეულ მოსახლეზე. ე. ი. ადამიანმა უნდა იკოცლოს 25000 წელი, რომ მიიღოს 17 მრბე დოზა, რაც შეადგენს ზღვრულად დასაშვები იმ დოზის ერთ მეათედს, რომელიც მიღებულია ამერიკის შეერთებულ შტატებში ან დოზის ერთ მესამედს, რომელსაც ლებულობს ადამიანი ფილტვების რენტგენოსკოპიისას. იმისათვის, რომ შეიქმნას 17 მრბე დოზა ამ ქალაქების თითოეულ მცხოვრებზე, ამ ტერიტორიაზე უნდა მუშაობდეს 249267 რეაქტორი. მაშინ ყოველ 100.000 მცხოვრებზე მოვიდოდა 1700 მრბე ჯამური დოზა წელიწადში.

აქვე უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ზოგიერთმა პროდუქტმა, თუ მას გამოვიყენებთ დიდი რაოდენობით, ასევე შეიძლება მოახდინოს გენეტიკური მოქმედება ადამიანზე. ეს ეხება, კერძოდ, ყავასა და ალკოჰოლს. ოკრიჯის ეროვნულ ლაბორატორიაში ტარდებოდა ცდები ქრომოსომულ აბერაციებზე, ალკოჰოლისა და ყავის მოქმედების დასადგენად და რადიაციის მაღალ დოზებთან შესადარებლად.

შესადარებელ ერთეულად მიღებული იყო ე. წ. რადიომიმეტური მილირბე ერთეული, თითქმის მილირბეს მსგავსი. აქ დაადგინეს, რომ 6 ფინჯანი ყავის დაღვევა ყოველდღიურად გენეტიკური თვალსაზრისით უტოლდება 1000 რადიომიმეტურ მრბეს კვირაში. როგორც რადიოაქტიური დასხივებისას, აქაც თვლიდნენ ხაზობრივ დამოკიდებულებას დოზასა და ეფექტს შორის. თუ სამი დასახელებული ქალაქის ყველა მცხოვრები ყოველდღიურად ყავას იყენებდა ასეთი რაოდენობით. მაშინ მოსახლეობისათვის წლიური დოზა შეადგენდა, 84000 რბეს. თუ ყველა მცხოვრები ალკოჰოლს იმ რაოდენობით ლებულობდა, რაც მოდის 1 სულ მოსახლეზე ამერიკაში, ე. ი. 9 ლ 40% სპირტიანი სასმელი, საერთო წლიური დოზა 2 000 000 რბეს მიაღწევდა.

ასეთივე შედარება შეიძლება მოვახდინოთ სხვა ნივთიერებების, მაგალითად, ვერცხლისწყლის, ნარკოტიკების და სხვ. მიმართ.

250000 რეაქტორმა ყოველწლიურად შესაძლოა გამოყოს ჰაერსა და წყალში 4 ტ გენეტიკურად მნიშვნელოვანი რადიოაქტიური ნარჩენები. სამწუხაროდ, შეიძლება შევნიშნოთ, რომ ჩვენ უფრო მცირე ცოდნა გავაჩნია მილიონ ტონა ქიმიკატებისა და მკვრივი ნაწილაკების გენეტიკური მოქმედების შესახებ, ვიდრე რადიოაქტიური ნარჩენების მცირე რაოდენობის მოქმედებაზე. ამასთან, გარემოს რადიოაქტიურობას ჩვენ შეგვიძლია გაუუწიოთ კონტროლი და დროულად აღვკვეთოთ საშიშროება. მსგავსი კონტროლი არარადიოაქტიურ გარემოზე ყოველთვის ვერ ხერხდება. ჭერჯერობით არ ყოფილა არცერთი შემთხვევა ადამიანის სიკვდილისა ენერგეტიკული რეაქტორების ნორმალური ექსპლოატაციის შედეგად წარმოქმნილი რადიაციისაგან.

კორბიტს თავისი სტატიის დასკვნაში მოჰყავს შემდეგი ციფრები: ამერიკის შეერთებულ შტატებში ყოველწლიურად 12000 კაცი იღუპება ხანძრისაგან, რომლის 35% გამოწვეულია ელექტრონის წყაროებიდან. 50000-ზე მეტი ამერიკელი იღუპება საგზაო ავარიის შედეგად. ამ ავარიების 50% გამოწვეულია ალკოჰოლის მიღების შედეგად. 50000 კაცი იღუპება უბედური საყოფაცხოვრებო შემთხვევისაგან, დასვენების დროს საზოგადოებრივ შენობებში, ავარიისა და სხვა შემთხვევებისაგან. სატრანსპორტო საშუალება ითვლება წელიწადში 2 მილიონი მძიმე ტრავმისა და 10 მილიარდი დოლარის მატერიალური ზარალის მიზეზად. ამიტომ, თუ ვინმე ხედავს ატომური რეაქტორის დიდ საშიშროებას, მან არ უნდა დაივიწყოს გენეტიკური შედეგების ისეთი შესაძლებლობა, რომელიც მოსდევს ალკოჰოლის მიღებას და თამბაქოს წევას ჭარბი რაოდენობით.

ატომური ელექტროსადგურების მუშაობის პროცესში მარეგულირებელ ღეროებში მოთავსებული ურან-235-ის 75% იწვება. ამიტომ ბირთვული სათბობის მთლიანი გამოყენებისათვის საჭირო ხდება დასხივებული მარეგულირებელი ღეროების გადამუშავება მათში დარჩენილი ურან-235-ისა და აგრეთვე ურანის დაშლის პროდუქტების დაგროვების შედეგად ახლად წარმოქმნილი პლუტონიუმ-235-ის გამოყოფის მიზნით.

გამოყენებული მარეგულირებელი ღეროები სპეციალური სათბობის რეგენერაციის ქარხნებში იგზავნება, სადაც ურანსა და პლუტონიუმს ცალ-ცალკე გამოყოფენ, შემდეგ ასუფთავებენ და ამით ამზადებენ განმეორებითი გამოყენებისათვის. რეგენერაციის ტექნო-

ლოგიურ პროცესებს უმეტეს შემთხვევაში თან ახლავს რადიოაქტიური აირების გამოყოფა. ამიტომ ეს პროცესები ტარდება მკაცრი პერმეტიზაციის პირობებში. წარმოქმნილი რადიოაქტიური ნარჩენები იგზავნება შესაბამის გამწმენდ ნაგებობებზე. ბირთვული სათბობის რეგენერაციის შედეგად წარმოქმნილი რადიოაქტიური ნარჩენებიდან ძირითადად მავნეა კრიპტონ-85 და თრითიუმი. გარდა აღნიშნულისა, რადიოაქტიური ნარჩენები შეიცავს იოდის იზოტოპებს, რუთენიუმს, ცეზიუმს და სხვ.

გერმანიის ფედერაციულ რესპუბლიკაში რადიოაქტიური ინერტული გაზების 95%-ს აშორებენ კრიოგენული საშუალებით, რისთვისაც თავისუფალი რადიოაქტიური ინერტული გაზები გადაჰყავთ თხიერ მდგომარეობაში (ჰაერით დეკირხენის შედეგად). გამდიდრებულ კრიპტონ-85-ს ინახავენ ბალონებში და შემდეგ მარხავენ.

ატომური ენერჯის გამოყენება სახალხო მეურნეობაში დიდად პერსპექტიულია. გარდა ატომური ელსადგურების მშენებლობისა, რაც გათვალისწინებულია ელექტროენერჯის მისაღებად, შენდება და პროექტდება აგრეთვე მძლავრი თბოატომური სადგურები, რომლებიც სითბოთი უზრუნველყოფს დიდ ქალაქებს. პერსპექტივაში მაღალი ტემპერატურის გამოყენება შესაძლებელი იქნება მრეწველობაშიც. ზოგიერთი რაიონისათვის მნიშვნელოვანია ორმაგი გამოყენების (ელექტროენერჯისა და თბოენერჯის) ატომური რეაქტორები. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ ქ. შევჩენკოს ატომური ელექტროსადგური, რომელიც ერთდროულად ელექტროენერჯით უზრუნველყოფს ქალაქს და ზღვის წყლის გამტკნარებას ემსახურება — დღე-ღამეში 120000 მ<sup>3</sup> დისტილატს იძლევა, რაც შევჩენკოს მოსახლეობას სასმელი წყლით უზრუნველყოფს.

1960 წელს არქტიკის ათვისების ახალი ერა შექმნა ყინულმჭრელმა „ლენინმა“, რომელიც 90 მეგავატის სიმძლავრის ორი რეაქტორითაა აღჭურვილი. 1975 წელს მას დაემატა ყინულმჭრელი „არქტიკა“ („ლ. ბრეჟნევი“), რომელსაც ასეთივე რეაქტორები აქვს და რომელმაც 1977 წელს ჩრდილოეთ პოლუსს მიაღწია.

მაიონიზებული გამოსხივების წყაროები, ავტონომიური თერმოელექტრული ბატარიების სახით, რომელთა სიმძლავრე რამდენიმე ასეულ ვატს აღწევს, ფართოდ გამოიყენება ავტომატურ მეტეოროლოგიურ რადიოსადგურებში, ოკეანოგრაფიულ ნავიგაციურ ხელსაწყოებსა და კოსმოსურ გამოკვლევებში. ასეთი ხელსაწყოები შეიცავს

ბუნებრივ რადიონუკლიდებს და მათი ჰერმეტიზაციის დარღვევამ შეიძლება გამოიწვიოს გარემოს გაბინძურება. ამიტომ მათი კონსტრუქციების საიმედოობას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა.

## ე. ატომური იარაღის გამოცდა

ატომური იარაღის გამოცდა, ანუ აფეთქება ხდება ჰაერში, მიწის ზევით. მიწის ქვეშ და წყალქვეშ. მათ შორის გარემოს გაბინძურების მხრივ ყველაზე უფრო საშიშად ითვლება ჰაერში წარმოებული აფეთქება. რადგანაც ამ დროს ხდება ეგრეთ წოდებული გლობალური (თითქმის მთელი პლანეტის) გაბინძურება რადიოაქტიური ნივთიერებებით. ატომური და წყალბადის ბომბის აფეთქების დროს ტემპერატურა მათში რამდენიმე მილიონ გრადუსს აღწევს, რის შედეგადაც ბომბის მთლიანი მასალა, დაშლის (ან სინთეზის) პროდუქტები გადადის ორთქლის მსგავს მდგომარეობაში, წარმოიქმნება ცეცხლოვან ბურთი, რომელიც სწრაფად ფართოვდება და, იმის გამო, რომ გაზის სიმკვრივე მასში მნიშვნელოვნად მცირეა, ვიდრე ჰაერის სიმკვრივე, ცეცხლოვანი ბურთი სწრაფად მიემართება ატმოსფეროს ზედა ფენებისაკენ. აფეთქების შედეგად ატმოსფეროში ხდება წარმოქმნილი რადიოაქტიური ნივთიერებების ინჟექტირება, რომელთა რაოდენობა დამოკიდებულია აფეთქების სიმძლავრესა და მის სახეზე (ჰაერში, მიწის ზევით და სხვ.) (არმსკი, 1980).

ატომური აფეთქებისას მიმდინარე ატომგულის დაშლის პროცესის შედეგად 200-მდე რადიონუკლიდი წარმოიშობა. თითოეულის სიდიდე დამოკიდებულია დაშლილი ნივთიერების თვისებებზე (პლუტონიუმ-239 და ურან-235, ურან-239), ნეიტრონების ენერჯიაზე და იცვლება ფართო დიაპაზონში.

ატომური ბომბის აფეთქებისას წარმოიქმნება ღრუბელი, რომელიც შეიცავს სხვადასხვა სიდიდის ნაწილაკებით გაჯერებულ აეროზოლს. იგი ქიმიურად რთული სტრუქტურის და შედგენილობისაა. მსხვილი ნაწილაკები სიმძიმის ძალის შედეგად სწრაფად ილექება და ძირითადად აფეთქების ეპიცენტრის ზონაში ადგილობრივ გაბინძურებას იწვევს. მიკრონისა და სუბმიკრონის ზომის რადიოაქტიური ნაწილაკები ინჟექტირებულ ტროპოსფეროსა და სტრატოსფეროში დედამიწის ზედაპირზე შედარებით ნელა ილექება. ტროპოსფეროში მოხვედრილი ნაწილაკები 20 — 40 დღე-ღამეში გადაადგილდება ჰაერის

მასების მიმართულებით და ტროპოსფერული ნალექების სახით ჩამოდის დედამიწაზე (არმსკი, 1977).

ვინაიდან ძირითადი ატომური აფეთქებანი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ხდებოდა, შესაბამისად, უფრო ინტენსიურად ჩრდილოეთი ნახევარსფეროა გაბინძურებული. დედამიწის ზედაპირის გაბინძურებაში დიდ როლს ასრულებს ატმოსფერული ნალექები (წვიმა, თოვლი).

რადიოაქტიური ნივთიერებების ე. წ. ჩამოსვლაზე დიდ გავლენას ახდენს კონკრეტული ადგილობრივი პირობები, კერძოდ, ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფია, სიმაღლე ზღვის დონიდან, ატმოსფერული ნალექების სიდიდე და სხვ. დადგენილია, რომ მთაში რადიოაქტიური ნივთიერებები 2—3-ჯერ მეტია, ვიდრე მიმდებარე ბარის რაიონში. ასევე ნალექებით მდიდარ რაიონებში ხშირად მეტი რადიოაქტიური ნივთიერება ჩამოდის, ვიდრე მიმდებარე მთიან ზონაში, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ მუდმივ თოვლიან მთებს. როგორც ვარაუდობენ ამის მიზეზი შეიძლება იყოს ჰაერის გადიდებული ტურბულენტობის, სინამის კონდენსაცია დედამიწის ზედაპირთან მყოფ ატმოსფერულ ჰაერში, ხანმოკლე წვიმა და სეტყვა. რადიოაქტიური ნივთიერებების ჩამოსვლას ახასიათებს სეზონურობა — მაქსიმალური ჩამოსვლით ხასიათდება გაზაფხულ-ზაფხულის, მინიმალურით — ზამთრის სეზონი (ა. მარეი, 1980). ატმოსფეროში რადიოაქტიური ნივთიერებები აფეთქებიდან საშუალოდ 2—5 წლამდე რჩება. მაგალითად, სტრონციუმ-90 სტრატოსფეროში 1—2 წლამდე რჩება, იგივე შეიძლება ითქვას ცეზიუმ-137-ზე (ა. მარეი, რ. ბარხუდაროვი, ნ. ნოვიკოვა, 1968).

გლობალური გაბინძურების შემთხვევაში, რაც ხელოვნური რადიონუკლიდებითაა განპირობებული, ბიოლოგიურად საშიშ რადიონუკლიდებად ითვლება თრიითიუმ-3, ნახშირბად-14, სტრონციუმ-90, ცეზიუმ-137, ცერიუმ-144, პლუტონიუმ-239, ცირკონიუმ-95, ნიობიუმ-95, რუთენიუმ-106 და იოდ-131.

ბირთვული იარაღის გამოცდის შედეგად წარმოქმნილი რადიოაქტიური ნალექები იყოფა ტროპოსფერულად და სტრატოსფერულად. ტროპოსფერული ნალექები ჩნდება აფეთქების შედეგად ინეექტირებულ ტროპოსფეროში (სადაც ყოვნდება 30 დღემდე) და შედგება მცირე აეროზოლებისაგან. შემდეგ იგი დედამიწის ზედაპირზე ილექება აფეთქების ადგილიდან ასეულ ათასობით კილომეტრის რადიუსით. ტროპოსფერული ნალექებისათვის დამახასიათებელია ის, რომ შეიცავს რადიონუკლიდებს, რომელთა ნახევრად დაშლის პერიოდი რამ-



დენიმე დღიდან 2 თვემდე გრძელდება (იოდ-131, ბარიუმ-14, სტრონციუმ-89).

სტრატოსფერული ნალექები კი გარემოს აბინძურებს ხანგრძლივი სიცოცხლის მქონე რადიონუკლიდებით. სტრატოსფეროში რადიონუკლიდების ყოფნის ხანგრძლივობა 3-დან 12 თვემდე ფარგლებში მერყეობს და გლობალურად გარემოს ძირითად გამაბინძურებლად ითვლება.

რადიონუკლიდების ყველაზე დიდი კონცენტრაცია აღინიშნება ატომური იარაღის გამოცდიდან 1—2 თვის განმავლობაში.

ატმოსფერულ ჰაერში რადიონუკლიდების მაქსიმალური კონცენტრაცია 1962—63 წლებში აღინიშნებოდა 1961—62 წლებში ჩატარებული სერიული ატომური იარაღის გამოცდების შედეგად. შემდგომში რადიონუკლიდების კონცენტრაციამ ჰაერში იკლო და 1980 წლისათვის 10-დან 100-ჯერ შემცირდა, შესაბამისად შემცირდა ინჰალაციური გზით ადამიანის ორგანიზმში მათი მოხვედრაც.

საქართველოს ტერიტორიაზე ბირთვული იარაღის გამოცდების შედეგად ატმოსფეროს გაბინძურების კანონზომიერება 1961—70 წლებში შეისწავლეს შ. გავაშელმა და მ. ციციქიშვილმა.

რადიაციული მდგომარეობა ამა თუ იმ რეგიონში განპირობებულია შესაბამისი რადიონუკლიდებით. ნიადაგის ზედაპირზე დალექილი გამა-გამომსხივებელი რადიონუკლიდები იწვევს გამა-ფონის გადიდებას, შესაბამისად — მოსახლეობის გარედან დასხივების დოზის გადიდებას. რადიონუკლიდებით სოფლის მეურნეობის სავარგულების გაბინძურება იწვევს მასზე მოყვანილ პროდუქტებში რადიონუკლიდების კონცენტრაციების გადიდებას, რაც შესაბამისად იწვევს ადამიანის ორგანიზმის შინაგანი დასხივების დოზის გადიდებას.

რადიონუკლიდები, რომლებიც ნიადაგის ზედაპირზე დაილექება, სხვადასხვა ფაქტორის ზეგავლენით გადაადგილდება ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებით. ჰორიზონტალური მიმართულებით გადაადგილება შეიძლება მოხდეს წყლის ზედაპირული ნაკადით ძლიერი წვიმის შედეგად. ამ შემთხვევაში უფრო დიდი როლი ეკუთვნის თოვლის დნობის შედეგად წარმოქმნილ წყალს. ვერტიკალური მიგრაცია ნიადაგში შესაძლებელია მოხდეს რადიონუკლიდების სორბირებული ნაწილაკების მექანიკური გადაადგილების შედეგად, აგრეთვე თავისუფალი იონების გადაადგილებით. სოფლის მეურნეობის სავარგულებში რადიონუკლიდები თანაბრად ნაწილდება დამუშავებული ნიადაგის ფარგლებში. ზოგიერთი რადიონუკლიდის მექანი-

კური გადაადგილება შესაძლებელია მოხდეს ზედაპირიდან სიღრმეში კიაყელებისა და სხვა მთხრელი ცხოველების მოქმედების შედეგად. ნიადაგში რადიონუკლიდების ვერტიკალური გადაადგილების სისწრაფე დამოკიდებულია მექანიკური ნაწილაკების სორბირებაზე და ნიადაგის წყლის რეჟიმზე. ქვიშიან ნიადაგში რადიონუკლიდები უფრო ღრმად ჩადის, ვიდრე თიხიან და შავმიწა ნიადაგებში (ფ. პავლოცკაია, 1974).

მ. კვარაცხელიამ და გ. ლლონტმა დაადგინეს საქართველოს ნიადაგების გაბინძურება სტრონციუმ-90-ით და ცეზიუმ-137-ით, აგრეთვე ნიადაგის ტიპის როლი ამ რადიონუკლიდების პროფილის მიხედვით განაწილებასა და დაგროვებაში.

რადიონუკლიდებით გარემოს გაბინძურების ერთ-ერთი ძირითადი მომენტია მცენარეების, კერძოდ, სოფლის მეურნეობის კულტურებისა და საძოვრების გაბინძურება, ეს შეიძლება მოხდეს ჰაერიდან მცენარის მიწისზედა ნაწილებზე რადიონუკლიდების უშუალოდ დალექვით. ფიქსაციით, შელწვევითა და დაგროვებით. რადიონუკლიდები მცენარეში შედის აგრეთვე ფესვების გზით, როცა იგი ნიადაგში ხვდება მცენარისათვის საჭირო სხვა საყვებ ნივთიერებებთან ერთად. გარდა აღნიშნულისა, მცენარე რადიონუკლიდებით შესაძლებელია გაბინძურდეს ნიადაგის ნაწილაკებთან ერთად, ქარისა და წვიმის წვეთებით, მაგრამ გაბინძურების ამ გზას ნაკლები მნიშვნელობა აქვს. ჰაერის გზით რადიონუკლიდების მცენარეში მოხვედრას მნიშვნელობა ენიჭება მცენარის ვეგეტაციის პერიოდში, რაც განსაკუთრებით საგულისხმოა თავთავიანი მცენარეების მოსავლის აღების წინ.

ატმოსფეროდან დალექილი ნაწილაკების შთანთქმა დამოკიდებულია ნაწილაკების ფიზიკურ თვისებებსა და მცენარის ზრდის ფორმაზე. მცენარეზე მოხვედრილი რადიონუკლიდების შემდგომი ბედი დამოკიდებულია მათ ხსნადობაზე და სხვადასხვა ფაქტორის ზეგავლენაზე. უხსნარი ნაერთების რადიონუკლიდებმა შეიძლება გააბინძურონ მცენარის მხოლოდ ზედაპირული ნაწილი, ხსნად რადიონუკლიდებს კი შთანთქავენ ფოთლები, ღეროები და ნაყოფი. ვინაიდან ეს პროცესი ზემოწვევით ნელა მიმდინარეობს, რადიონუკლიდების დიდი ნაწილი მცენარის ზედაპირულ ნაწილებზე დიდხანს რჩება.

სოფლის მეურნეობის კულტურების ბუნებრივი თვისებები განსაზღვრავს მცენარეში ჰაერიდან მოხვედრილი ხელოვნური რადიონუკლიდების დაგროვების სხვადასხვა ხასიათს. რადიონუკლიდების დაგროვების ხარისხის მიხედვით, მცენარეები შეიძლება დავაყენოთ ასეთ

რიგში: ჩაი — მწვანილი — კომბოსტო — ქარხალი — კარტოფილი — ხორბალი — სიმინდი (რ. ხაზარაძე, 1982).

საქართველოში ხელოვნური რადიონუკლიდებით მარცვლეული კულტურების გაბინძურება შეისწავლა გ. მოძმანაშვილმა, ხოლო ჩაისა და სუბტროპიკული კულტურებისა შეისწავლეს რ. ყიფიანმა, ე. თვალ-კრელიძემ, გ. კვაჭაძემ და დ. ზოიძემ.

დროის მიხედვით მცენარეებში რადიონუკლიდების რაოდენობის შემცირების ფაქტორად ჩაითვლება მათი განზავება, ზრდის შედეგად ბიომასის მომატება და დანაკარგი მცენარეში მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესებისა და გარემო ფაქტორების ზეგავლენის შედეგად.

მეტად საინტერესოა რადიონუკლიდების მცენარეში მოხვედრის მექანიზმი. რადიონუკლიდები მცენარეში ხვდებათ სამი გზით: ფოთლებიდან და ყვავილებიდან (ფლორული შთანთქმა), ნიადაგის ზედა საფარულიდან, ღეროს ბაზალური ნაწილიდან. შთანთქმის მექანიზმების შეფარდებითი მნიშვნელობა დამოკიდებულია მცენარის ფორმასა და ზრდის თავისებურებაზე. ფოთლებიდან შთანთქმა დამახასიათებელია ყველა მცენარისათვის. ფლორულ შთანთქმას პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ თავთავიანი მცენარეებისათვის, ნიადაგის ზედა ფენიდან შთანთქმას კი — საძოვრის მრავალწლიანი ბალახებისათვის.

მას შემდეგ, რაც ატმოსფერული ჰაერიდან რადიონუკლიდების ჩამოსვლა შეწყდება და საკმაოდ დიდი დრო გაივლის, ადამიანის დღეღამის რაციონში ხანგრძლივი სიცოცხლის მქონე რადიონუკლიდების რაოდენობა უმეტესად განისაზღვრება იმით, თუ რა რაოდენობით გადავიდა იგი მცენარეში ნიადაგიდან ფესვების სისტემით (ნ. კორნეევი, 1977). ამ პროცესის სისწრაფე რამდენიმე ფაქტორითაა განპირობებული. რაც დაკავშირებულია მცენარის ფიზიოლოგიურ თავისებურებასთან და ნიადაგში მიმდინარე პროცესებთან. მცენარე ითვისებს წყალში გახსნილ ნივთიერებებს. ელექტროლიტების კონცენტრაცია ნიადაგის წყლის ფაზაში დაბალია, რადგან ისინი დისოცირებულ მდგომარეობაშია და მცენარეში იონების სახით ხვდება.

მცენარის მიერ შთანთქმული რადიონუკლიდების რაოდენობა დამოკიდებულია გარემოში იონების ქიმიურ თვისებებზე და წყალბადიონთა კონცენტრაციაზე. დაბალი კონცენტრაციისას მცენარეების მიერ ჩვეულებრივ შთანთქმული იონების რაოდენობა გარემოში მათი შემცველობის პირდაპირპროპორციულია. მაღალი კონცენტრაციისას ეს დამოკიდებულება ირღვევა და ყოველი იონის კონცენტრაციის გა-

დიდება ამცირებს მცენარეების მიერ მათ შთანთქმას. ამავე დროს მაღალი კონცენტრაციისას შესაძლებელია ტოქსიკური ეფექტი.

წყალბადიონთა კონცენტრაციის მნიშვნელობაზე მიუთითებს ეს გარემოება, რომ მცენარეთა მიერ შთანთქმის მაქსიმალური სიჩქარე აღინიშნება მაშინ, როდესაც წყალბადიონთა კონცენტრაცია ახლოა ნეიტრალურთან.

მცენარეში რადიონუკლიდების დაგროვებაზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ნიადაგის სინოტივე.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, გარემოს გაბინძურებაში მონაწილე რადიონუკლიდებიდან ბიოლოგიურად ყველაზე საშიშად ითვლება სტრონციუმ-90 და ცეზიუმ-137. ამ რადიონუკლიდებს ხანგრძლივი ნახევრად დაშლის პერიოდი აქვთ, რითაც ქმნიან ორგანიზმის ხანგრძლივი დასახივების საშიშროებას, ვინაიდან ორგანიზმში დიდხანს რჩებიან. სტრონციუმ-90-ის ეფექტური ნახევრად დაშლის პერიოდი 29 წელს უდრის, რის გამოც ადამიანის ორგანიზმში მისი დაგროვება პრაქტიკულად ადამიანის აქტიური სიცოცხლის ტოლია, ხოლო ცეზიუმ-137-ის ეფექტური ბიოლოგიური ნახევრად დაშლის პერიოდი 140 დღეს უდრის (ამ პერიოდში გამოიდევენება ორგანიზმიდან), ამიტომ თუ მისი ორგანიზმში შემდგომი მოხვედრა გამოირიცხა, ორგანიზმი შედარებით სწრაფად თავისუფლდება ამ ელემენტისაგან.

როგორც სტრონციუმ-90, ისე ცეზიუმ-137 ორგანიზმში ხვდება პირდაპირი და არაპირდაპირი გზით ანუ ბიოლოგიური ჯაჭვის მეშვეობით. ბიოლოგიური ჯაჭვის საწყისი რგოლი ნიადაგიდან ან ჰაერიდან იწყება ამ ელემენტის მცენარეში მოხვედრით. შემდგომი რგოლია მათი მოხვედრა ცხოველში და აქედან — ადამიანის ორგანიზმში. ბიოლოგიური ჯაჭვის მეორე გზა, განსაკუთრებით სტრონციუმ-90-ისათვის, არის ზღვის, ოკეანის, მდინარისა და ტბის ბინადარნი — თევზები და წყალმცენარეები. ამ ფაქტორს დიდი მნიშვნელობა აქვს განსაკუთრებით იმ მოსახლეობისათვის, რომლებიც წყალსატევებთან ახლოს ცხოვრობენ და მათ რაციონში ამ პროდუქტებს დიდი ადგილი უკავიათ.

სტრონციუმ-90 დიდი რაოდენობით გროვდება ჩაიში, მწვანილში, ხორბალში, პარკოსნებში, ცეზიუმ-137 კი — ხორბალში, ხორცში, რძეში, ყველში, ბოსტნეულში (რ. ხაზარაძე, 1982).

ადამიანის ორგანიზმში რადიონუკლიდები ხვდებიან ძირითადად საკვების გზით, კერძოდ, პურით, ხორცი, რძით და ბოსტნეულით. საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე, მ. შ. საქართველოში, კვების რა-

ციონში რადიონუკლიდების ძირითადი ნაწილი (დაახლოებით 55%) ორგანიზმში პურეული პროდუქტების მიღებით ხვდება (რ. ხაზარაძე, 1982). იმ ქვეყნებში, სადაც კვების რაციონი დასავლეთის დიეტით ხასიათდება (ევროპა, ჩრდილოეთი ამერიკა), წამყვანი როლი რძის პროდუქტებს ენიჭება.

ბირთვული იარაღის ექსპერიმენტული აფეთქების შედეგად ამ რადიონუკლიდების ყველაზე მაღალი დონე აღინიშნებოდა 1963—64 წლებში, ხოლო 1970 წელს სტრონციუმ-90-ის ორგანიზმში მოხვედრა მაქსიმალური მოხვედრის პერიოდთან შედარებით შემცირდა 6-ჯერ, ცეზიუმ-137-ისა — 12 — 14-ჯერ.

დღე-ღამის განმავლობაში აღნიშნული რადიონუკლიდების ორგანიზმში მოხვედრის 95 — 97% განპირობებული იყო კვების პროდუქტებით, ხოლო სასმელი წყლით და ჰაერით მოხვედრა 35%-ს არ აღემატებოდა. საქართველოში სასმელი წყლით მოხვედრა ჰაერთან ერთად შეადგენდა 2—3%-ს. ეს გამოწვეული იყო იმით, რომ საქართველოს მოსახლეობა ძირითადად სასმელად იყენებს ნიადაგქვეშა წყლებს, რომლებიც უფრო ნაკლებად ბინძურდება, ვიდრე წყალსაცავები. სასმელი წყლის გაბინძურება სტრონციუმ-90-ით მაქსიმალური გაბინძურების პერიოდში არ აღემატებოდა 1 ჰკის დღე-ღამეში და დასაშვები კონცენტრაციის 1/270 ნაწილს წარმოადგენდა (რ. ხაზარაძე, 1982).

ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი სტრონციუმ-90 ძვლებში ლაგდება და იწვევს მის და მასში მოთავსებული უჯრედების (განსაკუთრებით ძვლის ტვინის) დასხივებას. რაც შეეხება ცეზიუმ-137-ს, იგი რბილ ქსოვილებში ლაგდება და ორგანიზმის თითქმის თანაბარ დასხივებას იწვევს.

ადამიანის ორგანიზმში ამ რადიონუკლიდების ჩალაგება ბირთვული იარაღის აფეთქების შედეგად ყოველწლიურად მატულობდა და მაქსიმალურ დონეს მიაღწია 1964—65 წლებში (განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობდა ეს აფეთქებები 1961—62 წლებში), შემდეგ ცოტა ხნით იწყო კლება, მაგრამ მომდევნო წლებში მაინც აღინიშნებოდა მცირეოდენი მატება, რაც გამოწვეული იყო საფრანგეთისა და განსაკუთრებით ჩინეთის მიერ ჩატარებული აფეთქებებით. მდგომარეობა კვლავ გამწვავდა იმით, რომ ზოგიერთი ქვეყანა, რომელმაც ხელი არ მოაწერა (მოსკოვში, 1963 წელს) ბირთვული იარაღის გამოცდის აკრძალვას სამ სფეროში (ჰაერში, წყალში და დედამიწის ზედაპირზე) და კვლავ განაგრძობდა ამ იარაღის გამოცდას.

ძვლებში სტრონციუმ-90-ის ჩალაგება განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობს ბავშვებში. ეს აიხსნება იმით, რომ ბავშვებში ხდება ძვლოვანი ქსოვილის ფორმირება, მისი გამდიდრება კალციუმის მარილებით, ხოლო სტრონციუმი წარმოადგენს კალციუმის ბიოლოგიურ ანალოგს, მასთან ერთად აქტიურად მონაწილეობს ძვლოვანი ქსოვილის ნივთიერებათა ცვლაში. ბავშვის კვების რაციონში რძის პროდუქტების სიჭარბის გამო სტრონციუმ-90 შეიძლება 5—7-ჯერ მეტი აღმოჩნდეს, ვიდრე მოზრდილების რაციონში (ვ. ბენეტი, 1974).

სტრონციუმ-90 ორგანიზმში ძირითადად ხვდება საკვების მეშვეობით. ორგანიზმში მისი შეწოვა დამოკიდებულია კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში სტრონციუმ-90-ის სტაბილური კალციუმით განზავევბაზე. სტრონციუმ-90, მოხვდება რა ორგანიზმში, მოექცევა სისხლის მიმოქცევის სისტემაში, სადაც ნაწილი (40%) სისხლის ცილებთან ქმნის სუსტ კომპლექსებს. თავდაპირველად ორგანიზმში მოხვედრილი სტრონციუმის 20% ძვლებში ლაგდება, ძვლებში თანდათან მათი გაჯერების შედეგად სტრონციუმ-90-ის ჩალაგება მცირდება და ნულამდე დადის. საერთოდ ორგანიზმში დაგროვილი სტრონციუმ-90-ის 99% ძვლის ქსოვილში გროვდება (არმსკი, 1961).

ახალი ქსოვილის ზრდასთან ერთად, რომელიც ხდება მხოლოდ ახალგაზრდა ასაკში, ჩამოყალიბებული ძვალი მთელი სიცოცხლის განმავლობაში მუდმივად იცვლება ახლით. ამ პროცესის ინტენსივობა თანდათანობით მცირდება მხოლოდ ასაკის მატებასთან დაკავშირებით. თუ ბავშვებში სიცოცხლის პირველი წლის განმავლობაში ძვლის ქსოვილის გაახლება 100%-ს აღწევს, მოზრდილებში ძვლის ქსოვილის ყველა 2.5%-ის ტოლია (არმსკი).

როგორც ცნობილია, ძვლის ქსოვილში სტრონციუმ-90-ის ჩალაგებისათვის ერთ-ერთი დიდი მნიშვნელობა აქვს კვების რაციონის გზით მოხვედრილი სტაბილური კალციუმის რაოდენობას, განსაკუთრებით ორგანიზმისათვის ადვილად შესათვისებელ რძესა და რძის პროდუქტებში შემავალ სტაბილურ კალციუმს.

კალციუმის სადღელამისო მოთხოვნილება ბავშვებისათვის სხვადასხვაა: ბავშვთა ბავის ასაკის ბავშვებისათვის საშუალოდ არის 460 მგ, საბავშვო ბალის ასაკის ბავშვებისათვის — 580 მგ, სასკოლო ასაკის ბავშვებისათვის 680 მგ. აქედან კალციუმის დაახლოებით 70% ორგანიზმში ხვდება რძით და რძის პროდუქტებით. სრულასაკოვანი მოსახლეობა საშუალოდ 800 მგ კალციუმს ღებულობს.

როგორც ცნობილია, რაციონში კალციუმის საერთო რაოდენობის

და მისი რძით და რძის პროდუქტებით უზრუნველყოფის მიხედვით, მსოფლიოს მოსახლეობის კვების რაციონებს ძირითადად ყოფენ 3 ტიპად (რ. რასელი, 1977):

პირველ ტიპს ეკუთვნის რაციონი, რომელიც შეიცავს 0,8—1,0 გრამამდე კალციუმს, აქედან კალციუმის 70—90% მიღებულია რძით და რძის პროდუქტებით. ამ ტიპის რაციონებს ეკუთვნის ევროპის უმთავრესი ქვეყნების — ჩრდილოეთ ამერიკისა და ოკეანის რაციონები. სამხრეთ ევროპის ზოგიერთი ქვეყნის (მაგალითად, იტალიის), ლათინური ამერიკის (არგენტინა), პაკისტანისა და სხვა ქვეყნების მოსახლეობაში კალციუმის ყოველდღიური მოხმარება მცირეა და 60% ამ ელემენტისა რაციონში შედის რძით და რძის პროდუქტებით. ისრაელში კალციუმის რაციონს საშუალო ადგილი უკავია მაქსიმუმსა და მინიმუმს შორის და კალციუმის ყოველდღიური მოხმარება დაახლოებით 900 მგ-ის ტოლია, აქედან ამ ელემენტის 66% ორგანიზმში რძით და რძის პროდუქტებით ხვდება.

რაციონების მეორე ტიპს განეკუთვნება 400 მგ კალციუმის შემცველი რაციონი, აქედან 40% დაკავშირებულია რძის პროდუქტებისა და ბოსტნეულის მოხმარებასთან. ასეთია ეგვიპტის, თურქეთისა და ინდოეთის რაციონები, სადაც რძის პროდუქტები და ბოსტნეული თითქმის ტოლფასოვანია, როგორც კალციუმის წყარო.

მესამე ტიპს განეკუთვნება შრი-ლანკისა და იაპონიის რაციონებია, სადაც კალციუმის ძირითად წყაროს წარმოადგენს არა რძე და რძის პროდუქტები, არამედ ბოსტნეული. რაციონში კალციუმის საერთო რაოდენობა ერთ ადამიანზე დღე-ღამეში 200—230 მგ-ის ტოლია. თევზი მხოლოდ იაპონიაში ითვლება კალციუმის მნიშვნელოვან წყაროდ. ჩილეში, სადაც რძის მოხმარება ასევე დიდია, კალციუმის შემცველობა რაციონში მაღალია.

ზემოთმოყვანილი რაციონების დაყოფის თანახმად, საქართველოს რაციონი ძალიან ახლოსაა სამხრეთ ევროპის ქვეყნების რაციონებთან (იტალია და სხვ.), სადაც კალციუმის შემცველობა 800 მგ-ზე ნაკლებია და 50%-მდე კალციუმის წყაროს რძე და რძის პროდუქტები წარმოადგენს.

ვ. კნიჟნიკოვის მიერ განზოგადოებული მონაცემების შედეგად. საბჭოთა კავშირის მოსახლეობის კვების რაციონებში 1967—72 წლებში სტრონციუმ-90-ის შემცველობა (71%) განპირობებული იყო პურეული პროდუქტებით, 16% რძით და რძის პროდუქტებით, დანარჩენი 13% კი—ბოსტნეულით, ხილით და სასმელი წყლით; სომხეთში. ს. ათანესი-

ანის (1968) მიხედვით, კვების რაციონში სტრონციუმ-90-ის ძირითად წყაროს წარმოადგენს პური (55%), რძის პროდუქტები (28%), ბოსტნეული (10%): საქართველოში ჩვენი მონაცემებით. სტრონციუმ-90-ის შემცველობა პურეულით (ხორბალი, სიმინდი) განპირობებული იყო შემთხვევათა 55%-ში, ბოსტნეულით — 24%-ში, რძითა და რძის პროდუქტებით 12,7%-ში, ხოლო დანარჩენი მოდიოდა სხვა პროდუქტებსა და წყალზე.

ი. რეფერასა და ნ. კრაუბელის (1962) მონაცემებით. ამერიკის შეერთებული შტატების მოსახლეობაში რძითა და რძის პროდუქტებით სტრონციუმ-90 დღე-ღამეში ხვდებოდა 35 — 39%-ის რაოდენობით, ბოსტნეულით 34%-მდე, ხილით 5 — 6%, პურეულით — 17 — 20%, წყლით 3 — 3,5%-მდე.

ფ. ბრიანტის და ა. ჩემბერლენის მონაცემებით (1968), ინგლისის მოსახლეობაში სტრონციუმის 65% ორგანიზმში ხვდებოდა რძის, დანარჩენი 35% კი — ბოსტნეულის, ხილის, პურეულისა და წყლის მეშვეობით.

იაპონიაში სტრონციუმ-90-ის 50%-ის კვების რაციონში მოხვედრა განპირობებული იყო ბოსტნეულით, ხილით და წყლით, დანარჩენი კი — ბრინჯით. რძესა და რძის პროდუქტებზე მოდიოდა 2 — 5%.

სხვადასხვა ქვეყნის მოსახლეობის კვების რაციონთა სტრუქტურების ანალიზის შედეგად შეიძლება ითქვას, რომ ორგანიზმში სტრონციუმ-90-ის მოხვედრის მექანიზმში ცალკეული პროდუქტების როლი გარემოს იდენტური გაბინძურების შემთხვევაში სხვადასხვაა და დამოკიდებულია კვების რაციონის სტრუქტურაზე.

სტრონციუმ-90-ის დაგროვება ასაკის მიხედვით მაქსიმალურად დაბინძურების პერიოდში (1959—65 წლებში) ასეთი იყო: მოზრდილებში 2-ჯერ მეტი, ვიდრე ახალშობილებში; 3-ჯერ მეტი, ვიდრე ჩვილ ბავშვებში (0 — 1 წლამდე); 4-ჯერ ნაკლები, ვიდრე 1 — 4 წლამდე ასაკის ბავშვებში.

ცეზიუმ-137 პრაქტიკულად თითქმის მთლიანად შეიწოვება ორგანიზმში, აქედან 80% გროვდება კუნთოვან ქსოვილში და 8% ძვლებში. 10%-მდე სწრაფად გამოიდევენება ორგანიზმიდან, დანარჩენი კი — ნელა. ცეზიუმ-137 მამაკაცებში უფრო მეტი რაოდენობით გროვდება, ვიდრე ქალებში, მაშინ როცა სტრონციუმ-90-ის დაგროვება თითქმის თანაბარია. ეს აიხსნება ქალებში კუნთოვანი ქსოვილის ნაკლები განვითარებით.

გარდა ზემოაღნიშნული რადიონუკლიდებისა, ბირთვული იარაღის



გამოცდის შედეგად მნიშვნელობა ნახშირბად-14-ის ზრდას ენიჭება. მისი ზრდა კი ადამიანის ორგანიზმში ქმნის პოტენციურ საშიშროებას გენეტიკური ინფორმაციის შეცვლის თვალსაზრისით. იგივე შეიძლება ითქვას იოდის იზოტოპების შემცველობის ზრდაზე. მართალია, მათ ხანმოკლე სიცოცხლის პერიოდი აქვთ, მაგრამ განსაკუთრებული ადგილი უჭირავთ ბიოგენურ ცვლაში, განსაკუთრებით კი ფარისებრ ჯირკვალში დაგროვებასა და დასხივებაში.

### **8. მაიონიზებული გამოსხივების ხელოვნური წყაროები, როგორებიც გაერთიანებული ერების ორგანიზაცია**

მოსახლეობის დასხივების წყაროებს, რომლებიც გარემოს არ აბინძურებენ, ეკუთვნის: რენტგენის დანადგარები, სამედიცინო მიზნებისათვის გამოყენებული რადიოაქტიური პრეპარატები, ტელევიზორი და სხვ. აქედან მოსახლეობის დასხივებაში მნიშვნელოვანი როლი აქვს იმ წყაროებს, რომლებიც გამოიყენება სამედიცინო მიზნებისათვის, ვინაიდან მათი წვლილი დასხივების დოზაში ძალიან დიდია.

მედიცინაში მაიონიზებული გამოსხივების გამოყენების ძირითადი მიმართულებაა რენტგენოდიაგნოსტიკა, რადიონუკლიდებით დიაგნოსტიკა და სხივური თერაპია. აქედან ყველაზე დიდი წვლილი შეაქვს დასხივების დოზის შექმნაში რენტგენოდიაგნოსტიკურ პროცედურებს.

რენტგენის გამოსხივების მცირე ენერჯიის გამოყენება სადიაგნოსტიკო მიზნისათვის დამყარებულია ორგანიზმის ქსოვილებისა და სხვადასხვა უცხო სხეულის თვისებებზე — შეასუსტოს მისი მოქმედება სხვადასხვა ხარისხით. აღნიშნული მეთოდით გამოსხივების წყაროდ გამოყენებულია სხვადასხვა მარკის რენტგენის მილი, მანათობელი ეკრანები, ელექტრონულ-ობტიკური გარდაქმნელები, ფოტოფორები, სელენის ფირფიტები და სხვ.

გამოსახულების მისაღები საშუალებების მიხედვით არსებობს: რენტგენოსკოპია, ე. ი. მანათობელი ეკრანის გამოყენება ვიზუალური დაკვირვებისათვის; რენტგენოგრაფია — გამოსახულების მიღება სპეციალურ რენტგენის ფირზე; ფლუოროგრაფია — მანათობელ ეკრანზე გამოსახულების ფოტოგრაფირება; ქსეროგრაფია — სელენის ფირფიტების გამოყენება ქაღალდზე გამოსახულების მისაღებად. არსებობს აგრეთვე მანათობელი ეკრანით კინოგადაღება.

ყველა ზემოჩამოთვლილი მეთოდის გამოყენებისას პაციენტი ამა

თუ იმ ხარისხის მაიონიზებელი გამოსხივების ზემოქმედებას განიცდის. პაციენტის მიერ მიღებული დოზა დამოკიდებულია რენტგენის მილის ფოკუსსა და პაციენტის სხეულს შორის არსებულ მანძილზე, გამოსხივების კონის დიამეტრზე, მის ინტენსივობაზე, ენერგიის ეფექტურობასა და ექსპოზიციის ხანგრძლივობაზე.

დოზის სიდიდის მიხედვით, რომელსაც პაციენტი ღებულობს ექსპოზიციის გათვალისწინებით, რენტგენოდიაგნოსტიკის მეთოდები შეიძლება დავალაგოთ კლებადი თანამიმდევრობით. დასხივების ყველაზე დიდი დოზები დაკავშირებულია რენტგენოსკოპიასთან, შემდეგ ქსეროგრაფიასთან, რენტგენოგრაფიასა და ფლუოროგრაფიასთან.

რადიონუკლიდებით დიაგნოსტიკა ძირითადად ხდება რადიონუკლიდების ღია წყაროების გამოყენებით. ამისათვის იყენებენ ნიშანდებულ ატომებს, რომელთაც ახასიათებთ ოპტიმალური ნახევრად დაშლის პერიოდი, მცირე რადიოტოქსიკურობა და სპეციფიკური ბიოლოგიური თვისებები. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ ნიშანდებული კობალტ-57, კობალტ-58, B<sub>12</sub> ვიტამინი (რომელსაც იყენებენ ანემიისა და ღვიძლის დაავადებისას B<sub>12</sub> ვიტამინის შეწოვის დარღვევების გამოსავლინებლად), იოდი ჰიპურანი (იყენებენ თირკმლების ფუნქციური მდგომარეობისა და სხვადასხვა სიმსივნის სადიაგნოსტიკოდ), ასევე ხშირად გამოიყენება ფოსფორ-32, იოდ-131, ოქრო-198 და სხვ. (ვ. აგრანატი, 1967).

სხივურ თერაპიას ძირითადად იყენებენ ავთვისებიანი სიმსივნებისა და ზოგიერთი სხვა დაავადების სამკურნალოდ. ამ დროს გამოიყენება დისტანციური რენტგენო- და გამა-თერაპია მაღალი ენერგიის გამოსხივებით, ქსოვილშიდა, ღრუსშიდა და აპლიკაციური თერაპია დახურული რადიონუკლიდების წყაროებით, სხივური თერაპია ღია რადიოაქტიური წყაროების გამოყენებით.

ამა თუ იმ სხივური თერაპიის მეთოდის გამოყენება დამოკიდებულია პათოლოგიური პროცესის ლოკალიზაციაზე. ავთვისებიანი სიმსივნის დისტანციური სხივური თერაპიისათვის მიმართავენ სხვადასხვა სისტემის გამა-თერაპიულ დანადგარებს. გამოსხივების წყარობად ძირითადად გამოიყენება კობალტ-60, იზოიათად — ცეზიუმ-137 ათეულიდან რამდენიმე ასეულ კიურამდე აქტივობით (ვ. გოლიკოვი, ი. კორენკოვი, 1975). სამკურნალოდ გამოიყენება აგრეთვე მაღალი ენერგიის მაიონიზებელი გამოსხივების ბეტატრონი, ელექტრონების ციკლოტრონი და მამჩქარებლები და ხაზობრივი დამამჩქარებლები.

ღრუსშიდა სხივური თერაპია ჩვეულებრივ ტარდება საშვილოსნოს

საყლაპავი მილის, შარდის ბუჯტის, ცხვირ-ხახის ავთვისებიანი სიმსივნეების შემთხვევებში. ამ დროს იყენებენ შესაბამისი კონფიგურაციის წყაროებს, რომლებიც შეჰყავთ ბუნებრივ ღრუებში. ქსოვილში და სხივური თერაპიის დროს, როდესაც საჭიროა სიმსივნის ზუსტი ლოკალური დასხივება, დაზიანებულ ქსოვილში შეჰყავთ კობალტ-60-ის ნემსები 0,5 — 10 მგრ-ეკვ რადიუმის აქტივობით.

აპლიკაციური მეთოდის არსი ის არის, რომ რადიოაქტიური პრეპარატები, რომლებიც მოთავსებულია სპეციალურ აპლიკატორებში, ფიქსირდება კანის ან ლორწოვანის ზედაპირზე იმ ანგარიშით, რათა უზრუნველყოფილი იყოს 50 — 100 რად/საათში (0,5 — 1,0 გ/საათში) სიმძლავრის დოზის დასხივება. ამ მეთოდს იყენებენ კანის სიმსივნური დაავადებისას, ეგზემის დროს და ა. შ. ჩვეულებრივ ამ შემთხვევაში იყენებენ ბეტა- და გამა-აპლიკატორებს.

რადიონუკლიდების ღია წყაროები ფართოდ გამოიყენება არა მარტო სადიანოსტიკოდ, არამედ სხივური თერაპიისათვისაც, კერძოდ, რადიოაქტიური იოდი — ფარისებრი ჯირკვლის კიბოსა და ლიმფურ კვანძებში მეტასტაზების სამკურნალოდ და ა. შ. გარდა ამისა, კურორტოლოგიასა და ფიზიოთერაპიაში სხივურმა თერაპიამ ფართო გამოყენება პოვა რადონის აბაზანების სახით, რადონის შემცველი წყლის სმით და ა. შ. ამ დროს ორგანიზმის დასხივება ორი პროცესით განისაზღვრება: სხეულში კანის გზით წყალში ხსნადი რადონის მოკლე სიცოცხლის მქონე დაშლის პროდუქტების შეღწევით (1% ნაკლები) და კანის ზედაპირზე მათი დაღეჭვით (2%-მდე).

რადიონუკლიდების წყაროებს შეიძლება მიეკუთვნოს აგრეთვე ფართო მოხმარების საგნები, რომლებშიც გამოყენებულია ესა თუ ის რადიონუკლიდი. ასეთია, მაგ., რადიოლუმინესცენციური ელექტროსაქონელი, ანტისტატიკური ხელსაწყოები, გაზებისა და აეროზოლების დეტექტორები, კერამიკული, მინისა და შენადნობების ნაკეთობანი, რომლებიც შეიცავენ ურანს ან თორიუმს.

მოსახლეობის დასხივებაში ზემოდასახელებული საგნების გამოყენება ძალიან მცირე ნაწილს შეადგენს. გამოსხივების მნიშვნელოვან წყაროდ ითვლება რადიოლუმინესცენციური საგნები, ე. ი. ისეთი ხელსაწყოები და აპარატები, რომელთა ციფერბლატი დაფარულია რადიოლუმინესცენციური შემადგენლობით (მაგ., მანათობელციფერბლატიანი საათები და სხვ.). თავდაპირველად ზოგ ქვეყანაში მათ დასამზადებლად ფართოდ იყენებდნენ რადიუმ-226-ს. უკანასკნელ წლებში ის

შეცვალეს თრითიუმით და პრომეთეუმ-147-ით, რომლებიც შედარებით დაბალენერგეტიკული ბეტა-გამოსხივებით ხასიათდება.

მაიონიზებული გამოსხივება, რომლის წყაროა ზემოდასახელებული რადიონუკლიდები, სცინცილიატორის დახმარებით (ძირითადი კომპონენტი თუთიის სულფიდია და შეიცავს სპილენძს ან ვერცხლს) გარდაიქმნება მანათობელად.

ელექტროაპარატურა შეიძლება ძალიან უმნიშვნელო მაიონიზებელი გამოსხივების წყარო იყოს.

ფერადი ტელევიზორი რენტგენის გამოსხივების პოტენციურა წყაროა. არმსკის მონაცემების თანახმად, 60-იან წლებში ამ ტელევიზორების მცირე ნაწილს რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის მიერ რეკომენდებული გამოსხივების დოზა დასაშვებზე მეტაჰქონდა. უკანასკნელ წლებში ელექტროსქემის გაუმჯობესებასთან დაკავშირებით ტელევიზორებიდან გამოსხივების დოზის სიმძლავრე მნიშვნელოვნად შემცირდა და დასაშვებ დონეს არ აღემატება.

ამრიგად, მოსახლეობის დასხივების დოზა ფართო მოხმარების საგნებისაგან ყველა შემთხვევაში ძალიან მცირეა.

## თ ა ვ ი IV

### მაკრონიუკლეოზი გამოსხივებით მოსახლეობის დასხივების დოზები

#### 1. მოსახლეობის დასხივების დოზები ბუნებრივი გამოსხივების წყაროებიდან

ადამიანის გარედან დასხივების ძირითად წყაროს წარმოადგენს კოსმოსური და დედამიწური გამა-გამოსხივება. იმ მოსახლეობის დასხივება კოსმოსური გამოსხივებისაგან, რომლებიც ცხოვრობენ საშუალო განედებზე, არ არის დიდი. კოსმოსური გამოსხივების მაიონიზებული კომპონენტის შთანთქმული დოზა ზღვის დონეზე შეადგენს 28 მრადს ( $28 \cdot 10^{-5}$  გრ) წელიწადში. ადგილის სიმაღლის მატებასთან ერთად გამოსხივების ინტენსივობა სწრაფად იზრდება. მოსახლეობა, რომელიც ცხოვრობს ზღვის დონიდან 2000 მ სიმაღლეზე, თითქმის 3-ჯერ მეტ გამოსხივების დოზას ღებულობს, ვიდრე შედარებით დაბ-

ლა მცხოვრები. გამოსხივების დოზა მაქსიმუმს აღწევს ზღვის დონიდან 10 — 20 კმ სიმაღლეზე (არმსკი, 1980).

კოსმოსური გამოსხივების დონე იცვლება აგრეთვე გეოგრაფიული განედების მიხედვით იმ ანგარიშით. რომ მატულობს ეკვატორისა და პოლუსებისაკენ, მაგრამ ეს ცვლილებები დიდი არ არის. სხვაობა მოსახლეობის დასხივების წლიური დოზის სიმძლავრისა ეკვატორიულსა და საშუალო განედებს შორის  $\pm 14\%$ -ს აღწევს.

მოსახლეობის უმრავლესობა მსოფლიოში ცხოვრობს ზღვის დონიდან ათეულ და ასეულ მეტრზე. ამიტომ გამოსხივების დოზის დიპაზონი კოსმოსური გამოსხივებით მოსახლეობის დასხივებისა მერყეობს 20—35 მრადის ფარგლებში ( $20 \cdot 10^{-5}$  —  $34 \cdot 10^{-5}$  გრ), ხოლო წელიწადში საშუალოდ 28 მრადს აღწევს ( $28 \cdot 10^{-3}$  გრ) (არმსკი, 1980).

ვ. ლოვდერის მონაცემების საფუძველზე (1972), ჩვენი გაანგარიშების თანახმად. კოსმოსური გამოსხივების მაიონიზებელი კომპონენტის დოზა საქართველოს ბარის მოსახლეობისათვის შეადგენს 28, მთის მოსახლეობისათვის კი 56 მრადს წელიწადში.

საქართველოს მოსახლეობისათვის კოსმოსური გამოსხივების მაიონიზებელი კომპონენტის საშუალო დოზა 35 მრადის ტოლია წელიწადში, ხოლო კოსმოსური გამოსხივების ნეიტრონული კომპონენტისა — 0,43 მრადისა წელიწადში.

საავიაციო ტრანსპორტის განვითარებასთან დაკავშირებით კოსმოსური გამოსხივება თანდათან იზრდება და მოსახლეობის მიერ მიღებული დოზაც წლითი წლობით მატულობს. არმსკის მონაცემებით (1972), ყოველწლიურად მთელ მსოფლიოში გატარებული ფრენის მგზავრ-კილომეტრები დაახლოებით  $10^{12}$  აღწევს. მგზავრები წლის განმავლობაში თვითმფრინავში ატარებენ თითქმის  $10^9$  მგზავრ-საათს. ამ დროს მზის საშუალო აქტივობის პირობებში შთანთქმული დოზაა დაახლოებით 0,4 მრადი წელიწადში ( $4 \cdot 10^{-9}$  გრ/საათში). მაგ., წლიური კოლექტიური დოზა 1975 წელს შეადგენდა  $4,5 \cdot 10^5$  კაც-რადის ( $4,5 \cdot 10^3$  კაც-გრ).

მზის მაქსიმალური აქტივობის პერიოდში შთანთქმული დოზის სიმძლავრე 12 კმ სიმაღლეზე ფრენის დროს არის 300 მკრადი საათში ( $3 \cdot 10^{-6}$  გრ/საათში), ხოლო 20 კმ სიმაღლეზე ფრენის შთანთქმული დოზა შესაბამისად იზრდება 600 მკრადამდე/საათში ( $3 \cdot 10^{-5}$  გ/საათში). შთანთქმული დოზა, რომელსაც ლებულობენ მგზავრები და ეკიპაჟი, დამოკიდებულია არა მარტო ფრენის ხანგრძლივობასა და სიმაღ-

ლზე, არამედ განედზედაც და, თუ ფრენა ხდება 50° განედზე ზევით, ღოზაც მნიშვნელოვნად იმატებს (არმსკი, 1980).

კოსმოსში გაფრენისას კოსმონავტებზე მოქმედებს პირველადი კოსმოსური გამოსხიება (რომელიც წარმოიქმნა მზეზე მიმდინარე აფეთქებების შედეგად) და აგრეთვე ორი რადიაციული სარტყლის ინტენსიური გამოსხიება. დედამიწის ახლოს ორბიტაზე ფრენისას ამერიკელი კოსმონავტების მიერ მიღებული (1968 წ. აგვისტო) ღოზა შეადგენდა 150 მრადს ( $150 \cdot 10^{-5}$  გრ) მთვარის ირგვლივ შემოვლისას (V. 1969 წ.) — 480 მრადს ( $480 \cdot 10^{-5}$  გრ), მთვარეზე დაჯდომისას (VIII. 1969 წ.) — 179 მრადს ( $179 \cdot 10^{-5}$  გრ) (არმსკი, 1976).

საბჭოთა კოსმონავტების ა. ნიკოლაევის, პ. პოპოვიჩის, კ. ბიკოვსკის, ვ. ტერეშკოვას, ვ. კომაროვის, კ. ფოქტისოვის, ბ. ეგოროვის, ა. ლეონოვის და პ. ბელიაევის მიერ შთანთქმული ღოზა მერყეობდა 14-იდან 95 მრადამდე. მათ კოსმოსში დაჰყვეს 25 საათიდან 119 საათამდე (ა. მოსეევი, ვ. ივანოვი, 1974).

მოსახლეობის კოსმოსური გამოსხივებით დასხივებისას საჭიროა შევეხოთ ოზონის ფენის დაცვით მნიშვნელობას. რომელიც გარს არტყია ჩვენს პლანეტას. ავიაციის განვითარება, კერძოდ, თვითმფრინავების რაოდენობის გადიდება, რომლებიც ფრენენ ზებგერითი სიჩქარით, იწვევს ოზონის ფენის დარღვევას. ოზონის ფენის სისქეა 1—1,5 კმ, იგი დაცილებულია დედამიწის ზედაპირიდან 20 კმ სიმაღლეზე და მალაენერგეტიკული ულტრაიისფერი გამოსხივების ეკრანირებას ახდენს. ოზონის ფენის დარღვევის შედეგად დარღვევის ზონებში შესაბამისად შეიძლება მოხდეს ადამიანის კანის კიბოს შემთხვევათა გაზრდა (არმსკი, 1976).

მაიონიზებული გამოსხივების მეორე სახე, რომელიც მუდმივად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, არის გამა-გამოსხივება. მისი არსებობა განპირობებულია გარემოს ობიექტებში (მთის ქანებში, ნიადაგში. სამშენებლო მასალებში და სხვ.) შესაბამისი რადიონუკლიდების შემცველობით. ნიადაგში და მთის ქანებში, მათი კონცენტრაციების სიდიდის მიხედვით, დედამიწის ზედაპირზე გამოსხივების ღოზის სიმძლავრე სხვადასხვაა. მაგ., საქართველოს ტერიტორიაზე გამა-ფონი მერყეობს 6-იდან 40 მკრად-მდე ფარგლებში. აქედან დაბლობ რაიონებში 6—12, მთებში 18—20—40 მკრად-მდე (რ. ხაზარაძე, რ. ყიფიანი. 1972).

ადამიანის გარედან დასხივების ღოზაში განსაზღვრული როლი ენიჭება ატმოსფერულ ჰაერში რადონ-222-ის, თორონ-220-ისა და

მათი დაშლის პროდუქტების შემცველობას. ჩვეულებრივი ფონის მქონე რაიონებში გამოსხივების დოზის სიმძლავრე შედარებით ნაკლებია. არმსკის მონაცემებით, შთანთქმული დოზის საშუალო სიმძლავრე სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვაა და მერყეობს 3,6-იდან 9,1 მკარდ/საათში ( $3,6 \cdot 10^{-8}$  და  $9,1 \cdot 10^{-8}$  გრ/საათში) ფარგლებში.

იმ რაიონებში, სადაც ბუნებრივი რადიაციული ფონი მომატებულია, გარედან დასხივების დოზა მნიშვნელოვნად მაღალია. კერალის შტატში (ინდოეთი) შთანთქმული დოზის საშუალო სიმძლავრე გამაგამოსხივებისაგან შეადგენს 130 მკარდ/საათში ( $130 \cdot 10^{-8}$  გრ/საათში); ბრაზილიის სამ პატარა ქალაქში, რომლებიც გაშენებულია ატლანტის ოკეანის სანაპიროზე, მონოციტურ სილაზე, შთანთქმული დოზის სიმძლავრე ქუჩებში ტოლია 100—200 მკარდ/საათში ( $100 \cdot 10^{-8}$  —  $200 \cdot 10^{-8}$  გრ/საათში), ხოლო პლაჟზე 2000 მკარდ/საათში ( $2000 \cdot 10^{-8}$  გრ/საათში) აღწევს.

ცხრილი 9

მოსახლეობის გარედან დასხივების დოზის ხიმძლავრე შენობის გარეთ წარმოქმნილი დედამიწური წყაროებიდან

ქვეყნები	შთანთქმული დოზის სიმძლავრე მკარდ/საათში (გრ/საათში)	ქვეყნები	შთანთქმული დოზის სიმძლავრე მკარდ/საათში (გრ/საათში)
ავსტრია	4,3 ( $4,3 \cdot 10^{-8}$ )	იაპონია	4,1 ( $4,1 \cdot 10^{-8}$ )
გერ	5,3 ( $5,3 \cdot 10^{-8}$ )	პოლონეთი	5,5 ( $5,5 \cdot 10^{-8}$ )
გერ	9,1 ( $9,1 \cdot 10^{-8}$ )	შვეიცარია	7,4 ( $7,4 \cdot 10^{-8}$ )
ინდოეთი	3,6 ( $3,6 \cdot 10^{-8}$ )	ტაივანი	6,0 ( $6,0 \cdot 10^{-8}$ )
იტალია	7,2 ( $7,2 \cdot 10^{-8}$ )	აშშ	7,5 ( $7,5 \cdot 10^{-8}$ )

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ყველა სამშენებლო მასალა, შეიცავს ბუნებრივ რადიონუკლიდებს, რომლებსაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ გარედან დასხივების დოზაში (ცხრილი 10).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ხის სახლებში გამოსხივების დოზის სიმძლავრე მნიშვნელოვნად მცირეა, ვიდრე აგურისა და განსაკუთრებით ბეტონის სახლებში. მაღალი დოზის სიმძლავრე ძირითადად განპირობებულია ქაერში სამშენებლო მასალებიდან გამოყოფილი რადონის დაგროვებით (ე. კრისიუკი, 1980, Harleisohnk, 1978).

სამშენებლო მასალაში, რომლითაც აგებულია კედლები და კერი, გამოყოფილი რადონი შეადგენს 1%-ს. რადონის როლი გარედან და-

სხივების მთლიანი დოზის სიმძლავრეში განსაკუთრებით დიდდება სა-  
თავისი ცუდი განიავების დროს.

არმსკის მონაცემებით, მსოფლიო მოსახლეობის 99% შენობა-  
ში ლებულობს დასხივების დოზას 2—9 მკრდ/საათში ( $2 \cdot 10^{-8}$  —  
 $9 \cdot 10^{-8}$  გრ/საათში) რაოდენობით.

ადამიანის ორგანიზმის შინაგანი დასხივება განისაზღვრება ბუნებ-  
რივი რადიონუკლიდებით, რომლებსაც შეიცავს ადამიანის ორგანიზმის  
ქსოვილები, და აგრეთვე რადიონუკლიდებით, რომლებიც ხვდებიან  
ორგანიზმში პერორალური (საქმლით) და ინჰალაციური გზით (სუნ-  
თქვით).

რადიონუკლიდების (კალიუმ-40, ურან-238, თორიუმ-230 და რა-  
დიუმ-226) ძირითადი რაოდენობა ორგანიზმში ხვდება უმეტესად საკ-  
ვებთან ერთად, შედარებით ნაკლებად — ჰაერისა და წყლის გზით.

ორგანიზმში რადიონუკლიდების შემცველობა სხვადასხვაა და და-  
მოკიდებულია სხვადასხვა მიზეზზე. მაგ., კალიუმის რაოდენობა ორგა-  
ნიზმში თითქმის მუდმივია. მისი მაქსიმალური რაოდენობაა ახალ-  
გაზრდა მამაკაცების, მინიმალური — ხნიერი ქალების ორგანიზმში.  
კალიუმის საშუალო შემცველობა ორგანიზმში შეადგენს 2 გ/კგ ქსო-  
ვილში, მაგრამ ორგანიზმში არათანაბრადაა განაწილებული, მაგ., მაქ-  
სიმალური კონცენტრაცია ახსიათებს ძვლის წითელ ტვინს, რაც გან-  
საზღვრავს ამ ორგანოს სხვასთან შედარებით მეტი დასხივების უნარს.

კოსმოგენური რადიონუკლიდების წვლილი შინაგანი დასხივების  
დოზაში ძალიან მცირეა. იმ 4 რადიონუკლიდან, რომლებიც შედის  
საერთო დოზაში, მნიშვნელობა აქვს ნახშირბად-14-ს. ჩვენი პლანეტის  
მოსახლეობის წლიური კოლექტიური დოზა ამ რადიონუკლიდებით  
 $2 - 8 \cdot 10^4$  კაც-რადის ფარგლებში ( $2 \cdot 8 \cdot 10^4$  კაც. გრ) მერყეობს.

თრითიუმში ორგანიზმში ძირითადად ხვდება სასმელი წყლით, ბე-  
რილიუმ-7 — ბოსტნეულით, ნახშირბად-14 — საკვებით, ურანი — ძი-  
რითადად პერორალური გზით, ძალიან მცირე რაოდენობით — ინჰალა-  
ციური გზით, თორიუმი — ძირითადად ინჰალაციური გზით.

უნდა აღინიშნოს, რომ ურანისა და თორიუმის მოხვედრა ორგა-  
ნიზმში მცენარეული და ცხოველური საკვების გზით სოფლის მეურ-  
ნობაში გამოყენებული მინერალური სასუქების შედეგია. ს. გრამენ-  
კოს და სხვათა მონაცემებით, სასუქების გამოყენებამ (55 პკი/გრ  
შემცველობის რადიონუკლიდებით), 100 წლის შემდეგ შეიძლება  
მოგვეცეს პოპულაციური ეკვივალენტური დოზის გაზრდა 1%-ით.

რადიუმის იზოტოპებიდან დასხივების მხრივ პრაქტიკული მნიშ-



შენობაში გამოსხივების დონის სიმძლავრე

ქვეყნები	შენობის ტიპი	საშუალო შთანთქმული დონის სიმძლავრე შენობაში მკარდ/სო (გრ/საათში)
გფრ	ქვის კარკასული ხის	6,8 (6,8·10 <sup>-8</sup> )
		6,9 (6,9·10 <sup>-8</sup> )
		4,2 (4,2·10 <sup>-8</sup> )
გდრ	აგურის სხედასხვა მასალის	7,2 (7,2·10 <sup>-8</sup> )
		5,9 (5,9·10 <sup>-8</sup> )
ნორვეგია	ხის ბეტონის აგურის	5,1 (5,1·10 <sup>-8</sup> )
		10,5 (10,5·10 <sup>-8</sup> )
		11,9 (11,9·10 <sup>-8</sup> )
პოლონეთი	ბეტონის	6,8 (6,8·10 <sup>-8</sup> )
შვეიცია	ხის აგურის ბეტონის	5,1 (5,1·20 <sup>-8</sup> )
		10,5 (10,5·10 <sup>-8</sup> )
		17,6 (17,6·10 <sup>-8</sup> )
დიდი ბრიტანეთი	ქვის გრანიტის	7,6 (7,6·10 <sup>-8</sup> ) 9,7 (9,7·10 <sup>-8</sup> )

ენელობა აქვს რადიუმ-226-სა და რადიუმ-232-ს. ძირითადი რაოდენობა ამ რადიონუკლიდებისა ორგანიზმში ხვდება კვების პროდუქტებით: მაგ., ნორმალური რადიაციული ფონის მქონე რაიონებში ადამიანის ორგანიზმში ხვდება საშუალოდ 1 პკი/დღე-ღამეში ( $3,7 \cdot 10^{-2}$  ბკ/დღე-ღამეში) რაოდენობით. რადიუმ-226-ის ტიპური შემცველობა კვების რაციონის კომპონენტებში მერყეობს 0,1—5 პკი/კგ ( $3,7 \cdot 10^{-3}$ — $18,5 \cdot 10^{-2}$  ბკ) დღე-ღამეში ფარგლებში, ხოლო ზოგიერთ პროდუქტში, მაგ., პარკოსან მცენარეებში, უფრო მეტია (რ. ხაზარაზე, 1982).

რადიუმ-226 სასმელ წყალში, ჩვეულებრივ, არ არის დიდი რაოდენობით, რაც განპირობებულია მისი პცირე კონცენტრაციით ზედაპირულ წყლებში. მაგრამ, როდესაც სასმელ წყლად იყენებენ არტეზიულ წყალს, რომელშიც რადიუმ-226 მომატებული შემცველობითაა ( $1-10$  პკი/ლ;  $3 \cdot 7 \cdot 10^{-8}$ — $3 \cdot 7 \cdot 10^{-1}$  ბკ/ლ), მაშინ ამ გზამ შეიძლება ითამაშოს ორგანიზმში რადიუმ-226-ის დაგროვების დომინანტის როლი. აქ ისიცაა გასათვალისწინებელი, რომ სასმელი წყლით რადიუმ-226-ის შთანთქმა 2,5-ჯერ უკეთესად ხდება, ვიდრე საკვებით მიღების შემთხვე-

ვაში. ორგანიზმში მოხვედრილი რადიუმ-226 ქიმიურად ისეთივეა, როგორც კალციუმი. იგი გროვდება ძვლების ზედაპირულ ფენაში, სადაც ყველაზე უფრო ინტენსიურად ხდება ნივთიერებათა ცვლა. რადიუმ-226-ის რაოდენობის 70—90% გროვდება ადამიანის ჩონჩხში. რადიუმ-226-ის საშუალო შემცველობა ადამიანის ძვლებში შეადგენს 2,4 პკი/კგ (0,89 ბკ/კგ), რბილ ქსოვილებში — 0,1 პკი/კგ ( $3 \cdot 7 \cdot 10^{-3}$  ბკ/კგ); რადიუმ-226-ის წლიური შთანთქმული დოზა ძვლის უჯრედებისათვის შეადგენს 0,7 მრადს ( $7 \cdot 10^{-6}$  გრ), ძვლის ტვინისათვის — 0,1 მრადს ( $1 \cdot 10^{-6}$  გრ).

დასხივების დოზაში შესამჩნევი წვლილი შეაქვს რადონის დაშლის ხანგრძლივი სიცოცხლის მქონე რადიონუკლიდებს — პოლონიუმ-210-სა და ტყვია-210-ს. ატმოსფერული ჰაერით ორგანიზმში ხვდება 0,3 პკი/დღე-ღამეში (0,01 ბკ/დღე-ღამეში) რაოდენობით ტყვია-210 და 0,07 პკი/დღე-ღამეში (0,0026 ბკ/დღე-ღამეში) რაოდენობით პოლონიუმ-210. თამბაქოს მოწევა მნიშვნელოვნად ზრდის ორგანიზმში ამ რადიონუკლიდების რაოდენობას. მაგ., 1 სიგარეტი შეიცავს 0,6 პკი ტყვია-210-ს და 0,4 პკი პოლონიუმ-210-ს. ორივე რადიონუკლიდი თამბაქოს წვისას ორთქლდება და ხვდება ფილტვებში კვამლთან ერთად. 1 სიგარეტის რადიონუკლიდების დაახლოებით 10% ფილტვებში ხვდება. საშუალოდ ადამიანის ორგანიზმში დღეში 20 სიგარეტის მოწევის შედეგად ხვდება 1,2 პკი (0,044 ბკ) ტყვია-210 და 1,6 პკი (0,06 ბკ) პოლონიუმ-210 (რდსკი, 1977). არამწეველ ადამიანებში ამ რადიონუკლიდების ძირითადი ნაწილი ორგანიზმში ხვდება კვების პროდუქტებით. ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი ამ ორივე რადიონუკლიდის ჯამური რაოდენობაა 3 პკი (დღე-ღამეში (0,111 ბკ/დღე-ღამეში). ტყვია-210 ძირითადად კონცენტრირდება ძვლებში, ხოლო მისი დაშლის შედეგად წარმოიქმნება პოლონიუმ-210, რომელიც გროვდება რბილ ქსოვილებში. თამბაქოს მწეველ ადამიანებში წლიური შთანთქმული დოზა 35%-ით მეტია, ვიდრე არამწეველებში. ტყვია-210-ის წლიური შთანთქმული დოზა ფილტვებისა და გონადებისათვის —  $6 \cdot 10^{-4}$  მრადის ტოლია (გრ). ხოლო ძვლის უჯრედებისათვის —  $8 \cdot 10^{-4}$  მრადისა (გრ), ძვლის ტვინისათვის კი —  $5 \cdot 10^{-4}$  მრადისა (გრ); პოლონიუმ-210 ფილტვებისათვის — 0,3 მრადისა ( $3 \cdot 10^{-6}$  გრ), გონადებისათვის — 0,6 მრადისა ( $6 \cdot 10^{-4}$  გრ), ძვლის უჯრედებისათვის — 3 მრადისა ( $3 \cdot 10^{-5}$  გრ), ძვლის ტვინისათვის — 1,0 მრადისა ( $1 \cdot 10^{-5}$  გრ).

ატმოსფერულ ჰაერში რადონისა და თორონის დაშლის ხანმოკლე

სიციოცხლის მქონე რადიონუკლიდების გამოსხივებას შეაქვს მთავარი წვლილი იმ დოზაში, რომელსაც ადამიანი იღებს ბუნებრივი წყაროებიდან. ამ შემთხვევაში ხდება უმთავრესად სასუნთქი ორგანოების დასხივება. წლიური დოზა  $10 - 100$  მრადის ( $1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$  გრ) ფარგლებში მერყეობს და მთავარი როლი ენიჭება რადონს.

შენობებში რადონის საშუალო კონცენტრაცია  $1$  პკი/ლ ( $3,7 \cdot 10^{-2}$  ბკ/ლ) ტოლია. შთანქმული დოზა ბრონქების ეპითელიუმისათვის შენობაში იქნება  $30$  მკრად/საათში ( $30 \cdot 10^8$  გრ/საათში), რაც შეეფარდება  $200$  მრად წლიურ დოზას ( $2 \cdot 10^{-3}$ ), ხოლო მთლიანად ფილტვებისათვის  $40$  მრადს ( $4 \cdot 10^{-4}$  გრ). არმსკის თანახმად,  $1976$  წ. ბუნებრივი წყაროებიდან მოსახლეობა ღებულობდა დასხივების დოზას  $110$  მრადის რაოდენობით წელიწადში ( $1,1 \cdot 10^{-3}$  გრ/წელიწადში).

ბუნებრივი წყაროებიდან მოსახლეობის დასხივებაში ძირითადი წვლილი შეაქვს კოსმოსური გამოსხივების კომპონენტს, დედამიწურ გამა-ვამოსხივებას და კალიუმ- $40$ -ს. რომლებიც ერთად განაპირობებენ საერთო დოზის  $90\%$ -ზე მეტს. ფილტვების დასხივებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს რადონი, თორონი და მათი დაშლის ხანმოკლე სიციოცხლის მქონე პროდუქტები.

მნიშვნელოვნად დიდ დოზას ღებულობენ მალალი მთისა და მომატებული რადიაციული ფონის ტერიტორიებზე მცხოვრებნი (რ. ხაზარაძე,  $1982$ ).

არმსკის მონაცემებით, პლანეტის მთელი მოსახლეობის წლიური კოლექტიური დოზა ბუნებრივი გამოსხივების წყაროებიდან საორიენტაციოდ შეადგენს  $3 \cdot 10^6$  კაც რადს ( $3 \cdot 10^4$  კაც გრ) გონადებისათვის, ძვლის ტვინისა და ენდოსტალური უჯრედებისათვის. რაც  $50\%$ -ით მეტია, ვიდრე ფილტვების დოზა.

## **ჟ. მოსახლეობის დასხივების დოზები ხელოვნური გამოსხივების წყაროებიდან**

### **ბირთვული აფეთქების შედეგად გარემოს გლობალური ვაბინძურების დოზები**

ბირთვული აფეთქების პირველ პერიოდში მოსახლეობის გარედან დასხივების წყაროდ ითვლება მოკლე სიციოცხლის მქონე რადიონუკლიდები, განსაკუთრებით ცირკონიუმ- $95$  და ნიობიუმ- $95$ , უფრო ნაკ-

ლებად — რუთენიუმ-103, ბარიუმ-140, ცერიუმ-141 და სხვ; შემდგომ პერიოდში — ცეზიუმ-137.

ადამიანის გარედან დასხივება განპირობებულია იმ რადიონუკლიდებით, რომლებიც აფეთქების შედეგად დედამიწის ზედაპირზე ვრცელდება. მე-11 ცხრილში მოცემულია ბირთვული იარაღის გამოცდის შედეგად გარედან დასხივების წლიური შთანთქმული დოზა საბჭოთა კავშირის მცხოვრებთათვის დინამიკაში.

რადიონუკლიდების ორგანიზმში მოხვედრისას შთანთქმული დოზის ფორმირებისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს, თუ რა რადიონობით დაგროვდა ამა თუ იმ ორგანოსა ან ქსოვილში ესა თუ ის რადიონუკლიდი, რაც დამოკიდებულია მისი შეწოვის ხარისხზე. ამ პროფესის ინტენსიურობაზე გავლენას ახდენს სხვადასხვა ფაქტორი, პირველ ყოვლისა, თუ რა მდგომარეობაშია თვითონ რადიონუკლიდი, რომელიც მოხვდა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, რადგან რადიონუკლიდები, რომლებიც იონურ ფორმაშია, უკეთ შეიწოვება, ვიდრე როცა მკერძი ნაწილაკის სახითაა. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე იმას, თუ რა ქიმიურ შენაერთს წარმოადგენს და როგორია მისი ხსნადობის ხარისხი.

ორგანიზმში რადიონუკლიდების შეწოვასა და დაგროვებაზე, მეტაბოლიზმის პროცესებზე დიდ გავლენას ახდენს ადამიანის ასაკი. ამიტომ არ არის შემთხვევითი, რომ ინტენსიური გლობალური დანალექების პერიოდში (1964 — 68 წლებში) სტრონციუმ-90-ის შემცველობა ბავშვების ძვლის ქსოვილებში 1,5 — 3-ჯერ მეტი იყო, ვიდრე სრულასაკოვნებში.

ინკორპორირებული სტრონციუმ-90-ით ყველაზე მეტად სხივდებიან 1—4 წლის ასაკის ბავშვები. დოზის პიკური მაჩვენებელი აღი-

ცხრილი 11

გარედან დასხივების წლიური შთანთქმული დოზა საბჭოთა კავშირის მცხოვრებთათვის (ა. მარეი, 1982)

წლები	დოზა მრად (გრ)	წლები	დოზა მრად (გრ)
1963	3,7 (3,7 · 10 <sup>-5</sup> )	1970	1,91 (1,91 · 10 <sup>-5</sup> )
1964	4,7 (4,7 · 10 <sup>-5</sup> )	1971	1,98 (1,98 · 10 <sup>-5</sup> )
1965	1,9 (1,9 · 10 <sup>-5</sup> )	1972	1,80 (1,80 · 10 <sup>-5</sup> )
1966	1,55 (1,55 · 10 <sup>-5</sup> )	1973	1,34 (1,34 · 10 <sup>-5</sup> )
1967	1,49 (1,49 · 10 <sup>-5</sup> )	1974	1,41 (1,41 · 10 <sup>-5</sup> )
1968	1,53 (1,53 · 10 <sup>-5</sup> )	1975	1,32 (1,32 · 10 <sup>-5</sup> )
1969	1,83 (1,83 · 10 <sup>-5</sup> )		

წიშნებოდა 1964 წელს, ე. ი. ბირთვული იარაღის ყველაზე მძლავრი გამოცდებიდან 2 წლის შემდეგ. 1968 წლიდან აღინიშნებოდა გამოსხივების გაზრდის მეორე გადიდება, რაც ჩინეთის მიერ ბირთვული იარაღის გამოცდის შედეგი უნდა იყოს.

უკანასკნელ წლებში გამოსხივების დონის სტაბილიზაცია ხდება. საბჭოთა კავშირის მოსახლეობისათვის ჯამური დოზა 1959—1984 წლებში შეადგენდა 39 მრადს ( $39 \cdot 10^{-5}$  გრ).

მეორე რადიონუკლიდი, რომელსაც მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს დასხივების დოზაში, არის ცეზიუმ-137. როგორც აღვნიშნეთ. ორგანიზმში მოხვედრილი ამ რადიონუკლიდის 80% გროვდება რბილ ქსოვილებში. ცეზიუმ-137-ის ორგანიზმში დაგროვების დონე განპირობებულია ამ რადიონუკლიდის კვების რაციონით მოხვედრაზე იმავე წელს. ვინაიდან მისი ნახევრად გამოდენის პერიოდი ორგანიზმიდან მოზრდილი ადამიანისათვის არის 70—100 დღე-ღამე (ა. მარეი, ს. ბარხუდაროვი, ნ. ნოვიკოვა, 1974). ორგანიზმში ცეზიუმ-137-ის შეფარდებითი შემცველობა არ არის დამოკიდებული ასაკზე (Spiers F. W., 1968). ეს საშუალებას გვაძლევს ჩავთვალოთ. რომ დოზის სიმძლავრე ყველა ასაკის ადამიანისათვის ერთნაირია და შეადგენს  $18 \cdot 10^{-3}$  მრადს (წელიწადში).

პლანეტის მასშტაბით ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ზომიერი სარტყლის მოსახლეობის დასხივების დოზა ორგანიზმში ინკორპორირებული ცეზიუმ-137-ით 1964—72 წლებში იყო 27 მრადი, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროსათვის — 9 მრადი ( $17 \cdot 10^{-5}$  გრ) (არმსკი, 1978).

სხვა რადიონუკლიდების როლი დასხივების დოზაში შედარებით მცირეა. ასეთებია თრითიუმი, ნახშირბად-14. აგრეთვე რუთენიუმ-166, ცერიუმ-144, პლუტონიუმ-239.

ბოლოს უნდა შევეხოთ მოსახლეობის დასხივების ჯამურ დოზას, რომელიც განპირობებულია ბირთვული იარაღის გამოცდების შედეგად. ამ დოზის მნიშვნელობა დიდია, ვინაიდან ის გვაძლევს შესაძლებლობას მოვახდინოთ დასხივების შედეგების პროგნოზირება.

ჩვენი პლანეტის მოსახლეობის დასხივების დოზის ფორმირებაში ყველა რადიონუკლიდისაგან, რომლებიც წარმოიქმნა 1976 წლამდე ბირთვული იარაღის გამოცდების შედეგად, ძირითადად მონაწილეობდა ორი რადიონუკლიდი — ცეზიუმ-137 და სტრონციუმ-90. აქედან პირველ ადგილზე იდგა ცეზიუმ-137.

მოსალოდნელი დასხივების დოზა რადიონუკლიდებისაგან, რომლებიც წარმოიქმნენ ბირთვული იარაღის გამოცდების შედეგად 1978 წლამდე მრად ( $10^{-5}$  გრ) (არმსკი, 1978)

რადიონუკლიდები	ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ზომიერი სარტყელი			
	გონალები	ძელის ტენიი	ძელის უჯრედები	ფილტვები

გარედან დასხივება

მოკლე სიცოცხლის მქონე	48(4.8— $10^{-4}$ )	48(4.8· $10^{-4}$ )	48(4.8· $10^{-4}$ )	48(4.8· $10^{-4}$ )
ცეზიუმ-134	62(6.2· $10^{-4}$ )	62(6.2· $10^{-4}$ )	62(6.2· $10^{-4}$ )	62(6.2· $10^{-4}$ )

შინაგანი დასხივება

თრითიუმი	2(2· $10^{-5}$ )	2(2· $10^{-5}$ )	2(2· $10^{-5}$ )	2(2· $10^{-5}$ )
ნახშირბად-14	7(7· $10^{-5}$ )	32(3.2· $10^{-4}$ )	29(29· $10^{-4}$ )	9(9· $10^{-4}$ )
მანგანუმ-54	—	—	—	1(1· $10^{-5}$ )
რკინა-55	1(1· $10^{-5}$ )	0.6(0.6· $10^{-5}$ )	1(1· $10^{-5}$ )	1(1· $10^{-5}$ )
სტრონციუმ-90	—	84(8.4· $10^{-4}$ )	120(1.2· $10^{-3}$ )	—
სტრონციუმ-89	—	0.4(0.4· $10^{-5}$ )	—	—
რეთენიუმ-106	—	—	—	41(4.1· $10^{-4}$ )
ცეზიუმ-137	27(2.7· $10^{-4}$ )	27(2.7· $10^{-4}$ )	27(2.7· $10^{-4}$ )	27(2.7· $10^{-4}$ )
ცერიუმ-144	—	—	1(1· $10^{-5}$ )	1(1· $10^{-5}$ )
პლუტონიუმ-239	—	—	1(1· $10^{-5}$ )	1(1· $10^{-5}$ )
<b>სულ</b>	<b>150(1.5·<math>10^{-3}</math>)</b>	<b>260(2.60·<math>10^{-3}</math>)</b>	<b>290(2.90·<math>10^{-3}</math>)</b>	<b>260(2.60·<math>10^{-3}</math>)</b>

## მოსახლეობის დასხივება ატომური ენერგეტიკის ობიექტებიდან

ურანისა და თორიუმის მადნის მოპოვების დროს შეიძლება ხდებოდეს მომსახურე პერსონალის დასხივება, მაგრამ ამ ობიექტების რაიონში მცხოვრებთა დასხივება ალბათ ზედმიწევნით მცირეა და პრაქტიკულად მას არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ამერიკელთა მონაცემებით, დასხივების საშუალო დოზა ურანის შახტებიდან 100 კმ რადიუსზე მცხოვრებთათვის ინპალაციური და პერორალური გზით მოხვედრისას  $10^{-2}$  მრბეს ( $10^{-2}$  ზე) წელიწადში არ აღემატება.

სხვა სიტუაცია იქმნება ჰიდრომეტალურგიული ქარხნების რაიონებში. მოსახლეობის დასხივების წყაროდ შესაძლებელია აქ იყოს თხიერი რადიოაქტიური ნარჩენები წყალსატევებში და გაზისებრი რადიონუკლიდების ნარჩენები ატმოსფეროში.

მაგ., ინდივიდუალური დოზა ამერიკაში ჰიდრომეტალურგიული ქარხნების რაიონში 100 კმ რადიუსით მცხოვრებთათვის შეადგენს  $1,7 \cdot 10^{-6}$  მრბეს ( $1,7 \cdot 10^{-11}$  ზე) წელიწადში ჰაერში აეროვანი ნარჩენების შედეგად, ხოლო  $4 \cdot 10^{-4}$  მრბეს ( $4 \cdot 10^{-9}$  ზე) წყალსატევებში თხიერი ნარჩენების ჩაშვების შედეგად (რდსკი, 1973).

6. ბაბაევის მონაცემებით. გარედან დასხივების ინდივიდუალური დოზა, განპირობებული ატომური რეაქტორის ნარჩენებით, ატომური ელექტროსადგურის რაიონში მცხოვრებთათვის შეადგენს 0, 01 მრბეს ( $1 \cdot 10^{-7}$  ზე) წელიწადში, რაც მნიშვნელოვნად დაბალია იმ დოზაზე, რომელსაც ლებულობს მოსახლეობა ბუნებრივი რადიაციული ფონისაგან.

მიუხედავად საკმაოდ პესიმისტური წინასწარგანწყობისა (ატომური ელექტროსადგურების დიდი სიმძლავრე, 3000 მეგავატი ელექტროენერჯიის გამოიმუშავება წელიწადში, 1,5 კმ მანძილზე დასახლებული პუნქტების, საძოვრების არსებობა და სხვ.), ინდივიდუალური დოზის მნიშვნელობა ძალიან მცირეა, იგი გაცილებით დაბალია, ვიდრე მოსახლეობისათვის დადგენილი დოზის ზღვარი. ძირითადი წვლილი იმ დოზაში, რომელსაც ლებულობს ადგილობრივი მოსახლეობა რეაქტორის ნარჩენებისაგან, ჩვეულებრივ შეაქვს ინერტულ რადიოაქტიურ აირებს.

საუკუნის ბოლოსათვის მსოფლიოში ატომური ელექტროსადგუ-

რების რაოდენობა 10-ჯერ გაიზარდება, ხოლო მათი წილი ელექტრო-  
ნერგიის საერთო გამომუშავებაში 35—40 პროცენტს მიიღწევს.

მიუხედავად ამისა, არსებული პროგნოზებით, მათ მიერ წარმო-  
ქმნილი რადიაციის საერთო დონე (ავარიის გამორიცხვით) ბუნებრივი  
რადიაციული ფონის დონეზე ნაკლები იქნება.

### მოსახლეობის დასახივება მაიონიზებული გამოსხივების გამოყენებისას მედიცინაში

მოსახლეობის დასახივების ხელოვნური წყაროებიდან, რომლებიც  
არ არის დაკავშირებული რადიონუკლიდებით გარემოს გაბინძურებას-  
თან, დიდი ადგილი უკავია მაიონიზებული გამოსხივების გამოყენებას  
მედიცინაში. მიღებული დოზები მნიშვნელოვანწილად დაკავშირებუ-  
ლია რენტგენოლოგიური გამოკვლევების სახეობასა და სიხშირეზე,  
რაც სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვაა და ხშირად — მეტად განსხვა-  
ვებულიც. რენტგენოლოგიური გამოკვლევების სიხშირე 60-იან წლებ-  
ში ცალკეულ ქვეყნებში (1000 სულ მცხოვრებზე გაანგარიშებით)  
ძალიან მაღალი იყო. მისი ძირითადი ნაწილი რენტგენოლოგიისტიკურ  
პროცედურებზე მოდის, რომლებიც განსაზღვრავს მოსახლეობის დო-  
ზურ დატვირთვას.

განვითარებული სამედიცინო მომსახურების ქვეყნებში რადიო-  
ლოგიური გამოკვლევების საერთო ზრდის ტემპი 1960—70 წლებში  
(მოსახლეობის რიცხვის ზრდის გათვალისწინებით) შეადგენდა დაახ-  
ლოებით 3%-ს წელიწადში (არმსკი, 1976).

უკანასკნელ წლებში საბჭოთა კავშირში საშუალოდ ერთ კაცზე  
მოდის ერთი რენტგენოლოგიისტიკური პროცედურა, რომელიც  
იქმნება რენტგენოგრაფიის, რენტგენოსკოპიისა და ფლუოროგრაფი-  
ისაგან. მათგან განპირობებული მთლიანი დოზა ადამიანის ორგანიზ-  
მისათვის შეადგენს 72 მრბეს ( $7,2 \cdot 10^{-3}$  ზე) წელიწადში, აქედან  
50%-ზე მეტი მოდის რენტგენოსკოპიაზე. უფრო მაღალი დოზა, 130  
მრბემდე წელიწადში, ფორმირდება ძვლის ტვინისათვის და 86 მრბემ-  
დე წელიწადში — კუჭ-ნაწლავის ტრაქტისათვის. ფარისებრი ჯირკვ-  
ლისათვის დასახივების დოზა აღწევს 100 მრბეს ( $1 \cdot 10^{-3}$  ზე) წელი-  
წადში, ე. ი. თითქმის ბუნებრივი რადიაციული ფონის მიერ შექმნილი  
დასახივების დოზის ტოლია. მაქსიმალური ჯამური შთანთქმული დოზა  
მოდის ძვლის ტვინის, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტისათვის და საერთოდ ორ-  
განიზმისათვის. მოსკოვის მოსახლეობისათვის დასახივების დოზა რენტ-



გენოლიაგნოსტიკური პროცედურებისაგან 9-ჯერ მეტია, ვიდრე საშუალოდ საბჭოთა კავშირის სხვა მოსახლეობისათვის და შეადგენს 900 მრბეს წელიწადში (ვ. ვორობიოვი, ლ. ილინი, ვ. კნიჟნიკოვი და სხვ., 1979).

ჩვენი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ საქართველოში სამედიცინო მომსახურების გაუმჯობესებასთან და რენტგენოლოგიური ქსლის განვითარებასთან დაკავშირებით, რენტგენოლოგიური პროცედურების რაოდენობას წლების მიხედვით ზრდის ტენდენცია ახასიათებს და 1978 წლისათვის მიაღწია იმ დონეს, როცა საშუალოდ ერთ სულ მოსახლეზე ერთი რენტგენოლიაგნოსტიკური პროცედურა მოდის. პროცედურათა სიხშირის ზრდის ეს ტენდენცია უფრო გამოკვეთილად ახასიათებს რენტგენოგრაფიას. რენტგენოსკოპიის ძალზე დიდი ნაწილი მოდის პროფილაქტიკურ გაშუქებაზე.

მე-13 ცხრილში მოცემულია ძვლის ტვინისა და გენეტიკური ნიშანდობის დოზები რენტგენოლიაგნოსტიკური პროცედურების შედეგად ზოგიერთ ქვეყანაში.

ლიაგნოსტიკურ გამოკვლევათა რაოდენობა რადიოაქტიური პრეპარატებით, როგორც აღნიშნულია არმსკში (1972), უკანასკნელ წლებ-

ცხრილი 13

წლიური კოლექტიური დოზები რენტგენოლიაგნოსტიკური პროცედურების შედეგად 1000 კაცზე. კაც-რადი (კაც-გრ) (არმსკი, 1976)

ქვეყნები	წლები	ძვლის ტვინის დოზა	გენეტიკური ნიშანდობის დოზა
ავსტრალია	1957	83(83.10 <sup>-2</sup> )	28,0(28.10 <sup>-2</sup> )
ნიდერლანდი	1967	30,0(30.10 <sup>-2</sup> )	8,6(8,6.10 <sup>-2</sup> )
დიდი ბრიტანეთი	1964	32,3(32,3.10 <sup>-2</sup> )	8,6(8,6.10 <sup>-2</sup> )
აშშ	1970	103,0(103.10 <sup>-2</sup> )	20,0(20.10 <sup>-2</sup> )
გფრ	1970	—	41,0(41.10 <sup>-2</sup> )
ჩეხოსლოვაკია	1966	70,0—185,0	37,0(37.10 <sup>-2</sup> )
შვეცია	1974	92,0(92.10 <sup>-2</sup> )	46,6(46.10 <sup>-2</sup> )
იაპონია	1974	132,0(132.10 <sup>-2</sup> )	16,5(16,5.10 <sup>-2</sup> )

ში ზოგ ქვეყანაში ყოველ წელს ორმაგდება. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ გერმანიის დემოკრატიული რესპუბლიკა, სადაც რადიონუკლიდების გამოყენების სიხშირე დიაგნოსტიკური მიზნებისათვის 1965—74 წლებში გაიზარდა 1,5-იდან 9,9-მდე ყოველ 1000 კაცზე.

რადიოაქტიური პრეპარატებით გამოკვლევათა უმრავლესობა ქმნის დაახლოებით დასხივების ისეთსავე დოზას ცალკეული ორგანოებისათვის, როგორსაც რენტგენოლოგიური გამოკვლევები (რდსკი. 1974).

### მოსახლეობის დასხივების შეფასება

ზემოაღნიშნულის შეფასებისას საჭიროა აღინიშნოს, რომ მოსახლეობის დასხივების დოზის ფორმირებაში ძირითადი წვლილი ბუნებრივ რადიაციულ ფონს შეაქვს, ხოლო სხვა წყაროებს შედარებით მცირე როლი აეისრიათ. სქემატურად სხვადასხვა გამოსხივების წყაროებიდან მოსახლეობის დასხივება მოცემულია მე-14 ცხრილში.

დ. ბენინსონისა და სხვათა მონაცემებით (1977, 1978). ყოველწლიურად მთელი მოსახლეობის კოლექტიური დოზა  $3 \cdot 10^8$  კაც-რადის

ცხრილი 14

სხვადასხვა გამოსხივების წყაროდან საბჭოთა კავშირის მოსახლეობის დასხივების დოზები (ე. კორობიოვი თანაავტორებთან ერთად, 1977)

გამოსხივების წყაროები	საშუალო წლიური შთანთქმული დოზა მბერი (ზე)	ჯამურ დოზაში წვლილი (%-ობით)
ბუნებრივი	170(170·10 <sup>-5</sup> )	69,5
სამედიცინო გამოკვლევები	72(72·10 <sup>-5</sup> )	29,2
რადიოაქტიური დანალექები ბირთვული იარაღის გამოცდების შედეგად	2,0(2·10 <sup>-5</sup> )	0,8
რადიოაქტიური ნარჩენები ატომური ენერგეტიკის ობიექტებიდან	0,001(1·10 <sup>-8</sup> )	0,001
ფართო მოხმარების საგნები (საათები, ტელევიზორები)	1,2(1,2·10 <sup>-5</sup> )	0,4

( $3 \cdot 10^3$  კაც-გრ) ტოლია, რაც ბუნებრივი რადიაციული ფონის 9-საათიანი დასხივების ეკვივალენტურია. მოსახლეობის დასხივების კოლექტიურ დოზაში დიდ ნაწილს —  $1 \cdot 10^{-8}$  კაც-რადის ( $1 \cdot 10^{-6}$  კაც-გრ) წელიწადში შეადგენს მაიონიზებული გამოსხივების გამოყენება სამედიცინო მიზნით. იგი ბუნებრივი რადიაციული ფონისაგან 120 დღე-ღამის განმავლობაში დასხივების ეკვივალენტურია. რადიოაქტიური დანალექების ჯამური მოსალოდნელი კოლექტიური დოზა ბირთვული იარაღის გამოცდების შედეგად 1977 წელს 18—27 თვის განმავლობაში ბუნებრივი რადიაციული ფონის დასხივების ეკვივალენტური იყო.

ბირთვული ენერჯის წარმოების შედეგად დასხივების სავარაუდო საშუალო კოლექტიური დოზა შეადგენს 5,4 — 8,4 კაც-რადის ( $5,4 \cdot 10^{-2}$  —  $8,4 \cdot 10^{-2}$  კაც-გრ) 1 მეგავატ ელექტროენერჯიაზე წელიწადში. ატომური ენერჯეტიკისაგან დასხივების გამოთვლითი კოლექტიური დოზა 1 მეგავატი ელექტროენერჯის წარმოებისას ბუნებრივი რადიაციული ფონის 0,56 დღე-ღამის დასხივების ეკვივალენტურია. აქედან გამომდინარე, 1976 წლიდან 2000 წლამდე ენერჯეტიკული დანადგარების სიმძლავრის გაზრდა 80-იდან 2000 ჰექტავატი ენერჯიის ელექტროენერჯიამდე, შესაბამისად გაზრდის დასხივების კოლექტიურ დოზას და იგი 2000 წლისათვის ბუნებრივი რადიაციული ფონის 12 დღე-ღამის განმავლობაში დასხივების ეკვივალენტური იქნება.

დასხივების წლიური კოლექტიური დოზა საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების გამოყენების შედეგად, რომლებიც იძლევიან მაიონიზებელ გამოსხივებას (ძირითადად საათები, ტელევიზორები), დაახლოებით  $4 \cdot 10^6$  კაც რადის ( $4 \cdot 10^4$  კაც. გრ) შეადგენს, რაც შეეფარდება 3—4 დღეღამეში ბუნებრივი რადიაციული ფონის დასხივებას (ი. ბენისონი, 1977) მე-15 ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა წყაროდან მიღებული დოზები მსოფლიოს მოსახლეობისათვის (კრიტერიუმის ხარისხად გამოყენებულია დროის ფაქტორი).

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ძირითად გლობალურ კოლექტიურ დოზას იძლევა ბუნებრივი რადიაციული ფონი, შემდეგ — სამედიცინო რადიოდიაგნოსტიკური პროცედურები, ატომური აფეთქებების შედეგად გლობალური გაბინძურება და ა. შ.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზემოთ მოცემული მაჩვენებლები შეიძლება გამოვიყენოთ საორიენტაციოდ. ამიტომ კონკრეტული პირობებისათვის ცალკეული რეგიონებისათვის ეს მონაცემები სხვადასხვა გამოსხივების წყაროებიდან შესაძლოა მნიშვნელოვნად შეიცვალოს.

აღამიანის ორგანიზმის მიერ წლიური შთანთქმული დოზები განი-

სავარაუდო გლობალური დოზები \* სხვადასხვა გამოსხივების  
წყაროდან 1 წლის განმავლობაში (არმსკი, 1977)

გამოსხივების წყაროები	გლობალური სავარაუდო დოზა დღე-ღამეში
ბუნებრივი წყაროები	365
კომერციული საპაერო მოგზაურობა	0,4
ფოსფორიანი სასუქების გამოყენება	0,04
ელექტროენერჯიის გლობალური წარმოება ელექტრო-სადგურებში რომლებიც ქენახშირზე მუშაობენ (სიმ-ძლავრე 10 <sup>6</sup> მეგავატი/ელ)	0,02
ფართო მოხმარების საგნები, რომლებიც გამოასხივებენ მაიონიზებელ გამოსხივებას	3,0
ბირთვული ენერჯიის გლობალური წარმოება (სიმ-ძლავრე 8·10 <sup>-4</sup> მეგავატი/ელ)	0,6
ბირთვული აფეთქებანი საშუალოდ 1951—76 წლებში	30
რადიაციის გამოყენება სამედიცინო დიაგნოსტიკა-სათვის	70

საზღვრება როგორც გარეგანი, ისე შინაგანი დასხივების სხვადასხვა დონით. სხვადასხვა რადიონუკლიდი ორგანიზმში არათანაბრად ნაწილდება და ქმნის სხვადასხვა დონის დოზურ დატვირთვას. ამიტომ მიზანშეწონილია დოზა გამოისახოს ეფექტური ეკვივალენტური დოზით. ეფექტური ეკვივალენტური დოზა პირობითია და ეწოდება ორგანიზმის დოზურ დატვირთვას, როდესაც დოზა თანაბრად შთაინთქმება მთელ სხეულში და იწვევს ცალკეული სომატური ეფექტების წარმოქმნის ისეთ რისკს, როგორსაც ცალკეული ორგანოებისა და ქსოვილების მიერ შთანთქმული ფაქტობრივი დოზები.

საბჭოთა კავშირის მოსახლეობისათვის საშუალო ინდივიდუალური ეფექტური ეკვივალენტური დასხივების დოზა გამოსხივების ყველა წყაროდან თითქმის 400 მრბეს ტოლია. აქედან რენტგენოდიაგნოსტიკური პროცედურების შედეგად იგი უდრის 150 მრბეს წელიწადში.

\* სავარაუდო გლობალური დოზა გამოხატულია მოსახლეობის დასხივების ხანგრძლივობის სახით ბუნებრივი გამოსხივების იმ წყაროებიდან, რომლებიც ქმნიან ისეთსავე სავარაუდო დოზას.

რადიაციული ფონი, რომელიც შეცვლილია ტექნიკური მიზეზებით (უმთავრესად საამშენებლო მასალებით), იძლევა 135 რბეს წელიწადში (ძირითადად ფილტვების შინაგანი დასხივების შედეგად), ბუნებრივა რადიაციული ფონი კი ქმნის 100 რბეს წელიწადში. მოსახლეობის დასხივება, გამოწვეული ბირთვული იარაღის გამოცდების შედეგად გარემოს გლობალური გაბინძურებით, შეადგენს ბუნებრივი რადიაციული ფონის 2%-ს.

## თ ა ვ ი

### აღამიანის ორგანიზმზე მაიონიზებული გამოსხივების მცირე დოზების მოქმედების შედეგები

მაიონიზებული გამოსხივების მავნე მოქმედება ჯერ კიდევ რადიო-აქტიურობის კვლევის პირველ წლებში შეამჩნია ბეკერელმა, შემდგომში აღმოაჩინეს ცოლ-ქმარმა კიურებმა და სხვ. მეცნიერებმა.

მეცნიერებს, რომელთაც უხდებოდათ მაიონიზებელ გამოსხივებასთან მუშაობა, აღენიშნებოდათ კანის ანთებითი მოვლენები და ძნელად შესახორცებელი წყლულები, რასაც იწვევდა რადიუმის შედარებით მცირე დოზა.

ორგანიზმზე რადიაციის გავლენის შესასწავლად პირველი ექსპერიმენტული გამოკვლევა ჩაატარა ჩვენმა თანამემამულემ ივანე თარხნიშვილმა 1904 წელს სანქტ-პეტერბურგის ბიოლოგიურ ლაბორატორიაში და შედეგები გამოაქვეყნა პირველ რუსულ ფიზიოლოგიურ ჟურნალში. ჩატარებული ცდების შედეგად ივანე თარხნიშვილმა ბრწყინვალედ განსაზღვრა, რომ რენტგენით დასხივების შედეგად შთანთქმული ენერგია უჭრედებში იწვევს ქიმიური პროცესების ცვლილებებს. აღნიშნული ვარაუდი დადასტურდა მხოლოდ XX საუკუნის შუა წლებში. ი. თარხნიშვილი წერდა: „რენტგენის სხივებო ტვინის ქსოვილზე მოქმედებს გამაღიზიანებლად, უთუოდ მასში ქიმიურ პროცესებზე გავლენის გზით. როდესაც საბოლოოდ ეს დადასტურდება, მაშინ ის შეიძლება გამოყენებულ იქნას არა მარტო სადიაგნოსტიკო მიზნით, არამედ სამკურნალოდაც“.

დიდი დრო გავიდა, სანამ სპეციალისტები მიხვდებოდნენ გამოსხივების მცირე დოზების მავნეობას. მხოლოდ ჩვენი საუკუნის ოციან

წლებში მიიპყრო ექიმების ყურადღება იმ პირთა მრავალრიცხოვანმა მწვავე დაავადებებმა, რომლებიც რადიოაქტიური საღებავებით ამზადებდნენ მანათობელციფერბლაციან საათებს.

ეს მოხდა შვეიცარიაში, საათების ქარხანაში, სადაც მუშა ქალები რადიოაქტიური საღებავებით ფარავდნენ საათების ციფერბლაცს და ისრებს. საღებავში შედიოდა თუთიის სულფიდი, რომელსაც ემატებოდა რადიუმის მარილი. რადიუმის ატომების მიერ გამოტყორცნილი ალფა-ნაწილაკები, ეცემა რა თუთიის სულფიდზე, იწვევს სინათლის ეფექტს — სცინტილაციას, რის შედეგადაც ციფერბლაცი ანათებს. ზუსტად რომ მოეთავსებინათ საღებავი განსაზღვრულ უბანზე, მუშა ქალები საღებავში ამოვლებული ფუნჯის ბოლოს ტუჩებით ასწორებდნენ. რამდენიმე ხნის შემდეგ მათ დაეწყოთ სწრაფად დაღლა, ერთხელ კი უცბად ხუთმა მათგანმა დაკარგა გონება. სხვა სიმპტომები კი არ აღენიშნებოდათ. მაშინ ექიმები ვერაფერს მიხვდნენ. ჯერ ეს 5 მუშა გარდაიცვალა, შემდეგ — 12 იმავე საწარმოდან. გვამების გაკვეთისას საექვო ვერაფერი აღმოაჩინეს, მაგრამ ექვი მაინც მიიტანეს რადიოაქტიურ მოწამვლაზე და მიცვალებულთა ზოგიერთი ორგანო შესამოწმებლად გაგზავნეს პარიზში, კიურის ლაბორატორიაში. ვინაიდან რადიოაქტიურობის გავრცელება მაშინ ჯერ კიდევ ის-ის იყო იწყებოდა, ამიტომ მცირე რაოდენობის რადიოაქტიურობის აღმოჩენა ვერ მოხერხდა.

ამის შემდეგ დაიწყო სისტემატური შემოწმება იმ მუშებისა, რომელთაც უხდებოდათ მანათობელ საღებავებთან კონტაქტი. აღმოჩნდა, რომ 1917—29 წლებში საფრანგეთში ავად გახდა 800 მუშა (რომელსაც კონტაქტი ჰქონდა მანათობელ საღებავებთან) და ბევრი მათგანი გარდაიცვალა. ასეთივე მდგომარეობა აღინიშნა სხვა ქვეყნებშიც. ამ მუშების დაავადებისა და სიკვდილის მიზეზი რადიუმის შედარებით მცირე რაოდენობა აღმოჩნდა.

შემდგომ წლებში გამოკვლევები ღრმავდებოდა და უფრო ფართო ხასიათს ღებულობდა. ბუნებრივია, მეცნიერება დაინტერესდა იმ მექანიზმით, რომელიც ვითარდებოდა მაიონიზებული გამოსხივების მოქმედების შედეგად. დადგინდა, რომ მაიონიზებული გამოსხივების ბიოლოგიური მოქმედება გარკვეული თავისებურებებით ხასიათდებოდა.

1. დასხივების აღრეული და შორეული სომატური ეფექტები

მაიონიზებული გამოსხივების ბიოლოგიურ მოქმედებას საფუძვლად უდევს ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები, რომლებიც წარმოიქმნებიან უჯრედში და მის გარემომცველ სუბსტრატში. აღნიშნული პროცესების შედეგად ირღვევა უჯრედის ცხოველყოფილობა, რაც იწვევს პათოლოგიურ ცვლილებებს ფიზიოლოგიურ სისტემებში და მთლიანად ორგანიზმში. ძირითადი აქტი მაიონიზებული გამოსხივების ურთიერთ-მოქმედებისა ორგანიზმის უჯრედებსა და ქსოვილებს შორის არის იონიზაცია, რის შედეგადაც ხდება ატომებისაგან ელექტრონების განცალკევება — წარმოიქმნება აგზნებული ატომები, მოლეკულები და თავისუფალი რადიკალები, რომლებიც იწვევენ ორგანიზმში სხვადასხვა რეაქციას. იცვლება, ბიოქიმიური პროცესები, ირღვევა უჯრედის ელემენტების სტრუქტურა, ითარგუნება ფერმენტაციული პროცესები, ნელდება ან სულ წყდება ქსოვილების ზრდა და უჯრედი კვდება.

უჯრედის დონეზე ცვლილება დასხივებულ ორგანიზმში იწვევს არა მარტო ცალკეული ორგანოებისა და სისტემების ფუნქციების ცვლილებებს, არამედ მემკვიდრეობით ცვლილებებს შემდგომ თაობაში. ხელს უწყობს ადამიანებში ავთვისებიანი სიმსივნეების ინდუცირებას და სიცოცხლის ხანგრძლივობის შემცირებას.

რადიაციული მოქმედების შედეგები გამოვლინდება სისტემურ, ორგანიზმულ და პოპულაციურ დონეზე და შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი სქემის სახით (ი. მოსკალოვი და სხვ., 1973):

სომატური	სომატურ-სტოქასტური	გენეტიკური
მწვავე სხივური დაავადება	სიცოცხლის ხანგრძლივობის შემცირება	(მემკვიდრეობითი) დომინანტური გენური მუტაციები
ქრონიკული სხივური დაავადება	კანცეროგენუზი	რეცესიული გენური მუტაციები
ლოკალური სხივური დაზიანებანი	ემბრიოგენეზის დარღვევა (ტერატოგენური ეფექტები)	ქრომოსომული აბერაციები

სომატური ეფექტები გამოიხატება ორგანოებსა და სისტემებში ცვლილებებით, რომლებიც წარმოიშობა ადრეულ პერიოდში მაიონიზებული გამოსხივების მოქმედების შედეგად.

მოკლე დროის განმავლობაში მაიონიზებული გამოსხივების დიდადონეებით დასხივების შედეგად ან ორგანიზმში რადიოაქტიური ნივთიერებების დიდი რაოდენობით მოხვედრისას რამდენიმე დღის გან-

მავლობაში ვითარდება მწვავე სხივური დაავადება. აღაშინანს სტიქური დაავადება უვითარდება 100—100 რბეს ან უფრო მეტი (1-დან 10 ზე) დოზით დასხივებისას. სიმძიმის მიხედვით არჩევენ 3 ხარისხის მწვავე სხივურ დაავადებას: მსუბუქს, საშუალოს და მძიმეს, რომლებიც ვითარდება შესაბამისი დოზებით დასხივებისას: 100—250, 250—400, 400—1000 რბე (1—2,5; 2,5—4,0; 4—10 ზე). ამა თუ იმ ხარისხის სხივური დაავადების განვითარება დამოკიდებულია ორგანიზმის ინდივიდუალურ მგრძობელობაზე. 1000 რბე (10 ზე) დოზაზე მეტი დასხივებისას ვითარდება ძალიან მძიმე სხივური დაავადება, რომელიც მიმდინარეობს კუჭნაწლავური ან ცერებრალური ფორმით, ასეთ შემთხვევაში დაავადების კლინიკური სურათი ვითარდება ძალიან სწრაფად და ასევე სწრაფად მთავრდება სიკვდილით.

100 — 1000 რბე (1 — 10 ზე) დოზით დასხივებისას კრიტიკულ ორგანოს წარმოადგენს სისხლმზადი ორგანოების სისტემა და ვითარდება სხივური დაავადების ტიპური ფორმა. ასეთ შემთხვევაში რამდენიმე წუთის ან რამდენიმე საათის შემდეგ იწყება პირველადი რეაქციები: გულის რევა, პირღებინება, თავის ტკივილი, საერთო სისუსტე, ძილად მივარდნა, ნერვულ-რეფლექტორული აშლილობანი. პერიფერიულ სისხლში აღინიშნება ნეიტროფილური ლეიკოციტოზი მარცხნივ გადახრით, ლიმფოპენია, ძვლის ტვინში მცირდება მიელოკარიოციტების რაოდენობა, ქრება ახალგაზრდა უჯრედების ფორმები, რამდენიმე დღის შემდეგ დაავადების პირველადი რეაქციები შენელებს და ავადმყოფის მდგომარეობა ნორმალიზდება (მწვავე სხივური დაავადების ფარული ფორმა). ამ ფაზის ხანგრძლივობამ შეიძლება გასტანოს ერთ თვემდე ან უფრო მეტიც. შემდგომ ავადმყოფის მდგომარეობა კვლავ მკვეთრად უარესდება, ვითარდება პემორაგული სინდრომი: შინაგანი ორგანოების ლორწოვან გარსზე, კანზე ვითარდება სისხლჩაქცევები, სისხლისდენა და ინფექციური გართულებანი (იმუნიტეტის დათრგუნვის შედეგად), მნიშვნელოვნად იცვლება სისხლის შემადგენლობა, მასში მკვეთრად მცირდება წითელი და თეთრი ფორმიანი ელემენტების რაოდენობა, ვითარდება ლეიკოპენია, ანემია. დაავადების კეთილი გამოსავლის შემთხვევაში მკურნალობის შედეგად გამოჩანმრთელების ფაზა დგება, სისხლის წარმოქმნა ნორმალიზდება, ავადმყოფის მდგომარეობა უმჯობესდება. ამ ფაზის ხანგრძლივობა ორ თვემდე გრძელდება, რის შემდეგაც ავადმყოფი გამოჩანმრთელებას იწყებს (ა. გუსკოვა, გ. ბაისაგლოვი, 1970).

მწვავე სხივური დაავადების ზემოაღწერილი კლინიკური სურათი



ვითარდება ორგანიზმის ზოგადი და შედარებით თანაბარი დასხივების შემთხვევაში. მაიონიზებული გამოსხივებით ორგანიზმის არათანაბარ და ადგილობრივი დასხივების შემთხვევაში დაავადების კლინიკურ-სურათი შეიძლება შეიცვალოს იმისდა მიხედვით, თუ ორგანიზმის რომელი ნაწილი, ორგანო ან სისტემა დასხივებული უფრო მეტად (კრიტიკული ორგანოები). მაგ., როცა რადიონუკლიდები ორგანიზმში ალიმენტარული გზით ხვდება, ასეთი ორგანოები შეიძლება იყოს წვრილი ნაწლავები ან მსხვილი ნაწლავი. ამ შემთხვევაში ავადმყოფის სიკვდილი შეიძლება გამოიწვიოს სეფსისმა ან პერიტონიტმა.

სხივური დაავადების ცალკე ნოზოლოგიურ ფორმად ითვლება სხივური დაზიანება, რომელიც ვითარდება ადამიანის ორგანიზმის მცირე დოზებით ხანგრძლივი დასხივების შედეგად — ე. წ. ქრონიკული სხივური დაავადება. იგი ხასიათდება მიმდინარეობის ფაზებით და წარმოიშობა იმისდა მიხედვით, დასხივება თანაბრად მოხდა, თუ არათანაბრად, გარედან გამოსხივებით, თუ რადიონუკლიდების ორგანიზმში მოხვედრით. ქრონიკული სხივური დაავადება ვითარდება მაშინ, როდესაც დასხივების დოზის სიმძლავრე 0,1 — 0,5 რბეს ტოლია დღე-ღამეში (1—5 მზვ დღე-ღამეში) (ს. იარმონენკო, 1977). ასეთი სიტუაცია შეიძლება შეიქმნას გარე დასხივების შედეგად იმ მოსახლეობისათვის, რომელიც ხანგრძლივად იცხოვრებს ტერიტორიაზე, რომელიც გაბინძურებული იქნება ავარიის შედეგად ხანგრძლივი სიცოცხლის მქონე რადიონუკლიდებით ან ბირთვული იარაღის გამოცდებით და სხვ.

ქრონიკული სხივური დაავადება შესაძლებელია გაჩნდეს რადიონუკლიდებით გაბინძურებული წყლის (ან კვების პროდუქტების) ხანგრძლივი გამოყენების შედეგად. ამის მაგალითია ამერიკული თერმობირთვული იარაღის გამოცდის შემდეგ, მარშალის კუნძულებზე საცხოვრებლად დაბრუნებული მოსახლეობის დაავადება.

სხივური ზემოქმედებისას რეაქციის განვითარება დამოკიდებულია არა მარტო დასხივების დოზის ჯამზე, არამედ მის განაწილებაზე დროში. კერძოდ, დოზის ფრაქციონირებისას დოზის ბიოლოგიური ეფექტი მცირდება, რაც აიხსნება ორგანიზმის შესაძლებლობით ნაწილობრივ აღიდგინოს დასხივებით გამოწვეული დაზიანება. ქრონიკული სხივური დაავადებისას, უმთავრესად ტიპურად ითვლება სისხლმბადი სისტემის დაზიანება.

მწვავე და ქრონიკული სხივური დაავადებების სიმძიმეზე გავლენას ახდენს აგრეთვე დაავადების მომენტში ორგანიზმის მდგომარეობა:

სხვა დაავადებანი, ორგანიზმის წინააღმდეგობის უნარის დაქვეითება, აგრეთვე წინათ გადატანილი პათოლოგიური მდგომარეობა (ტრავმა, ინფექცია. ნერვულ-ფსიქიკური მდგომარეობა და სხვ.) საგულისხმოა, რომ გარდა სხივური დაავადებისა, მაიონიზებული გამოსხივების სპეციფიკური სინდრომით შესაძლებელია განვითარდეს სხვა სომატური დაავადებებიც.

განვითარების დროის მიხედვით არჩევენ დაავადების ადრეულ და შოგვიანებით რეაქციებს (ამ უკანასკნელის რიცხვში ითვლება შორეული გართულებების არასიმსივნური ფორმები). ადრეული ეფექტები ხასიათდება ნერვული, გულ-სისხლძარღვთა, იმუნური და სისხლმზადი სისტემების ფუნქციური და ორგანული ცვლილებებით. ამ დროს ტიპურად ითვლება ჰიპოპლაზიური და დისტროფიული მდგომარეობის განვითარება. შესაძლებელია მოხდეს შინაგანი სეკრეციის ჭირკვლების დისფუნქცია, ხოლო მოგვიანებით განვითარდეს სკლეროზული და ინვოლუციური პროცესები. შორეული გართულებების არასიმსივნური ფორმები შეიძლება განუვითარდეთ იმ პირებს, რომლებსაც გადატანილი აქვთ სხივური დაავადება წინათ. ეს შეიძლება განვითარდეს მაშინ, როცა კლინიკურად ჯანმრთელია და ეს მდგომარეობა წლობით გრძელდება. პროცესის ფარული მიმდინარეობა, რომელიც ხელს უწყობს შორეული გართულებების განვითარებას, განპირობებულია ორგანიზმის კომპენსაციური რეაქციების შესაძლებლობით. კომპენსაციური რეაქციების გამოლევა მოგვიანებით იწვევს პათოლოგიური მდგომარეობის განვითარებას.

შორეული გართულებების არასიმსივნური ფორმებიდან გამოიყოფა პათოლოგიური პროცესების 3 ჯგუფი: ჰიპოპლაზიური მდგომარეობა, სკლეროზული პროცესები და ჰორმონული დარღვევები (ვ. სტრელცოვა, 1971). ჰიპოპლაზიური მდგომარეობა ვითარდება სისხლმზად ორგანოებში, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ლორწოვან გარსში. სასქესო ორგანოებში. ასეთი მდგომარეობა ლეიკოპენიით, ანემიით. ჰიპო- ან ანაციდური გასტრიტებით რეგისტრირებული იყო იაპონელებში ბირთვული იარაღის აფეთქების შემდეგ. სასქესო ორგანოებში ჰიპოპლაზიური ცვლილებების განვითარებამ ფუნქციის დათრგუნვა და შესაძლებელია სტერილობაც გამოიწვიოს. სკლეროზული პროცესები გამოიხატება ლიქიდის ციროზის, ნეფროსკლეროზის, პნევმოსკლეროზის, ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანების, არტერიო-სკლეროზის, კატარაქტისა და ნევროზის სახით. სკლეროზული პრო-

ცესების ინტესიური განვითარება აჩქარებს სიბერეს და საბოლოოდ ამოკლებს საშუალო სიცოცხლის ხანგრძლივობას.

## 2. დასხივების სომატურ-სტოქასტური ეფექტები

რადიაციულ-ინდუცირებული სიმსივნის წარმოშობას განსზღვრავს წინასწარ მიმდინარე პროცესები უჯრედულ და ქსოვილურ დონეზე. მუტაციების შედეგად ან უჯრედის გენომის დარღვევის შედეგად წარმოიქმნება სიმსივნური უჯრედები. დასხივებულ ქსოვილებში იწყება ინიციაციის (პოტენციური სიმსივნური უჯრედების წარმოშობა) და აქტივაციის (სიმსივნური უჯრედების პროლიფერატის გაძლიერება) პროცესები. პოტენციური სიმსივნური უჯრედები განსაზღვრულ პირობებში გააქტიურდება და მათგან წარმოიშობა სიმსივნე. ინიციაციის პროცესებს საფუძვლად უდევს ცვლილება დეზოქსირიბონუკლეინმჟავაში. აქტივაციის პროცესის დროს უჯრედის რეპარაციის სისტემა ზიანდება.

სიმსივნე შეიძლება წარმოიქმნას პოტენციურ სიმსივნეებზე დამატებითი გარე (გარემოს) და შინაგანი (ორგანიზმის) ფაქტორების მოქმედების შედეგად. ავთვისებიანი სიმსივნეების წარმოქმნას ენდოგენურ ფაქტორთაგან შეიძლება ხელი შეუწყოს ქსოვილებში ხანგრძლივად მიმდინარე პროცესებმა, კიბოსადმი მიდრეკილებამ, ატროფიულ-დეგენერაციულმა და პროლიფერაციულმა პროცესებმა. მაგ., ქრონიკულად მიმდინარე პროცესებმა, რომელთაც თან ახლავს ტროფიკული მოშლილობა (ლ. შაბადი, 1967).

გარდა ამისა, ავთვისებიანი სიმსივნეების წარმოშობას დასხივებულ ქსოვილებში ხელს უწყობს მრავალი ნივთიერების კანცეროგენული მოქმედება. ავთვისებიანი სიმსივნის წარმოქმნის მექანიზმი ერთნაირია (როგორც სხვადასხვა კანცეროგენული ბუნების ნივთიერების ორგანიზმზე მოქმედებისას, ისე მაიონიზებული გამოსხივების შემთხვევაში. რადიაციულ-ინდუცირებული სიმსივნეების ეტიოლოგიაში დასხივების პირდაპირ ეფექტს წამყვანი მნიშვნელობა ენიჭება. არაპირდაპირი მექანიზმები (პორმონული ფონი, ნივთიერებათა ცვლაში არსებული გადახრები) სიმსივნის წარმოქმნის ხელშემწყობ ფაქტორებად ითვლება.

რადიაციულ-ინდუცირებული სიმსივნეების განვითარება ყოველთვის არ არის აუცილებელი, რადგანაც ეს პროცესი დამოკიდებულია ორგანიზმის მდგომარეობასა და მის გარემოზე.

მაიონიზებული გამოსხივების მცირე დოზებით დასხივებისას კან-  
ცეროგენული ეფექტების გამოვლინება უმთავრესად შესაძლებელია  
ადამიანთა დიდ კონტინგენტში. ამ დროს სიმსივნური ეფექტის გან-  
ვითარება არ შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ახალი დაავადებე-  
ბის პერიოდული წარმოშობის განუწყვეტელი პროცესი. დროის სხვა-  
დასხვა მონაკვეთში ეფექტები შეიძლება სხვადასხვა იყოს. ამიტომ  
ხდება ეფექტების თანდათანობით დაგროვება, რომლებიც მიიღებს  
თავის მკაფიო გამოხატულებას დასხივებიდან განსაზღვრული დროის  
გასვლის შემდეგ. აი, რატომ არის საჭირო კიბოს ეპიდემიოლოგიური  
შესწავლისას ხანგრძლივი დაკვირვება.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მაიონიზებული გამოსხივება წარ-  
მოშობს არა განსაკუთრებული ფორმის სიმსივნეებს, არამედ ხელს  
უწყობს საერთოდ ცნობილ სიმსივნეთა ფორმების გახშირებას. ამი-  
ტომ მაიონიზებული გამოსხივების მცირე დოზებით ინდუცირებულ  
ავთვისებიანი სიმსივნეების შემთხვევების აღმოჩენა დაავადების სპონ-  
ტანურ ფონზე დიდ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ლიტერატურა-  
ში არსებული ყველა მონაცემი მცირე დოზების მოქმედების რისკის  
შესახებ ჭერჭერობით გამოთვლითია. რაოდენობრივი დამოკიდებუ-  
ლება „დოზა-ეფექტი“ ინდუცირებული ავთვისებიანი სიმსივნეების  
ფართო დიაპაზონში დიდი დოზების შედეგია (ასეული რადი და მეტი)  
და დადგენილია დიდ მასალაზე საკმარისი სიზუსტით. შემდგომ მი-  
ღებული მონაცემები ექსტრაპოლირებულია მცირე დოზებისათვის.  
ძირითადი ავთვისებიანი სიმსივნეების გავრცელება სარწმუნოდ  
არის რეგისტრირებული სიკვდილიანობის მაჩვენებლებით.

ამჟამად ფუნდამენტური კლინიკურ-ეპიდემიოლოგიური მასალა რა-  
დიაციულ-ინდუცირებული კიბოს წარმოშობისა ადამიანებში მიღე-  
ბულია მოსახლეობის იმ კონტინგენტზე დაკვირვების შედეგად,  
რომლებმაც იაპონიაში ბირთვული იარაღის აფეთქების საშინელება  
განიცადეს, აგრეთვე პაციენტებზე, რომლებსაც სხვადასხვა მიზეზით  
რენტგენით დასხივება ან რადიოთერაპია ჩაუტარდათ, შემდეგ კი —  
რენტგენოლოგ-რადიოლოგებზე. მაიონიზებული გამოსხივების შედე-  
გად უმთავრეს შემთხვევაში სიმსივნე მაშინ წარმოიქმნება, როდესაც  
დასხივების (რენტგენის, გამა-გამოსხივების) დოზა აღემატება 100  
რადს (1 გრ). ზოგჯერ ამა თუ იმ პირს, რომელმაც გადაიტანა ბირთვუ-  
ლი იარაღის აფეთქების საშინელება, სიმსივნე უვითარდება უფრო  
მცირე დოზით დასხივებისასაც. ასეთ შემთხვევებში უმთავრესად ვი-

თარღება ლეიკემია, ფილტვის კიბო, ძუძუს და ფარისებრი ჯირკვლის კიბო. იშვიათად — სხვა ორგანოების სიმსივნეებიც.

ავთვისებიანი სიმსივნის წარმოქმნის ლატენტური პერიოდის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია დაავადების აღმოსაჩენად გამოყენებულ მეთოდებზე და დასხივებულ კონტინგენტზე დაკვირვების პერიოდზე. ზოგ შემთხვევაში ლატენტური პერიოდი დამოკიდებულია დასხივებულ ადამიანის ასაკზე და აგრეთვე შთანთქმულ დოზაზე. ლეიკოზებისათვის ასეთი კანონზომიერება არ არის დადგენილი. დასხივებისაგან წარმოშობილი ლეიკოზის ლატენტური პერიოდი საშუალო 10 წელი, ინტერვალი დასხივების მომენტიდან სიკვდილამდე მერყეობს 8 — 13 წლის შორის. ლეიკოზის წარმოქმნის შესაძლებლობა დასხივების შემდეგ მთლიანად წყდება დასხივებიდან 30 წლისათვის (არმსკი, 1978).

იაპონიაში, ქ. ჰიროსიმასა და ნაგასაკიში ბირთვული იარაღის აფეთქების შედეგად დაადგინეს ლეიკოზით დაავადების კავშირი გამოსხივების დოზასთან. კერძოდ, როცა გამოსხივების დოზა იყო 0—9, 10—39, 40—179, 180 რადი და მეტი, ლეიკოზით სიკვდილიანობა განისაზღვრებოდა. შესაბამისად, 40, 70, 220 და 750 შემთხვევით 1 მილიონ მოსახლეზე წელიწადში მთლიანად იაპონიაში ეს მაჩვენებელი შეადგენდა 20 — 30 სიკვდილის შემთხვევას 1 მილიონ მოსახლეზე წელიწადში (Ionizing Radiation, 1972). ასევე დაადგინეს დასხივების მომენტში ადამიანის ასაკის გავლენა დაავადების წარმოშობაზე. ლეიკოზის ინდუცირების მაქსიმუმი მოდიოდა 0—10 წლამდე ასაკის ბავშვებზე და 50 წლის ზემოთ. ამასთანავე, მოცემულ ჯგუფებში მაქსიმალური სიკვდილიანობა ლეიკოზისაგან შეადგენდა 3,2 და 3,4 შემთხვევას 1 მილიონ კაცზე წელიწადში (1 რად დოზაზე). სიკვდილიანობის მინიმალური მაჩვენებელი აღინიშნა 10 — 13 წლის ასაკში დასხივებულ ადამიანებში: 1 შემთხვევა 1 მილიონ კაცზე წელიწადში (1 რად დოზაზე).

(დასხივებულ ადამიანებს უფიქრებდათ ყველა მწვავე ფორმის ლეიკოზი და ქრონიკული ლეიკოზის გრანულიციტური ტიპი.)

ინდუცირებული ლეიკოზის შემთხვევები ასაკთან ერთად იზრდება და ძალიან მაღალია ბავშვობაში, აგრეთვე ნაყოფის მუცლად ყოფნის პერიოდში დასხივების შემდგომ. ლეიკოზის ინდუცირება მცირდება შთანთქმული დოზის შემცირებასთან ერთად. მცირე შთანთქმული დოზის ეფექტურობის ზედა ზღვარი ჰიროსიმისა და ნაგასაკის მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრება 20 შემთხვევით. 1 მილიონ კაცზე 1

რადით დასხივებისას. ეს კარგად კორელირდება ანკილოზირებული სპონდილიტის რენტგენით მკურნალობისა, რომელიც შეადგენდა 25 შემთხვევას 1 მილიონ კაცზე 1 რადი დოზით დასხივებისას. არმსკის მონაცემებიდან გამომდინარე, 1 რადი დოზით დასხივებისას 15 — 20 ლეიკოზის შემთხვევა 1 მილიონ კაცზე უკვე შეიძლება გამოვიყენოთ მცირე დოზების მოქმედებისას ლეიკოზის გამოსავლის კრიტერიუმად. ყველა ასაკის ადამიანი, ქალი და კაცი ლეიკოზით თითქმის ერთნაირად ავადდება.

საშუალო ინტერვალი დასხივებასა და ავადმყოფის სიკვდილს შორის დასხივებული ინდუცირებული ლეიკოზის შემთხვევაში 10 წლის ფარგლებში მერყეობს, განსხვავებით სხვა ფორმის ავთვისებიანი სიმსივნეებისაგან, სადაც ინტერვალი ზოგჯერ 25 წელი და უფრო მეტია.

ფარისებრი ჭირკვლის კიბოს გახშირება რეგისტრირებული იყო იმ პირებში, რომლებმაც განიცადეს ატომური ბომბარდირება იაპონიაში, მარშალის კუნძულებზე რადიოაქტიური ნალექების ჩამოსვლის შედეგად, აგრეთვე იმ პაციენტებში, რომლებსაც იოდ-131-ს უკეთებდნენ ფარისებრი ჭირკვლის ჰიპერფუნქციის გამო (არმსკი, 1978).

ქალებში ფარისებრი ჭირკვლის კიბოს შემთხვევა 2-ჯერ მეტი იყო, ვიდრე მამაკაცებში. კიბო ვითარდებოდა უმეტესად იმ შემთხვევებში, როცა დოზა 100 რადს აღემატებოდა (შესაძლებლად ითვლება მისი წარმოქმნა 10 რადი და უფრო მეტი დოზის (0,1 გრ) შემთხვევაშიც).

ძუძუს კიბო ქალებში შედარებით ხშირად ინდუცირდება მაიონიზებული გამოსხივებით, რაც მიუთითებს ამ ორგანოს დიდი მგრძობელობაზე დასხივებისადმი. ლატენტური პერიოდი თითქმის 25 წელს გრძელდება. ძუძუს კიბოს წარმოქმნა ქალებში დამოკიდებულია დასხივების მომენტში ასაკზე. მაგალითად არმსკის მონაცემებით, პიროსიმასა და ნაგასაკიში 10 წლის ასაკში დასხივებულებიდან დაავადების არცერთი შემთხვევა არ არის რეგისტრირებული, ხოლო 10—19 წლის და უფრო ზემოთ ასაკში დასხივებულთაგან 1945—72 წლებში გამოვლინებულია, შესაბამისად, 38 და 192 შემთხვევა ძუძუს კიბოთი დაავადებისა. 1950—69 წლებში საშუალოდ ძუძუს კიბო ყველა ასაკის ქალებში გამოვლინდა 30 შემთხვევაში 1 მილიონ მოსახლეზე (1 რადი დოზით დასხივებისას). ეს მონაცემები 3 — 4-ჯერ აჭარბებს ამ დაავადების სიკვდილიანობის მაჩვენებლებს ამავე პერიოდში, კარგად უთავსდება დაავადების ნელ განვითარებას და დიდი პროცენტით განკურნებას.

ძუძუს კიბოთი დაავადების შემთხვევები გამოვლინებულია ქალებში, რომლებიც დასხივებული იყვნენ მრავალჯერადი რენტგენოსკოპიის შედეგათ ტუბერკულოზით დაავადების გამო ან ფილტვების ხელოვნური პნევმოთორაქსის გაკეთებისას. ამ დროს შთანთქმული დოზა აღწევდა 200 — 300 რადს (არმსკი, 1977). ძუძუს კიბოთი დაავადება დასხივებულ ქალებში 6-ჯერ მეტ შემთხვევაში აღმოჩნდა, ვიდრე დაუსხივებლებში.

დასხივების შედეგად განვითარებულ ერთ-ერთ ყველაზე საშიშ სიმსივნურ დაავადებას წარმოადგენს ფილტვის კიბო. მისი გაზშირება აღინიშნება ურანის შახტებში მომუშავეთა შორის, აგრეთვე იმ პირებში, რომლებმაც გადაიტანეს ატომური ბომბარდირება იაპონიაში, გარდა ამისა სპონდილიტით და ტუბერკულოზით ავადმყოფებში, რომლებსაც ჩაუტარდათ მრავალჯერადი გამა- და რენტგენის სხივებით მკურნალობა. ჰიროსიმასა და ნაგასაკიში გამოვლინებულ იქნა შთანთქმული დოზის დამოკიდებულება ფილტვის კიბოს სიხშირესთან. გამოირკვა, რომ დოზის გაზრდასთან ერთად დაავადებულთა რაოდენობაც მატულობს. ციხაკასა და ბააბეს მონაცემებით, 1 რად დოზისას ფილტვის კიბოთი დაავადდა 10 — 25 ადამიანი 1 მილიონი კაციდან. კიბოთი ავადდებოდნენ უმთავრესად 35 წლის ზემოთ ასაკში, ლატენტური პერიოდი შეადგენდა 10 — 15 წელს.

კლინიკურ-ეპიდემიოლოგიური და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები ადასტურებს მაიონიზებელი გამოსხივების მაღალ ბლასტომოგენურ ეფექტს. რადიაციული ინდუცირებული სიმსივნე უცბად არ წარმოიქმნება. მას წინ უძღვის ხანგრძლივი ლატენტური პერიოდი, რომელიც რამდენიმე წელს გრძელდება. სიმსივნის წარმოქმნის შესაძლებლობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: დოზის სიმძლავრეზე, გამოსხივების ენერგიის ხაზობრივ გადაცემებზე, დოზის ფრაქციონირებაზე, ადამიანის სქესზე, ასაკზე დასხივებისას, დასხივების თანამდევ ფაქტორებზე და სხვ. სიმსივნის გამოსავალი მცირდება დოზის სიმძლავრის შემცირებასთან ერთად. რენტგენის, ბეტა- და გამა-სხივებით დასხივებისას სიმსივნის გამოსავალი უფრო მცირეა, ვიდრე ნეიტრონული და ალფა-სხივებით დასხივებისას. დოზის შემცირება იწვევს ლატენტური პერიოდის გახანგრძლივებას. სიმსივნის გამოსავალი მაღალია ადრეულ ბავშვობაში და მუცლად ყოფნის დროს დასხივების შემთხვევაში. სიმსივნის განვითარების საშიშროება დიდდება, როდესაც დასხივებასთან ერთად სხვა ფაქტორებიც ახდენენ გავლენას ორგანიზმზე.

კანცეროგენული ეფექტის განვითარება ამცირებს სიცოცხლის ხანგრძლივობას, რაც, თავის მხრივ, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მაიონიზებული გამოსხივების მოსახლეობაზე. გავლენის ინტეგრალურ მაჩვენებლად. დასხივების შედეგად სიცოცხლის ხანგრძლივობის შემცირების დონე განსაზღვრავს პირდაპირი ან არაპირდაპირი მაიონიზებული გამოსხივების მოქმედებით გამოწვეული სხვადასხვა დაავადებებისაგან სიკვდილიანობის საბოლოო შედეგს. ადრეულ ვადაში დასხივების დაწყებიდან სიცოცხლის ხანგრძლივობის შემცირება შეიძლება განპირობებული იყოს სხივური დაავადებით, აგრეთვე ინფექციებისაგან, გულ-სისხლძარღვთა და სხვა დაავადებებისაგან სიკვდილიანობით, რომელთაგანაც ჩვეულებრივ პირობებში საერთო დაავადებიანობის მაჩვენებლები იქმნება. დასხივებულ მოსახლეობას ეს მაჩვენებლები უფრო მაღალი აქვს, ვიდრე დაუსხივებელს. ცალკეულ შემთხვევებში სიცოცხლის ხანგრძლივობა განისაზღვრება დასხივების შედეგად სიმსივნის ეფექტების წარმოქმნით, აგრეთვე ორგანოსა და ქსოვილებში ინვოლუციური პროცესების განვითარებით. ამ პროცესების ერთობლიობა განსაზღვრავს ორგანიზმის ბუნებრივ დაბერებას. და ვინაიდან ეს პროცესები ვითარდება ადრეულ ასაკში, ამბობენ, რომ ასეთ შემთხვევაში ხდება ორგანიზმის დაჩქარებული რადიაციული დაბერება. სიცოცხლის ხანგრძლივობის შემცირება გამოვლინდა ამერიკელ რენტგენოლოგებსა და რადიოლოგებში პროფესიული მოღვაწეობის შედეგად. რენტგენის სხივების ქრონიკული მოქმედების გამო ამ კონტინგენტის სიცოცხლის ხანგრძლივობა შემცირდა 5,2 წლით.

ეფექტების დიდ ჯგუფს შეადგენს სხვადასხვა ხასიათის მდგომარეობა, გამოწვეული მაიონიზებული გამოსხივებით დასხივების შედეგად. ასეთია ჩანასახის მშობლების სასქესო ჯირკვლების, დედის ორგანიზმის, ნაყოფის მუცლად ყოფნის პერიოდში დასხივება. დასხივებულ სასქესო ჯირკვლებში (სათესლესა და საკვერცხეებში) ხდება ცვლილებები, რომლებიც იწვევს ამ ორგანოების დისფუნქციას. დიდი დოზების მოქმედება იწვევს სათესლე ჯირკვლების ატროფიას. სათესლეებში ცვლილებანი უპირატესად ხდება პირველად სასქესო უჯრედებში, სპერმატოგონებში, სპერმატოციტებში. საკვერცხეებში პირველ რიგში ფოლიკულური აპარატი ზიანდება. ვ. ბოდიაჟინისა და სხვათა მონაცემებით, მამაკაცისა და ქალის სასქესო უჯრედებში ცვლილებები იწყება 15 — 25 რენტგენის დოზით რენტგენისა ან გამა-სხივების ხანმოკლე დასხივებისას. სასქესო ჯირკვლებში ღრმა ცვლილებები,



რომელთაც თან ერთვის დროებითი ან მთლიანი სტერილობა, ვითარდება რამდენიმე ასეული რენტგენის დოზით დასხივებისას.

ნაყოფიერების დაქვეითება ვითარდება აგრეთვე გამოსხივების გავლენით ჩანასახის უჭრედების გენეტიკურ აპარატზე. მოსახლეობის შობაულობის დაქვეითების გამოვლინება რადიაციული ზეგავლენის შედეგად შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც საკმაოდ დიდი დოზებია გამოყენებული. ე. ი. იგი რეალურია მხოლოდ საგანგებო მდგომარეობისას.

დიდი ხანია ცნობილია ნაყოფის დიდი მგრძნობელობა მაიონიზებული გამოსხივებისადმი. ქალების მცირე მენჯის არეში რენტგენით დასხივებისას აღინიშნება მშობიარობის არასასურველი გამოსავალი, რაც გამოიხატება მშობიარობის შეწყვეტაში, მკვდარი ბავშვის დაბადებაში. ახალშობილის დაქვეითებულ სიცოცხლისუნარიანობაში. ასეთი ბავშვები შეიძლება დაბადების შემდეგ სულ მოკლე დროში დაიხოცონ. დასხივებულ ორსულ ქალებს ხშირ შემთხვევაში უჩნდებათ განვითარების სხვადასხვა დეფექტის მქონე ბავშვები.

კლინიკური დაკვირვება ცხადყოფს ადამიანის ემბრიონის მაღალ მგრძნობელობას მაიონიზებული გამოსხივებისადმი, რაც დადასტურებულია ცხოველებზე ჩატარებული ექსპერიმენტული გამოკვლევებით. ექსპერიმენტულად შესწავლილია გამოსხივების მოქმედების კანონზომიერებანი ემბრიოგენეზზე. დადგენილია, რომ დასხივების შედეგად გამოწვეული პათოლოგიური დეფექტების განვითარება ნაყოფის მუცლად ყოფნის პერიოდში და აგრეთვე დაბადების შემდეგ დამოკიდებულია ორსულობის დაწყებიდან დასხივების დროზე. წინაიმპლანტაციურ პერიოდში დასხივებისას დამახასიათებელია ორსულობის შეწყვეტა და ჩანასახის სიკვდილი. იმ პერიოდში დასხივების შემდეგ, როდესაც ჩანასახში ფორმირდება ორგანოები და სისტემები (ორგანოგენეზის პერიოდში), უფრო ხშირად იბადებიან ბავშვები განვითარების ანომალიებით. ჩანასახის დასხივების შედეგად იზრდება მკვდრადშობილთა რაოდენობა და სიცოცხლის უუნარო ნაყოფის დაბადების შემთხვევები.

განვითარებულ ნაყოფზე მინიმალური დოზის (1—20 რადი) უშუალოდ მოქმედების შედეგად აღინიშნება ახალშობილის განვითარების სხვადასხვა სახის ანომალია და სხვადასხვა დარღვევა — ფიზიკური განვითარების შენელება, გონებრივი სისუსტე (არმსკი, 1978).

რაც შეეხება ჩანასახზე მაიონიზებული გამოსხივების მოქმედების მექანიზმს, მიჩნეულია, რომ არსებობს დასხივების 2 გზა: პირდაპირა მოქმედება მასზე და არაპირდაპირი — დედის ორგანიზმის დასხივება.

ემბრიონზე არაპირდაპირი მოქმედება გამოწვეულია დედის ორგანიზმის ადრეული დასხივების შედეგად, რაც გავლენას ახდენს ნივთიერებათა ცვლაზე, ფერმენტაციულ პროცესებზე, სისხლის მიმოქცევაზე. დედის ორგანიზმის შიდა გარემოს შეცვლა უარყოფით გავლენას ახდენს ნაყოფის განვითარებაზე.

## 8. ადამიანის დასხივების გენეტიკური შედეგები

დასხივებულ ადამიანებს უვითარდებათ სომატური და სომატურ-სტრუქტურული ეფექტები, პირველ და შემდგომ თაობებს კი — გენეტიკური შედეგები.

ადამიანის მემკვიდრეობაზე მაიონიზებული გამოსხივების გავლენას რაოდენობრივი შეფასებისათვის, გენეტიკური გართულების რისკის განსაზღვრისათვის საჭიროა წარმოდგენა გვექონდეს გენეტიკურ ფონზე, ე. ი. მემკვიდრეობით დაავადებებზე, რომლებიც ვითარდება ბუნებრივ პირობებში.

ადამიანის გენეტიკური დაავადება მრავალნაირია. მათ განვითარებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს გენურ მუტაციებს და აგრეთვე ქრომოსომულ ანომალიებს. არმსკის მონაცემებით (1978), ცოცხლადშობილთაგან დომინანტურ და X-ქრომოსომის დაავადების ბუნებრივი სიხშირე შეადგენს 1%-ს, რეცესირებული — 0,1%-ს, ქრომოსომული — 0,4%-ს, პოლიეტოლოგიური დაავადებანი — 9%-ს. საერთო რაოდენობა მემკვიდრეობითი დაავადებისას აღწევს 10,5%-ს ცოცხლადშობილებში. მათ რიცხვში შედის ტუბეროზული სკლეროზი, აქონდროპლაზია, მიკროფტალმია, რეტინობლასტომა, ჰემოფილია, კუნთების დისტროფია ალბინოსი, ინფანტილური იდიოტიზმი და სხვ. პირველ 4 ნოზოლოგიურ ფორმას დომინანტურ მუტაციებს უწოდებენ. ჰემოფილია დაკავშირებულია რეცესიულ მუტაციებთან, დანარჩენი დასახელებული ნოზოლოგიური ფორმები ე. წ. რეცესიული მუტაციებია.

ბუნებრივი მუტაციების სიხშირე მერყეობს ძირითადად  $10^{-6}$  —  $10^{-5}$  ფარგლებში 1 გენზე. საშუალო ბუნებრივ მუტასტაბილობად მიღებულია  $5 \cdot 10^{-6}$  1 გენზე (ნ. ა. ლუბინინი, 1963).

ბუნებრივ პირობებში ქრომოსომების ანომალიები ხშირად გამოიხატება იმით, რომ დამატებითი ქრომოსომა არსებობს ან ერთ-ერთი ქრომოსომა დაკარგულია. დამატებითი ავტოსომის მონაწილეობა იწვევს დაუნის დაავადებას, რომელიც ხასიათდება ფიზიკური და გონებრივი განვითარების მძიმე დარღვევებით, ენდოკრინული რეგულაციის მოშ-

ლით. ქრომოსომების დაკარგვა კი იწვევს სტერილობას. უმეტესად ქრომოსომული ანომალიები ვლინდება სიცოცხლის უუნარო ჩანასახის სახით, რაც იწვევს თვითნებურ აბორტებს, მკვდრადშობადობას, ს-უსტ-ბავშვების დაბადებას, რომლებიც მალე იღუპებიან.

მრავალი გენეტიკური დაავადება ვლინდება დაბადებიდან რამდენიმე წლის შემდეგ. მათი ნაწილი, მაგალითად, ზოგიერთი თანდაყოლილი ანომალია, პოლიეთიოლოგიურია, ე. ი. განპირობებულია არა მარტო გენეტიკური სტრუქტურების დარღვევით, არამედ მუცლად ყოფნის პერიოდში განვითარებულ ჩანასახზე სხვადასხვა ფაქტორის მოქმედების შედეგად.

სასქესო უჯრედების გენეტიკურ აპარატზე მაიონიზებელი გამოსხივების მოქმედების შედეგად ვითარდება მუტაციები და ქრომოსომული ანომალიები, რაც იწვევს თაობებში მემკვიდრეობითი ეფექტების განვითარებას. დასხივების გენეტიკური ეფექტები არის მაიონიზებელი გამოსხივების გენეტიკურ სტრუქტურებთან ურთიერთმოქმედების შედეგი ატომისა და მოლეკულის დონეზე. არსებობს აზრი, რომ მუტაციები დასხივების შედეგად შეიძლება წარმოიშვან იონიზაციის ერთეული აქტის შედეგად (ნ. ლუბინინი, 1963).

დასხივების დროს გენების მუტაციებიდან ხშირად გვხვდება დომინანტური მუტაციები, იშვიათად კი — რეცესიული. ქრომოსომების დაზიანება გამოიხატება მათი გახლეჩით. ა დროს შესაძლებელია ქრომოსომების შეხორცება. თუ შეხორცება ბირთვში არ იწყება, წარმოიქმნება ნამსხვრევები. მრავალრიცხოვანი გახლეჩისას ქრომოსომების ნამსხვრევები შეიძლება შეერთდნენ და წარმოქმნან ქრომოსომების ახალი ტიპები, ე. წ. ქრომოსომული გარდაქმნები. ქრომოსომული გარდაქმნება გამოიხატება ან ფრაგმენტის დაკარგვით, ან ქრომოსომების ფრაგმენტებად ცვლით (ტრანსლოკაცია).

მაიონიზებელი გამოსხივების მცირე დოზებით მოქმედებისას უფრო ხშირ გართულებად ითვლება გენური მუტაციები. დასხივების ეფექტების ეს კატეგორია ადამიანის მემკვიდრეობაში აღინიშნება. ქრომოსომების გარდაქმნის რიცხვი მწვავე დასხივებისას იზრდება.

მაიონიზებელი გამოსხივების გენეტიკური საშიშროების შეფასებისათვის მიღებულია იმ დოზის გამოყენება, რომელიც იწვევს მუტაციების ბუნებრივი სიხშირის გაორებას. ასეთი დოზის შესახებ არსებობს აზრთა სხვადასხვაობა. სხვადასხვა ავტორის მონაცემებით, ეს დოზა მერყეობს 10 — 200 რადის (0,1 — 2 გრ) ფარგლებში (არმსკი, 1978, ნ. ლუბინინი, 1963). იაპონიაში ატომური აფეთქების მომსწრე ადამიან-

ნების შთამომავლებზე დაკვირვებით დაადგინეს, რომ დოზა მუტაციების სიხშირის გაორმაგებისა ახლოსაა 100 რადთან. მაიონიზებული გამოსხივების გენეტიკური საშიშროების შეფასებისას გამოდიან უზღვრო კონცეფციიდან. პირობითად მიღებულია, რომ ყველა, თვით უმცირესი დასხივების დოზაც დაკავშირებულია გენეტიკური დარღვევების განვითარების განსაზღვრულ რისკთან.

#### 4. გამოხსივების სხვადასხვა წყაროდან დასხივების საშიშროების შეფასება

რადიაციული უშიშროების პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთ ამოცანას წარმოადგენს გამოსხივების სხვადასხვა წყაროდან დასხივების შედეგად მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაზიანების პროგნოზირება. ამ მიზნისათვის გამოყენებული მეთოდები ჯერჯერობით არაზუსტია მცირე დოზების მოქმედების შედეგებზე არასაკმარისი ინფორმაციის გამო. მაგრამ საორიენტაციოდ მაინც შეიძლება შეფასება. ვინაიდან მოსახლეობის დასხივებისას ძირითად საშიშროებას წარმოადგენს ავთვისებიანი სიმსივნის ინდუცირება, ამიტომ სცადეს სხვადასხვა სახის გამოსხივებით განპირობებულ ონკოლოგიურ დაავადებათა პროგნოზირება (ცხრილი 16).

მიახლოებით წარმოადგენს დასხივების შედეგად გენეტიკურ ზარალზე გვაძლევს არმსკის მონაცემები. მაგ., 1 მილიონ მოსახლეობის დასხივების შედეგად 1 რადი დოზით (0,01 გრ) გენეტიკური ეფექტების გამოსავალი პირველ თაობაში შეადგენს 25 — 40, ხოლო შემდგომ თაობებში 125 — 300 შემთხვევას.

ონკოლოგიური და გენეტიკური დაავადებების პროგნოზირების დონე არც ისე დიდია, მაგრამ მათი გამოვლინება შედარებით რთულია სპონტანური დაავადებების ფონზე.

კიბოს ყველა ფორმით გამოწვეული სიკვდილიანობა, ჩვეულებრივ, წელიწადში 1 მილიონ კაცზე მერყეობს 1200-იდან 1800 შემთხვევამდე. (ასეთი ვარიაბილობისას რადიაციულ-ინდუცირებული კიბოს 40 შემთხვევის დიფერენცირება ყოველთვის არ ხერხდება).

ამასთანავე, ის დიდი ყურადღება, რომელიც მიმართულია მაიონიზებული გამოსხივებისადმი, როგორც გარემოს ისეთი ფაქტორისადმი, რომელსაც შეუძლია ადამიანზე მოახდინოს უარყოფითი გავლენა, გამართლებულია. ატომური ენერგეტიკის განვითარების პერსპექტივებმა დღის წესრიგში დააყენა რადიაციული შედეგების პროგ-

მოსახლეობის დასახივების ძირითადი წყაროები და ონკოლოგიური დაავადებების წარმოქმნის რისკი

გამოსხივების წყაროები	საშუალო წლიური ინდივიდუალური დოზა მრბე (1.10-პზე)	კიბოს შეთხვევების რიცხვი 1 მილიონ კაცზე წელიწადში
ბუნებრივი რადიაციული ფონი	116	12
საამშენებლო მასალები	156	16
რენტგენოდიაცნოსტიკა	110	11
ბირთვული აფეთქებების პროდუქტები (სტრატოსფერული ჩამოსვლა)	2,4	2,5.10 <sup>-1</sup>
ბირთვული წყაროები	0,14	1.10 <sup>-2</sup>
სხვა წყაროები	0,91	1.10 <sup>-1</sup>
ს უ ლ	385	40

ნოზირების მეთოდების შემდგომი სრულყოფის ამოცანა. ამის საფუძველი უნდა გახდეს რაოდენობრივი დახასიათება „დოზა-ეფექტისა“ მცირე და უმცირესი დოზებისათვის, რასაც შეისწავლიან მრავალი ქვეყნის სპეციალისტები.

თანამედროვე პირობებში არაიშვიათია სიტუაციები, როდესაც ხდება მრავალკომპონენტური ჩიმიური და რადიაციული ფაქტორების მოქმედება. მიღებული ფაქტები ადასტურებს, რომ მაიონიზებული გამოსხივებისა და ჩიმიური კანცეროგენების ერთდროული მოქმედებისას შესაძლებელია მათი მოქმედების სუმატია და სიმსივნური ეფექტების პოტენცირება.

ბოლოს საჭიროა აღინიშნოს, რომ მაიონიზებული გამოსხივების მცირე დოზების ბიოლოგიური მოქმედების შესწავლა, მოსახლეობის დასახივების კონტროლის მეთოდების სრულყოფა. მცირე დოზების ეფექტების შეფასებისა და პროგნოზირების დამუშავება საბოლოოდ უზრუნველყოფს ატომური ენერჯის სახალხო მეურნეობაში მზარდი მასშტაბებით გამოყენების უსაფრთხოების გარანტიას.

## რადიაცია როგორც იარაღი

1937 წელს უურჩალისტებმა ცნობილ ინგლისელ მეცნიერს რეზერფორდს სიკვდილის წინ ჰკითხეს: მომავალში შესაძლებელი იქნება თუ არა ატომში არსებული მალული ენერჯის გამოყენებაო. „ასეთი დრო უთუოდ არასოდეს დადგება, ვინც ასეთ გეგმებს ადგენს. მთვარეზე მცხოვრები ფანტაზიორია“, — განაცხადა რეზერფორდმა.

ერთი წლის შემდეგ ფიზიკოსმა ოტო განმა აღმოაჩინა ურანის გახლეჩის რეაქცია. მოგვიანებით მან აღიარა: „ჩვენ წარმოდგენა არ გვქონდა, რომ ურანის ბირთვის გაყოფის რეაქცია ასეთ მნიშვნელოვან შედეგებს მოგვცემდა“. 1959 წელს ალბერტ შვაიციერმა თქვა: „კაცობრიობა განწირულია, თუ ხელახლა დაიწყებს ატომისა და წყალბადის ბომბების ექსპერიმენტებს“. დიდი ჰუმანისტის ამ სიტყვებს დღესაც არ დაუკარგავს აქტუალობა, პირიქით, დღეს არავის აეჭვებს, რომ ატომურმა ენერჯიამ უპასუხისმგებლო პოლიტიკოსების ხელში შესაძლებელია კაცობრიობა კატასტროფამდე მიიყვანოს, ხოლო მშვიდობის მოყვარე ადამიანების ხელში მისი გამოყენება სიკეთის მომცემ გიგანტურ ძალად იქცეს.

როგორც სათანადო ექსპერიმენტებით დადასტურდა, ერთი ურანის ბირთვის გახლეჩის შედეგად თავისუფლდება 150—200 მილიონი ელექტრონვოლტის სიდიდის ენერჯია. შემდგომ განხორციელდა კიდევ 2 აღმოჩენა: ერთი, რომელიც ნილს ბორს ეკუთვნოდა და რომელიც ურანის გახლეჩის პროცესის შედეგად წარმოქმნილი ენერჯიის გამოყენების საშუალებას იძლეოდა, და მეორე, რომელიც ფრედერაჟ და ირენ ჟოლიო-კიურებმა აღმოაჩინეს — ე. წ. ჰაჭკური რეაქცია, რომლის შედეგადაც შესაძლებელი გახდა ურანის ბირთვისაგან მუდმივი ენერჯიის მიღება.

1939 წლის მარტში იტალიელმა ემიგრანტმა, ნობელის პრემიის ლაურეატმა ენრიკო ფერმიმ შეძლო ამერიკის სამხედრო-საზღვაო უწყების წარმომადგენლებთან შეხვედრა, რომლებსაც მან მოკლედ აუხსნა, თუ რა შედეგები შეიძლებოდა მოჰყოლოდა ურანის ბირთვის გახლეჩის აღმოჩენას, მაგრამ შეხვედრა უშედეგოდ დამთავრდა, ვინაიდან ადმირალებმა ენრიკო ფერმი ფანტაზიორად მიიჩნიეს.

მეორე მსოფლიო ომის დაწყების წინ ორი უნგრელი ფიზიკოსი —

ვიგნერი და სცილარდი — ესტუმრა აინშტაინს, რომელთა დაჟინებით თხოვნით აინშტაინმა 1939 წლის 2 აგვისტოს გაუგზავნა წერილი ამერიკის პრეზიდენტს რუზველტს, რომელშიც ის მოუწოდებდა ამერიკის მთავრობას ყურადღება მიექცია ურანთან დაკავშირებული სამუშაოებისათვის. ამ პერიოდში ამერიკის ატომური ფიზიკა ის-ის იყო ისახებოდა, ხოლო სრული ინფორმაცია ატომური ენერჯის შესახებ ემიგრანტმა ფიზიკოსებმა ჩაიტანეს ევროპიდან. ამიტომ ამერიკის მთავრობა ექვის თვალთ უყურებდა ატომის ენერჯის უდიდეს ძალას. ბოლოს და ბოლოს შეიქმნა სამთავრობო კომისია ატომის ენერჯის ღარგში და საამისოდ გამოიყო მხოლოდ 6 000 დოლარი. ეს ის დრო იყო, როცა ამერიკის პოლიტიკოსები ფიქრობდნენ ომს სხვისი ხელებით მოიგებდნენ და ამერიკელებს ისღა დარჩენოდათ, რომ მხოლოდ ნაღები მოეხადათ მისთვის. 1942 წლის ბოლოს, როდესაც იაპონელები თავს დაესხნენ ამერიკის სამხედრო ბაზას წყნარ ოკეანეში, პირლ-ჰარბორზე, სიტუაცია მკვეთრად შეიცვალა და ამერიკის შეერთებული შტატები იძულებული გახდა ჩაბმულიყო ომში. ამერიკის მთავრობა უკვე აღარ იხევდა უკან — თანახმა იყო გაეღო ყოველგვარი ხარჯები და, მართლაც, პირველი ატომური ბომბი ორი მილიარდი დოლარი დაუჯდა.

ატომური ბომბის შესაქმნელად ამერიკის შეერთებულ შტატებში გაჩნდა დიდი „ატომური ქალაქები“: ოკ-რიჯი, ხერფორდი და ბოლოს ლოს-ალამოსი, სადაც არსებობდა ცენტრალური ლაბორატორია, რომელიც ხელმძღვანელობდა ე. წ. „მენხეტენის პროექტს“, რომლის მიხედვითაც 1941—45 წლებში მეცნიერთა ჯგუფმა შექმნა პირველი ატომური ბომბი. პირველ ორ ქალაქში ურანის ნედლეულისაგან მზადდებოდა ატომური ბომბის მასალა. ლოს-ალამოსის ლაბორატორიას ხელმძღვანელობდა ცნობილი ამერიკელი მეცნიერი რობერტ ოპენჰაიმერი, რომელმაც შემოიკრიბა ემიგრაციაში მყოფი ცნობილი ევროპელი ფიზიკოსები: ჰანს ბეტე, ენრიკო ფერმი, ნილს ბორი, აგრეთვე ფრანგი და უნგრელი ფიზიკოსები. ატომური ბომბის შექმნაში მონაწილეობდა აგრეთვე ფიზიკოსთა ჯგუფი ინგლისელი მეცნიერის ჯეიმს ჩედვიკის ხელმძღვანელობით. მაშინ არავის უკვირდა, რომ ევროპელი ფიზიკოსები, რომლებმაც შეიცნეს ფაშიზმის არსი, ამერიკაში მუშაობდნენ და თავიანთ ძირითად მოვალეობად მიაჩნდათ ყველაფერი ეღონათ ფაშიზმის გასანადგურებლად, თუნდაც ეს ყოფილიყო ატომური ენერჯის გამოყენება სამხედრო მიზნებისათვის. ამერიკის სამხედრო წრეები მთელ ძალებს ძაბავდნენ, რათა გერმანელებს არ და-

ესწროთ ატომური ბომბის შექმნა. სწორედ 1942 წელს განხორციელდა ქნრიკო ფერმის ხელმძღვანელობით პირველი ჯაჭვური რეაქცია რეაქტორში, რის შემდეგაც დაიწყო ატომური ბომბის კონსტრუირება. როდესაც ბუნებრივი ურანიდან მიიღეს სუფთა ურან-235, ხერფორდის პლუტონუმის ქარხნებში — ახალი ხლეჩადი მასალა — პლუტონიუმ-239, აგრეთვე მესამე კომპონენტი ურან-233 (თორიუმის ნეიტრონებით ბომბარდირებით), ატომური ბომბის დასამზადებელი მასალა უკვე ხელთ ჰქონდათ.

ატომური ბომბის პირველი აფეთქება, ე. წ. გენერალური რეპეტიცია, განხორციელდა აშშ-ში, ქ. ალამოგორდოდან 75 კმ დაშორებით, უდაბნოში, 1945 წლის 16 ივლისს, დილის 5 ს. და 30 წუთზე. აფეთქების შედეგად წარმოიქმნა უდიდესი კვამლის სვეტი. თვალისმომჭრელი ნათება, აფეთქების კვამლის სვეტი გადაიქცა უზარმაზარ სოკოს მსგავს ღრუბლად. აფეთქების ადგილას დარჩა ორმო, რომლის დიამეტრი 400 მ. აღწევდა, სიღრმე კი—8 მ. აფეთქების ადგილიდან 1,5 კმ რადიუსის ფარგლებში ყველაფერი ცოცხალი (ცხოველები, მცენარეები) მოიპო, ხოლო 30 მ. სიმაღლის ლითონის კოშკი, რაზედაც იყო დამაგრებული ბომბი, მაღალი ტემპერატურისაგან აორთქლდა.

მეორე მსოფლიო ომი დასასრულს მიუახლოვდა. ჰიტლერმა თავისი სიცოცხლე ბერლინის ბუნკერში თვითმკვლელობით დაამთავრა. საბჭოთა კავშირმა რაიხსტაგზე გამარჯვების დროშა აღმართა. მოკავშირეთა ჯარები მდინარე ელბაზე შეხვდნენ ერთმანეთს. ჰიტლერული ფაშისმი საბოლოოდ განადგურდა. მაგრამ ამარიკელ იმპერიალისტთა წრეები ომის შედეგებით არ იყვნენ კმაყოფილნი. მათ მიაჩნდათ, რომ დამანგრეველი იარაღი, რომლის საიდუმლოებაც ისინი ფლობდნენ და რომლის შექმნისათვისაც ასეთი დიდი თანხა დაიხარჯა, სხვებისათვის მიუწვდომელი იყო და ამას უნდა უზრუნველყო მათი ჰეგემონია პლანეტაზე.

ალამოგორდოში საიდუმლოდ ჩატარებულმა ატომური ბომბის აფეთქებამ მსოფლიოზე არავითარი შთაბეჭდილება არ მოახდინა, ამიტომ, მათი აზრით, საჭირო იყო ამერიკელებს მსოფლიოსათვის დაემტკიცებინათ ატომური იარაღის სიმძლავრე და დაეთესათ შიში სხვა ხალხებს შორის, რათა შემდგომ ხელში ჩაეგდოთ მსოფლიო მმართველობა.

1945 წლის 12 ივლისს, ხიროსიმასა და ნაგასაკიში ატომური ბომბის აფეთქებამდე თითქმის ერთი თვით ადრე, ჩიკაგოს უნივერსიტეტის პროფესორმა, ატომური ბომბის ერთ-ერთმა შემქმნელმა ფარიგ-



ტონ დანიელსმა თავის 150 კოლეგას დაუსვა კითხვა, თუ რამდენად შეიძლებოდა, მათი აზრით, ატომური ბომბის გამოყენება. 23 კაცმა დადებითი პასუხი მისცა იმ მოსაზრებით, რომ მისი გამოყენების შემდეგ იაპონია უსწრაფესად გამოაცხადებდა კაპიტულაციას; 69 კაცმა მიიჩნია, რომ იაპონიის წინააღმდეგ ატომური ბომბის გამოყენებამდე საჭიროა მისი დემონსტრირება იქ, რათა ამით გააფრთხილონ იაპონია და მოსთხოვონ კაპიტულაცია. 39 კაცმა გამოთქვა აზრი, რომ ბომბის აფეთქების დემონსტრირება უნდა მოხდეს ამერიკის შეერთებულ შტატებში, სადაც მოიწვევენ იაპონელთა წარმომადგენლებს და თუ ისინი უარს იტყვიან კაპიტულაციაზე, იმ შემთხვევაში უნდა გამოიყენონ მათ წინააღმდეგ; 16 კაცმა პროტესტი განაცხადა ბომბის სამხედრო მიზნით გამოყენების თაობაზე და წინადადება წამოაყენა მოეხდინათ მისი მხოლოდ დემონსტრირება. 3 კაცმა მოითხოვა საერთოდ საიღუმლოდ შეენახათ ატომური ბომბის არსებობა და არ გამოეყენებინათ იგი ომში.

სამთავრობო კომიტეტის 8 წევრიდან, რომელთა პოზიციამ გადამწყვეტი როლი ითამაშა იმაში, რომ პრეზიდენტ ტრუმენს გაეცა ბრძანება ატომური ბომბის ჩამოგდების შესახებ, მხოლოდ ერთი — თავდაცვის მინისტრის მოადგილე რალფ ბერდი წავიდა წინააღმდეგი ხიროსიმის ატომური ბომბარდირებისა წინასწარი ცდის გარეშე და ურჩია მათ დიპლომატიური მოლაპარაკებით მიეღწიათ იაპონიის კაპიტულაციისათვის.

და მაინც პირველი ატომური ბომბი ჩამოაგდეს იაპონიის ქალაქ ხიროსიმაზე 1945 წლის 6 აგვისტოს, დილის 8 საათსა და 15 წუთზე ბომბი აფეთქდა 500 მ სიმაღლეზე ქალაქის ცენტრის თავზე. თეთრა კვამლის სვეტმა, რომელმაც სოკოს ფორმა მიიღო, 15 — 18 კმ სიმაღლეს მიიღწია. ქალაქი იწვოდა, ქუჩებში ყველგან ეყარა მკვდარი და ცოცხალ-მკვდარი ადამიანები, აფეთქების ცენტრიდან 2 — 3 კმ რადიუსით ქალაქი უდაბნოდ იქცა. მესაფლავენი ავადდებოდნენ რადიაციით, გვამებიდან გამოსხივების გამო. მიცვალებულთა ძვლებიდან ფოსფორი ანათებდა, მცენარეები გადაგვარდა. იაპონელთა მონაცემების თანახმად, ჰიროსიმაში 78150 ადამიანი დაიღუპა, 13983 უკვალოდ გაქრა, 9428 — დაიჭრა მძიმედ, 27997 დაიჭრა მსუბუქად. მოგვიანებითი ცნობების მიხედვით, მსხვერპლი კიდევ უფრო მეტი აღმოჩნდა, ვინაიდან ქალაქში ბევრი არარეგისტრირებული მცხოვრები იყო. ბევრი შემდგომში ნელ-ნელა დაიღუპა და დღესაც იღუპება რადიოაქტიური დასხივების შედეგად განვითარებული გართულებების გამო. ჰი-

როსიშის მუნიციპალიტეტის მონაცემებით, დაბომბვის შორეული შედეგების გამო მარტო 1980 წელს—2279 კაცი გარდაიცვალა.

3 ღლის შემდეგ, 1945 წლის 9 აგვისტოს, მეორე ატომური ბომბი ჩამოაგდეს იაპონიის ქალაქ ნაგასაკიზე. ნაგასაკიშიც გრძელდება ამერიკული ბირთვული დაბომბვის მსხვერპლთა სიკვდილი. როგორც ნაგასაკის მედიცინის სკოლის დოქტორმა ს. ოკასიმამ განაცხადა, „რადიოაქტიური მოწამელის საშიშროების კვალი ამ ქალაქში 2436 წელიწადს იარსებებს“. იაპონელთა მონაცემებით, ორი ატომური ბომბის აფეთქების შედეგად სულ დაახლოებით 300.000 კაცი დაიღუპა.

„ჰიროსიშის“ ტიპის ბომბი დღეს სტანდარტული ტიპის ატომურ ბომბად ითვლება. მისი აფეთქების ძალა 20 ათასი ჩვეულებრივი საავიაციო ბომბის ტოლია, ე. ი. 20 კტ (კილოტონი ტრინიტროტოლუოლის) ეკვივალენტურია. ჰიროსიშაზე ჩამოგდებულ ატომურ ბომბს უწოდეს „ლიტლბოი“ (ჩვილი), ხოლო ნაგასაკიზე ჩამოგდებულს — „ფეტმენი“ (მსუქანი).

ჰიროსიშისა და ნაგასაკიში ატომური აფეთქების შედეგები კარგადაა ცნობილი. 2 კმ რადიუსით დაიღუპა მცხოვრებთა 56.6%, აქედან 37% აფეთქების მომენტში. დაჭრილთა შორის 35,3%-მა მიიღო დამწვრობა, 60,3% დაზიანდა დარტყმითი ტალღისაგან. 28.6% — გამოსხივებისაგან.

ამერიკის მთავრობისა და არმიის წარმომადგენლები ცდილობდნენ თავიანთი მოქმედება გაემართლებინათ იმით, რომ ამ აქციებით შესაძლებელი გახდა მრავალი ამერიკელი ჯარისკაცის სიცოცხლის შენარჩუნება, რომლებიც უნდა დაღუპულიყვნენ იაპონიაში დესანტის გადასბმის დროს. სინამდვილეში კი ეს ატომური ბომბარდირება სულ სხვა მიზანს ისახავდა.

ატომური ბომბის შემდეგ სპეციალისტებმა შექმნეს წყალბადის ბომბი. აქ გამოყენებულია ატომური ბომბის საწინააღმდეგო პრინციპი: თუ ატომური ბომბში ატომის ბირთვი იხლიჩება და გამოიყოფა ენერგია. წყალბადის ბომბში მსუბუქი ატომები უერთდება უფრო მძიმე ატომებს, კერძოდ, ერთდება ბირთვული წყალბადის იზოტოპები: დეიტერეუმის ბირთვი ეჯახება თრითიუმის ბირთვს და უერთდება მას. ამ დროს გამოიყოფა დიდი ძალის ენერგია და წარმოიქმნება ჰელიუმის ბირთვი და ნეიტრონი. წყალბადის ბომბს „სუფთა“ ბომბი უწოდეს. ვინაიდან, ატომური ბომბისაგან განსხვავებით, იგი ჰაერს არ აბინძურებს რადიოაქტიური ნივთიერებებით. წყალბადის 2 იზოტოპის შეერთება ხდება მილიონ გრადუს ტემპერატურაზე. ასეთი ტემ-

პერატურა შეიძლება ატომური ბომბის აფეთქების შედეგად წარმოიქმნას. ამიტომ ამფეთქებლის როლში გამოდის წყალბადის ბომბში მოთავსებული ატომური ბომბი („ბინძური“), როგორც ჩანს, „სუფთა“ ბომბი სინამდვილეში არ არსებობს. წყალბადის ბომბის აფეთქება ძალიან სწრაფად ხდება. წყალბადის ბომბი, რომელიც ააფეთქეს ამერიკელებმა 1954 წელს წყნარ ოკეანეში, კუნძულ ბიკინზე, აღწევდა 17 მტ სიმძლავრეს. წყალბადის ბომბის დამანგრეველი ძალა 10-ჯერ და უფრო მეტად აჭარბებს ატომური ბომბის მოქმედებას. მისი მოქმედების ფაქტორები იგივეა, რაც ატომური ბომბისა, მხოლოდ უფრო ინტენსიური.

1945—56 წლებში ამერიკელების მიერ ჩატარებული ატომურა ბომბების გამოცდები ხშირად ემუქრებოდა სიცოცხლეს მთელ დედა-მიწაზე. ერთ-ერთი ასეთი გამოცდა ჩატარდა 1956 წლის 21 მაისს. რამაც მსოფლიოში დიდი აღშფოთება გამოიწვია. მფრინავი, რომელმაც წყალბადის ბომბი ჩამოაგდო, შეცდა 6 კმ მანძილით, რის შედეგადაც დაზარალდა მთელი რიგი კუნძულები.

1958 წელს ჩრდილოეთ კაროლინის შტატში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, თვითმფრინავმა „ბ-47-მა“ 24 მეგატონიანი ბომბი „დაკარგა“. იგი ჩავარდა რომელიღაც გლეხის ეზოში, მაგრამ არ აფეთქებულა, ვინაიდან მას ჰქონდა 6 დამცველი. როგორც შემდგომმა გამოძიებამ ცხადყო. 6 დამცველიდან მხოლოდ 1 იყო წესრიგში. ამ ერთსაც რომ „ელალატა“, აფეთქება გარდაუვალი იყო. ასეთი ბომბები ამერიკელებს ოკანებშიც „დაეკარგათ“.

1966 წლის 17 იანვარს ესპანეთში, სოფელ პალომერასის თავზე, ბომბდამშენი „ბ-52“ საწვავის ჩატვირთვისას ჰაერში დაეჯახა ცისტერნიან თვითმფრინავს „კს-135-ს“. თვითმფრინავის ნამსხვრევებში იპოვეს ეკიპაჟის წევრების შვიდი გვამი და 4-იდან 3 ბირთვული ბომბი, რომელიც ბომბდამშენს მიჰქონდა. დაკარგული 1 ბომბი დიდ საფრთხეს უქადდა საკმაოდ დიდი რაოდენობის მოსახლეობას. ვინაიდან ბომბი ზღვაში ჩავარდა, ის უნდა მოენახა საზღვაო ძალებს. შეიქმნა მძებნელების სპეციალური ჯგუფი კონტრადმირალის მეთაურობით. ჯგუფში შედიოდა 25 გემი. 3000 მეზღვაურით, 5 წყალქვეშა ნავი და რამდენიმე ასეული სამოქალაქო სპეციალისტი. დიდი ძებნის შემდეგ, რომელიც 80 დღეს გაგრძელდა, ბომბი აღმოჩინეს. სპეციალისტების აზრით, ბომბის აღმოჩენა შემთხვევითობას უნდა მიეწეროს, ვინაიდან თანამედროვე ტექნიკა ასეთ საქმეში უძლურია.

1968 წლის 21 იანვარს არქტიკაში დაიმსხვრა ამერიკული ბომბ-

დამშენი „ბ-52“, რომელსაც ბორტზე წყალბადის ბომბი ჰქონდა. ყინულზე დაცემისას აფეთქდა 4 დეტონატორი, რის შედეგადაც გარშემო გაიტყორცნა რამდენიმე კილოგრამი პლუტონიუმი.

რადიოაქტიურმა ღრუბელმა, რომელიც წარმოიქმნება ბირთვული იარაღის აფეთქების შედეგად, შეიძლება ორი კვირის განმავლობაში შემოუაროს დედამიწას. ასე მოხდა, მაგალითად, 1960 წელს საჰარაში ფრანგების მიერ ატომური ბომბის გამოცდის შედეგად. მეტეოროლოგებს ჭერჭერობით არ შეუძლიათ ზუსტად განსაზღვრონ რადიოაქტიური ღრუბლის გადაადგილების მარშრუტი, ვინაიდან იგი დამოკიდებულია ჰაერის მასების მოძრაობაზე, ქარებზე და სხვა ფაქტორებზე, რომლებიც დიდ სიმაღლეებზე ჭერჭერობით არ არის კარგად შესწავლილი.

დედამიწიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე საშუალო სიმძლავრის ბომბის აფეთქებისას წარმოიქმნება რადიოაქტიური ნაწილაკების თავისებური მდინარება 200 კმ/საათში სიჩქარით. ასეთი სიმძლავრის ბომბი ააფეთქეს 1973 წელს ჩინელებმა, რის შედეგადაც დღენახევრის შემდეგ რადიოაქტიური წვიმა მოვიდა კორეაში, ხოლო 2 დღის შემდეგ — იაპონიაში, სადაც რადიოაქტიურობამ 30.000-ჯერ გადააჭარბა ნორმალურ დონეს.

როდესაც რადიოაქტიური ნაწილაკები ატმოსფეროდან დედამიწის ზედაპირზე ჩამოდის ნალექების სახით, მოსახლეობისათვის იქმნება გარკვეული საშიშროება. ამიტომ მსოფლიო საზოგადოება გადაჭრიდა ილაშქრებს ბირთვული იარაღის გამოცდის წინააღმდეგ.

1963 წელს ნევადის შტატის უდაბნოში ამერიკელებმა ააფეთქეს ნეიტრონული ბომბი, რომელსაც თვითონ „ჰუმანური ბომბი“ დაარქვეს. ატომური ბომბებისაგან განსხვავებით, აქ დამაზიანებელი ფაქტორებიდან ძირითადია შეღწევადი რადიაცია, კერძოდ, ნეიტრონების ნაკადი. ნეიტრონული ბომბის მოქმედების რადიუსი მცირეა და ძირითადად ცოცხალ ძალას ანადგურებს. მისი მოქმედება ანადგურებს ყველაფერს ცოცხალს 2,5 კმ რადიუსით. ნეიტრონული ბომბის ტექნიკური მონაცემები პრესაში გარკვეული მიზეზების გამო არ ქვეყნდება. მხოლოდ ჰოლანდიის ტელევიზიამ გადასცა ინტერვიუ ნეიტრონული ბომბის შემქმნელთან — სამუელ კოენთან, რაც შემდეგ დაიბეჭდა დასავლეთ გერმანიის გაზეთ „დოიჩე ფოლკს-ცაიტუნგში“.

სამუილ კოენის განცხადებით, ჯერ კიდევ 1958 წელს აშშ-ის თავდაცვის სამინისტრომ მისცა მას წინადადება შეექმნა ატომური იარაღი, რომლის გამოყენება შეიძლებოდა საომარ ველზე. მან ეს შეძ-

ლო — ატომგულური სინთეზის საფუძველზე შექმნა ასეთი ბომბი. ავტორის განცხადებით, ბომბი წარმოადგენს რენტგენოაპარატს. რომელიც დაახლოებით 1000 მეტრის სიმაღლეზე სკდება ჰაერში და წარმოიქმნება ნეიტრონების ნაკადი, რომელიც ყოველივე ცოცხალს სპობს, ხოლო მატერიალური ფასეულობა ხელუხლებლად რჩება. ნეიტრონული ბომბის გამოყენებისას მძლავრი ნეიტრონული გამოსხივების შედეგად რამდენიმე წუთში ხდება ადამიანის პარალიზება, ე. ი ბომბი მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე (ადამიანს ეწყება გულისრევა, ლებინება, კუჭის აშლილობა. რის შედეგადაც იღუპება). აღნიშნული ბომბი ძირითადად ტანკებთან და მექანიზებულ ჯარებთან ბრძოლისათვის არის გამიზნული.

ნეიტრონული ბომბი მომეტებული რადიაციის იარაღად ითვლება, რომლის ინტენსივობა 5—6-ჯერ მეტია, ვიდრე ჩვეულებრივი ბირთვული იარაღისა. იგი შექმნილია არა როგორც სტრატეგიული საკონტინენტაშორისო იარაღი, არამედ „ლოკალური“ ატომური ომისათვის. ამ ბომბებით უნდა აღიჭურვოს „ლენისი“ (120 კმ მოქმედების რადიუსისა) ტიპის რაკეტები, რომლებიც განლაგებულია გერ-ში.

ამერიკელი იმპერიალისტები მოწინააღმდეგენ. რომ ასეთი „პემანური“ იარაღისადმი მოწინააღმდეგეს მეტი „პატივისცემა“ ექნება და მისი გამოყენება შესაძლებელია ომში.

დასავლეთ ევროპის პოლიტიკური და სამხედრო მოღვაწეები არ უარყოფენ, რომ ნატოს შეიარაღებული ძალების აღჭურვა ნეიტრონული ბომბებით მნიშვნელოვნად გაზარდის ატომური ომის საშიშროებას. სენატორ ედუარდ კენედის განცხადებით, ნეიტრონული ბომბის გამოყენება წაშლის ზღვარს ჩვეულებრივ და ატომურ კონფლიქტს შორის, ხოლო ყოფილი ჰიტლერელი გენერლის პოზინგერის განცხადებით, „ნეიტრონული ბომბის ნატოს შეიარაღებაში მიღება განსაკუთრებით საშიშია!“

ჰიროსიმა და ნაგასაკი მსოფლიოსათვის ითვლება რადიაციისაგან სიკვდილის ულმობელ აჩრდილად. მაშინ სიკვდილის ფაქტორი იყო აფეთქების შედეგად წარმოქმნილი გამა- და ნეიტრონული გამოსხივება. დასხივების დოზის სიდიდის მიხედვით, ადამიანი იღუპებოდა ან სწრაფად, ან აგონია გრძელდებოდა წლების მანძილზე. სიცოცხლისათვის მნიშვნელოვანი სისხლმბადი ორგანოების — ელენთისა და ძვლის ტვინის დაზიანების შემთხვევაში სიკვდილი სწრაფად ვითარდებოდა.

იყო ისეთი შემთხვევები, როცა დაავადება სიკვდილით რამდენიმე

წლის შემდეგ მთავრდებოდა, მანამდე მას ეძლეოდა ლეიკოზის სახე-  
ამ დაავადებისათვის, რომელიც ცნობილია აგრეთვე თეთრისისხლიანო-  
ბის სახელით, დამახასიათებელია დიდი რაოდენობით თეთრი ფორმი-  
ანი სისხლის სხეულაკების წარმოქმნა და ამიტომ მას მედიცინაში  
სისხლის კიბოსაც უწოდებენ (გარდა ამისა, პიროსიმაში გადაჩენილ-  
თაგან ბევრს თვალის ბროლის შემღვრევა — კატარაქტა დაემართა).

ახალი დაავადების ახსნაში, თუმცა პასიური, მაგრამ მნიშვნელო-  
ვანი როლი ითამაშა მიდორი ნაკაომ — ერთ-ერთმა ცნობილმა, იაპო-  
ნელმა მსახიობმა ქალმა. თეატრ „საკურატანის“ დასის 17 წევრი  
პიროსიმაზე ატომური ბომბის აფეთქების მომენტში აფეთქების ცენ-  
ტრიდან 700 მეტრზე იმყოფებოდა. მათგან 13 მაშინვე დაიღუპა,  
მხოლოდ 4 გადარჩა, მ. შ. იყო მიდორი ნაკაო, რომელიც შემდეგ  
ყვებოდა: „მე სამზარეულოში ვიყავი და საუზმეს ვამზადებდი კო-  
ლეგებისათვის. კრელი მსუბუქი ხალათი მეცვა. როდესაც ოთახი თეა-  
რი სინათლით გაქაშქაშდა, ვიფიქრე, ქვაბი გასკდა-მეთქი. მერე გონება  
დავკარგე, როდესაც გონს მოვეგე, ირგვლივ სიბნელე იდგა. მე და-  
მარბული აღმოვჩნდი სახლის ნანგრევებში. როდესაც ნანგრევებიდან  
გამოძრომა დავაპირე, ვიგრძენი, რომ სხეულზე მარტო პერანგი შემრ-  
ჩენოდა. სხეულზე კრილობები არ მქონია, მხოლოდ ნაკაწრები მანდა.  
ისლა მოვახერხე, რომ მდინარისაკენ გავიქეცი და წყალში ჩავხტი.  
ყველაფერს ცეცხლი ეკიდა... მე წყლის მდინარეებამ წამილო და ჯალრ-  
ჩობას ჯარისკაცებმა გადამარჩინეს“.

სხვებისაგან განსხვავებით, მიდორა ნაკაო ტოკიოს საუკეთესო  
ექიმების ხელში მოხვდა, მათ შორის იყვნენ ცნობილი იაპონელი რა-  
დიოლოგი მასაო სუზუკი და ჰემატოლოგი ჯინ მიაკე. ასე გაეცნენ  
ისინი ახალ დაავადებას, რომელიც პიროსიმაში დაიბადა. ეს იყო ე. წ.  
სხივური დაავადება.

სიცოცხლის უკანასკნელ დღეებში მსახიობი ქალი წერდა თავის  
დღიურში: „16 აგვისტოს მოვხვდი უნივერსიტეტის საავადმყოფოში.  
ჩემი სილამაზიდან აღარაფერი შემრჩა. დამეწყო თმის ცვენა“.

ავადმყოფის თეთრი ფორმიანი სისხლის ელემენტების რაოდენობა  
300-მდე დაეცა (ნორმა 8000), თავდაპირველად სხეულის ტემპერატუ-  
რა 37,8°C-მდე აღიოდა, პულსი 80-ს აღწევდა. 21 აგვისტოს კი ტემ-  
პერატურამ 41°-მდე აიწია, 23 აგვისტოს სხეულის სხვადასხვა უბან-  
ზე გაჩნდა მტრედის კვერცხის ოდენა იისფერი ლაქები. შემდეგ დღეს  
პულსმა 158-ს მიაღწია, ავადმყოფმა თითქოს უკეთესობა იგრძნო, მაგ-  
რამ სწრაფად დაიღუპა.

ამ შემთხვევის შემდეგ სუზუქიმ და მიაკემ პირველად აცნობეს კოლეგებს რადიაციული დაავადებისა და მისი მკურნალობის საშუალებათა შესახებ. შემდგომში მათ დაადგინეს, რომ ასეთი ავადმყოფისათვის საჭიროა, უპირველეს ყოვლისა, სიწყნარე და ცილებით, ვიტამინებით, მარილებით და კალციუმით მდიდარი საკვები, გარდა ამისა, სისხლმბადი ორგანოების დასახმარებლად აუცილებელია დიდი რაოდენობით C ვიტამინი.

ლოს-ალამოსის ლაბორატორიაში ექსპერიმენტების ჩატარებისას დაიღუპა კანადელი ფიზიკოსი სლოტინი, რომელიც ინდივიდუალურად აცვის საშუალებების გარეშე ატარებდა ცდებს და დიდი დოზით მიიღო დასხივება. 1945—46 წლებში მსგავსი ლაბორატორიული ავარიების შედეგად დაიღუპა კიდევ 12 ადამიანი; ხოლო 8-ს განუვითარდა სხივური დაავადება. ასეთი ავარიები სხვა ლაბორატორიებშიც მოხდა.

ჩვენთვის მეტად საინტერესოა ამერიკელების მიერ 1954 წ. 1 მარტს თერმოატომური ბომბის აფეთქების სურათი კუნძულ ბაიკინზე. იაპონურ თევზსაჭერ გემზე „ფუკურო მაჩუზე“ (რაც ბედნიერ დრაკონს ნიშნავს) 23 იაპონელი მეთევზე იყო. გემი მიცურავდა წყნარ ოკეანეში და დილის 6 საათისათვის 150 კმ-ით იყო დაშორებული ბიკინის ატოლიდან. რამდენიმე დღის განმავლობაში რადიოსადგურები აფრთხილებდნენ გემებს, რომ არ მიახლოებოდნენ კუნძულ ბაიკინს, სადაც უნდა მომხდარიყო წყალბადის ბომბის აფეთქება. გემი არც აპირებდა კუნძულთან მიახლოებას. ეკიპაჟი თავის საქმეს აკეთებდა — თევზს იჭერდა. და, აი, დღის 3 საათსა და 50 წუთზე მეთევზეებმა დაინახეს ცეცხლოვანი ბურთი, ხოლო 7 წუთის შემდეგ გაიგონეს ყრუ აფეთქების ხმა. რამდენიმე საათის შემდეგ გემზე დაიწყო მონაცრისფრო თოვლის მსგავსი ფერფლის ცვენა, რაც გრძელდებოდა 4 საათს. მეთევზეებს, რა თქმა უნდა, წარმოდგენაც არ ჰქონდათ იმაზე, რომ მთელი მათი დაჰკერილი თევზი უკვე მოწამლული იყო და თვითონაც დაავადდებოდნენ და დაიღუპებოდნენ. სალამოს ბევრს თავის ტკივილი, გულისრევა, ძლიერი დაღლილობა, კუჭ-ნაწლავის აშლილობა დაეწყო. რამდენიმე დღეში სხეულზე გამოაყარათ, ხოლო ერთი კვირის შემდეგ ორს დაეწყო კბილებიდან სისხლდენა, ზოგს — თმის ცვენა. მე-14 დღეს, როდესაც გემი დაბრუნდა იაპონიაში. ყველა მეთევზე უკვე მძიმედ იყო დაავადებული. ისინი საავადმყოფოში მოათავსეს, ხოლო დაჰკერილი თევზი მიწაში ჩაფლეს.

ავადმყოფები ნაწილობრივ გარე დასხივებით იყვნენ დაზიანებუ-

ლი, ნაწილობრივ კი — შიდა რადიოაქტიური გაბინძურებით. მეთევ-  
ზეებმა გაბინძურებულ გემზე 14 დღე-ღამე დაჰყვეს და რადიაციის  
დოზა, რომელიც მათ მიიღეს, შეადგენდა 27-იდან 440 რენტგენს.  
ფერფლის ანალიზმა გამოავლინა, რომ ის შეიცავდა რადიოაქტიურ  
იზოტოპებს — რუთენიუმს, ცირკონიუმს, ნიობიუმს, ცერიუმს, პრა-  
ზედელუმს, სტრონციუმსა და იტრიუმს; 17 მარტს გამოსხივების დოზა  
გემზე შეადგენდა 100 მიკრორენტგენს საათში, ხოლო ფერფლისა —  
0,37 კიურის გრამზე. საავადმყოფოში მეთევზეები საფუძვლიანად  
გამოიკვლიეს. მათ აღმოაჩნდათ რადიოაქტიურობა ნაღველსა და  
შარდში. ავადმყოფებმა სწრაფად დაიწყეს წონაში დაკლება. აპრილში  
მათ დაეწყოთ თმის ცვენა, კანის დეპიგმენტაცია და ეროზია, განსა-  
კუთრებით თავზე, მკერდზე და კისერში. აპრილიდან მაისის შუა  
რიცხვებამდე ავადმყოფებს აღენიშნებოდათ მაღალი ტემპერატურა,  
უმადობა, სისუსტე, თავის ტკივილი, კუჭ-ნაწლავის მძლავრი აშლი-  
ლობა. 6 მეთევზეს ლეიძლი საგრძნობლად გადიდებული ჰქონდა. მაი-  
სის ბოლოს დაავადებულთა მდგომარეობა თითქოს გაუმჯობესდა. 7  
თვის შემდეგ კი გარდაიცვალა რადისტი, ყველა ავადმყოფს აღმო-  
აჩნდა რადიოაქტიური ნივთიერებებით დაბინძურების ნიშნები, კერ-  
ძოდ, სისხლის თეთრი სხეულების საგრძნობი შემცირება, რაც სხივუ-  
რი დაავადების ტიპური მაჩვენებელი იყო. ამერიკაში ამ ფაქტს უარ-  
ყოფდნენ. ტოკიოს ორ საავადმყოფოში ჰოსპიტალიზებული ოცდასამი  
მეთევზის ბედი იაპონიის საზოგადოების დიდ აღშფოთებას იწვევდა,  
ასევე დიდად შეაძრწუნა მსოფლიოს საზოგადოებრიობა წყალბადის  
ბომბის პირველმა მსხვერპლმა.

მაინც რა მოხდა 1954 წლის 1 მარტს კუნძულ ბიკინზე „კესტლის“  
ოპერაციის განხორციელებისას?

ამერიკელებმა შეარჩიეს შესაფერისი მეტეოლოგიური პირობები,  
რომელსაც უნდა უზრუნველყო გატარებული ლონისძიების უსაფრ-  
თხოება. მაგრამ მათ გამორჩათ შესაძლებელი მეტეოპირობების მკვეთ-  
რად შეცვლა და თბური გამოსხივება ბომბის აფეთქებისას. ამ პირო-  
ბების გაუთვალისწინებლობის შედეგად მოხდა მარჯნის რიფების  
აორთქლება და მალა ატმოსფეროში ორთქლის კრისტალიზაცია,  
წარმოიქმნა მარჯნის ფერფლი, რომელიც შეიცავდა რადიოაქტიურ  
იზოტოპებს. ეს რადიოაქტიური ფერფლი გადაადგილდა ღრუბლის სა-  
ხით 20 — 25 კმ/სათში სიჩქარით. ღრუბლიდან ფერფლი თოვლის  
მსგავსად თანდათანობით დაეშვა დაბლა და გაბინძურდა 18000 კმ<sup>2</sup>  
ტერიტორია, დაზიანდა 267 კაცი, ყველაზე მეტად კი კუნძულ რონ-



გელაპის მცხოვრები პოლინეზიელები, რადგანაც თითოეულმა მიიღო დასახეების დოზა 175 რენტგენამდე, ხოლო დანარჩენი კუნძულების მცხოვრებლებმა დოზა 14-იდან 175 რენტგენამდე.

1954 წლის 22 მარტიდან თევზის მოვაჭრეებმა დაიწყეს თავიანთი ნაწარმის რადიოაქტიურობის კონტროლი და სპეციალური ბეჭდით აღნიშვნა: „გარანტირებულია არარადიოაქტიურობა“. მიუხედავად ამისა მოსახლეობამ თევზის ყიდვა შეწყვიტა. 1954 წლის 9 მაისს იაპონიის საზღვაო ნავსადგურში, იუკოჰამაში, დაბრუნდა თევზსაჭერი გემი „მისაკი-მარუ“, რომლის ეკიპაჟი უკვე დაავადებულიყო. ამავე დღეს ქალაქ საპოროში (კუნძულ პოკაილოზე) მოვიდა რადიოაქტიური თოვლი. მეორე დღეს აღმოჩნდა, რომ 2 იაპონური გემი, რომლებიც კუნძულ ბიკინიდან 1 300 კმ-ზე იყვნენ, რადიოაქტიურობით გაბინძურებულიყო.

2 მაისს გაირკვა რომ მიძიდ დაავადდნენ დოლის ცენები, რომლებიც ახალი ზელანდიიდან მიჰყავდათ იაპონიაში გემით და გაიარეს გზა მარშალის კუნძულებიდან 1500 კმ დაშორებით. შემდეგ დღეებში იაპონიის სამხრეთ სანაპიროზე დაავადდა ზღვის შუქურის პერსონალი. როგორც გაირკვა, ისინი სვამდნენ რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაბინძურებულ წყალს. ასევე ოსაკის სააეადმყოფოში აღმოჩნდა კიდევ 5 მეზღვაური, რომელთაც აღმოაჩნდათ სხივური დაავადება.

კუნძულ ბიკინზე წყალბადის ბომბის გამოცდა 4 წელზე მეტხანს მიმდინარეობდა. უკანასკნელი აფეთქება მოხდა 1958 წ. 22 ივლისს.

ამერიკელებს მიაჩნდათ, რომ კუნძული, რომელიც 7600 კმ-ით იყო დაშორებული კალიფორნიიდან და 3800 კმ-ით იაპონიიდან, იდეალური პოლიგონი იქნებოდა წყალბადის ბომბის გამოსაცდელად. ამიტომ ადგილობრივი მოსახლეობა გადაასახლეს დროებით სხვაგან, 160 კმ დაშორებით, კუნძულ რონგერიკზე. მოსახლეობამ მხოლოდ 1968 წელს მიიღო უკან დაბრუნების ნებართვა, მაგრამ, სულ 10 წლის წინათ ედემის მსგავსი კუნძული ახლა უდაბნოდ იყო ქცეული და რადიოაქტიურობით გაბინძურებული. თუ რამე ცოცხალი არსება გადაარჩა, ისიც დაზიანებული იყო რადიოაქტიურობით. კუნძულზე მომრავლდნენ ვირთხები, რომლებსაც დაეკარგათ ადრინდელი ჩვეულა ქცევები. საინტერესოა, რომ ისინი აღარ ეკარებოდნენ დასაქერად კიბორჩხალებს, რომლებიც მაღალრადიოაქტიურები იყვნენ (ცნობილია, რომ ვირთხები როგორღაც გრძნობენ რადიაციის საშიშროებას, რაც ჭირაც აუხსნელია). ამერიკელებმა კუნძულზე ჩაატარეს ნიადაგის რადიაციისაგან წმენდა, რეკულტივაცია, ფინანსური დახმარებაც

გაუწიეს მცხოვრებლებს და 1947 წელს მოხერხდა მათი დაბრუნება კუნძულზე. მაგრამ როგორც შემდეგ დადგინდა, გარემო რადიოაქტიურობით ძლიერ იყო გაბინძურებული.

1960 წლის ივლისში ხიროსიმაში სხივური დაავადებით გარდაიცვალა 24 წლის სიროკი ტაკაკი, რომელიც ატომური აფეთქების დროს 9 წლისა იყო. არის ცნობები იმის თაობაზეც, რომ ხიროსიმის მცხოვრები ისიკარო სხივური დაავადებით გარდაიცვალა ბომბარდირებიდან 15 წლის შემდეგ.

ბევრ შემთხვევაში სხივური დაავადება აღმოაჩნდათ ადამიანებს, რომლებიც დაიბადნენ ხიროსიმასა და ნაგასაკიში ბომბარდირების შემდეგ მაგ., ასეთი ბედი ეწია 13 წლის მოსწავლეს კენძი კაძამას. დედამისი კატასტროფის მეორე დღეს წასულა ხიროსიმაში დედის სანახავად, თვითონ კი ამ დროს 5 თვის ორსული ყოფილა და დანგრეულ ქალაქში, როგორც ჩანს, დასხივების ის დოზა მიუღია, რომელიც შემდეგ სასიკვდილო აღმოჩნდა ბავშვისთვის 13 წლის ასაკში. პიროსიმაში, სპეციალიზებულ საავადმყოფოში, სადაც მკურნალობენ ატომური აფეთქების მსხვერპლთ, 1974 წლის პირველ ნახევარში გარდაიცვალა 30 კაცი. აღმინისტრაციის ცნობით, 1974 წლის პირველ ნახევარში პოსპიტალიზებული იყო 370 მძიმე ავადმყოფი, რომლებმაც საშუალოდ საავადმყოფოში დაჰყვეს 112 დღე. აქედან მეოთხედს აღმოაჩნდა კუჭის და ფილტვების კიბო ან ლეიკოზი, 36%-ზე მეტს—სკლეროზის მძიმე ფორმა და სისხლის სისტემის დაავადებანი.

ზემოაღწერილი ცნობები შესაძლებლობას გვაძლევს წარმოვიდგინოთ ამ ტიპის იარაღის გამოყენების შედეგები.

თანამედროვე ბირთვული იარაღი, მასში გამოყენებული რეაქციის ხასიათის მიხედვით, პირობით სამ ტიპად იყოფა:

1. ბირთვული იარაღი, რომელსაც აქვს რეაქცია ურან-235-ის ან პლუტონიუმ-239-ის მძიმე იზოტოპების გახლეჩით. რაც ხდება ამ იზოტოპების ბირთვებიდან გამოსხივებული თავისუფალი ნეიტრონების მოქმედების შედეგად. გახლეჩის სპონტანური რეაქციის გასაქლიერებლად, რაც იწვევს ბირთვულ აფეთქებას, აუცილებელია, რომ ხლეჩადი ნივთიერების მასა მეტი იყოს ამ იზოტოპის განსაზღვრულ სიდიდეზე, საჭიროა ე. წ. კრიტიკული მასა. ასეთ პირობებში თითოეული ბირთვის გაყოფისას წარმოიქმნება 2 თავისუფალი ნეიტრონი, რომლებიც იწვევენ 2 ახალი ბირთვის გაყოფას და წარმოიქმნება 4 ნეიტრონი, ისინი თავის რიგად იწვევენ 4 ბირთვის გაყოფას და წარმოიქმნება 8 ნეიტრონი და ა. შ. მიმდინარეობს ჯაჭვური რეაქცია გეო-

მეტრიული პროგრესიით. ყოველი ბირთვის გახლეჩის შედეგად გამოყოფა  $32 \cdot 10^{-12}$  BT ენერგია. ურან-235-ის კრიტიკული მასა შეადგენს  $36 \cdot 10^{12}$  BT. ამ დროს წარმოიქმნება ცეცხლოვანი ბურთი, რომლის შიგა ტემპერატურა 10 მილიონ °C აღწევს.

2. თერმობირთვული იარაღი, რომელიც დაფუძნებულია ბირთვების რეაქციაზე წყალბადის იზოტოპების — დეიტერიუმისა და თრითიუმის, ჰელიუმის ბირთვების წარმოქმნით 1 — 10 მილიონ °C ტემპერატურაზე. თითოეული ჰელიუმის ბირთვის სინთეზის დროს გამოყოფა ენერგია  $0,8 \cdot 10^{12}$  ტოლი, ე. ი. 40-ჯერ მცირე, ვიდრე ურან-235-ის ბირთვის გახლეჩის დროს. მაგრამ ერთი გრამი დეიტერიუმი შეიცავს  $300 \cdot 10^{21}$  ატომს, ხოლო ერთ გრამ ურან-235-ში მხოლოდ  $2,5 \cdot 10^{21}$  ატომია, ე. ი. 120-ჯერ ნაკლები, ვიდრე დეიტერიუმში. შესაბამისად, ბირთვული საწვავის ერთნაირი მასის შემთხვევაში ენერგიის ჯამური გამოსავალი სინთეზის რეაქციისას 3-ჯერ მეტია, ვიდრე გახლეჩის რეაქციის დროს. მაღალი ტემპერატურა, რომელიც საჭიროა დეიტერიუმისა და თრითიუმის სინთეზის რეაქციისათვის, იქმნება ურან-235-ის ან პლუტონიუმ-239-ის გახლეჩის შედეგად. ამრიგად, ჩვეულებრივი ბირთვული მუხტი წარმოადგენს თერმობირთვული იარაღის დენტს.

3. კომბინირებული ბირთვული იარაღი, რომელიც დაფუძნებულია ასეთ რეაქციაზე: გახლეჩა — სინთეზი — გახლეჩა.

დეიტერიუმისა და თრითიუმის ბირთვების სინთეზის შედეგად წარმოიქმნება მაღალენერგეტიკული ნეიტრონები (ენერგია 14 მეე), რომელთა მოქმედების შედეგად შეიძლება მოხდეს ისეთი სტაბილური იზოტოპების ბირთვების გახლეჩა, როგორცაა ურან-238, კომბინირებული ბომბის გარე გარსი, რომელიც ურან-238-ისაგან შედგება, ამ შემთხვევაში ბირთვულ მუხტად ითვლება.

გაძლიერებული შეღწევადი რადიაციის ნეიტრონული იარაღი ეკუთვნის მცირე სიმძლავრის თერმობირთვულ იარაღს, რომლის განმასხვავებელ სახეს წარმოადგენს გამოყოფილი ენერგიის გადანაწილება ნეიტრონულ გამოსხივებად.

ბირთვული იარაღის სიმძლავრე განისაზღვრება ტრინიტროტოლუოლის ეკვივალენტური დამანგრეველი ძალით და გამოისახება ტონებით, კილოტონებითა და მეგატონებით. 1945 წელს ჰიროსიმასა და ნაგასაკიზე ჩამოგდებული ბომბები იყო, შესაბამისად, 13 და 22 კილოტონის სიმძლავრისა. თანამედროვე ბირთვული იარაღის სიმძლავრის დიაპაზონია 1 კილოტონიდან 100 მეგატონამდე.

ბირთვული იარაღის დამაზიანებელი ფაქტორებია გამოსხივება, შეღწევადი რადიაცია, ელექტრომაგნიტური იმპულსი, დარტყმითი ტალღა და რადიოაქტიური დაბინძურება. აფეთქების მომენტში წარმოიქმნება მოციისფრო-თეთრი სინათლის მკვეთრი ნათება. ეს არის მაღალი ინვენსივობის ულტრაიისფერი გამოსხივება, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს სხეულის ღია ნაწილების დამწვრობა და დროებითი სიბრმავე ასეული კილომეტრის რადიუსით წყნარ ამინდში. ერთდროულად გამოსხივდება შეღწევადი რადიაცია, რომელიც შედგება გამოსხივებისა და ნეიტრონების ნაკადისაგან. გამოსხივები ვრცელდება სინათლის სხივის სიჩქარით (300 ათასი კმ/წამში). ხოლო ნეიტრონები თითქმის ორჯერ ნაკლები სიჩქარით (160 ათასი კმ/წამში), ამასთანავე, მას ასუსტებს ჰაერი (აფეთქების ცენტრიდან 1,6 კმ მანძილზე 3-ჯერ სუსტდება, ხოლო 2,8 კმ მანძილზე — 15-ჯერ).

გამა-რადიაცია ურთიერთმოქმედებს ატმოსფეროს ატომებიან და წარმოქმნის თავისუფალ ელექტრონებს, რომელიც დედამიწის მაგნიტური ველის გავლენით აჩქარდება და მიიმართება მისი ძალოვანი ხაზების გასწვრივ, შედეგად წარმოიქმნება ელექტრომაგნიტური იმპულსი, რომელსაც შეუძლია მწყობრიდან გამოიყვანოს რადიოკავშირისა და სხვა რადიოელექტრონული მოწყობილობა, აგრეთვე ელექტროგადამცემი ხაზები. იმპულსის ამპლიტუდა არ არის დიდი, მაგრამ, თუ აფეთქება ხდება ატმოსფეროს ზედა ფენებში, მაშინ ელექტრომაგნიტური იმპულსი დედამიწის დიდ ტერიტორიაზე ვრცელდება.

შელწევადი რადიაცია, რომელიც მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმზე, იწვევს უჯრედების დაზიანებას. ნეიტრონების მიერ გამოწვეული დაზიანების ეფექტი 10-ჯერ მეტია, ვიდრე გამა-გამოსხივებისა ერთი და იმავე ინტენსივობის გამოსხივებისას. გარდა ამისა, ნეიტრონების მოქმედების შედეგად ზოგიერთი ელემენტის ატომები რადიოაქტიურად გარდაიქმნა, ე. ი. ხდება დარადიოაქტივება და დამატებით წარმოიქმნება გამა- და ბეტა-გამოსხივება. ისინი შეერევიან აფეთქების შედეგად წარმოქმნილ ღრუბლებში და მის გადაადგილებასთან ერთად ხდება გარემოს რადიოაქტიური გაბინძურება.

აფეთქებისა და შეღწევადი რადიაციის წარმოქმნისთანავე ცეცხლოვანი ბურთი თანდათანობით ძალიან იზრდება და მისი ნათება მზის ნათებაზე ძლიერია, ხოლო საბოლოო დიამეტრი დამოკიდებულია იარაღის სიმძლავრესა და გარემო პირობებზე, ე. ი. იმაზე, თუ სად მოხდა აფეთქება: ჰაერში, მიწის ქვეშ, წყალში თუ კოსმოსში. 1 მეგატონის სიმძლავრის იარაღის ცეცხლოვანი ბურთის დიამეტრი 2,2 კმ-ს აღწევს

10 წამში, ხოლო 20 კილოტონის სიმძლავრის იარაღის ცეცხლოვანი ბურთისა — 460 მეტრს 1,5 წამში.

ცეცხლოვანი ბურთი გამოასხივებს აფეთქების ენერჯიის 35%-ს ხილული და ინფრაწითელი სპექტრის ფარგლებში. ამ სხივური ენერჯიის მოქმედების შედეგად აალებს ან დანახშირდება ყველა საწვავი მასალა, ხოლო სხეულის ღია ნაწილებზე წარმოიქმნება მძიმე დამწვრობა. მაგ., პიროსიმაში წარმოიქმნა ცეცხლოვანი შტორმი, რომელმაც მოიცვა 11,6 კმ<sup>2</sup> ფართობი.

ცეცხლოვან ბურთთან ერთად ჩნდება დარტყმითი ტალღა, რომელიც ვრცელდება ყველა მიმართულებით 350 მ/წ სიჩქარით, რაც აღემატება ბგერის სიჩქარეს (330 მ/წ). ეს იმას ნიშნავს, რომ ზოგ შემთხვევაში ცეცხლოვანი ბურთის დანახვიდან დარტყმითი ტალღის მოსვლამდე შეგვიძლია დამალვა ან უბრალოდ დაწოლა მიწაზე პირქვე. აფეთქების ენერჯიის დაახლოებით 50% დარტყმით ტალღად გარდაიქმნება, რომლის დაზიანებითი მოქმედება გამოიხატება ზემდგომი დაწნევით. წამის შემდეგ წარმოიქმნება გაიშვიათებული ფაზა, ხოლო შემდგომ — ძლიერი, გამკოლი ქარი, რომლის სიჩქარეა რამდენიმე ასეული მეტრი წამში და აქვს დამანგრეველი მოქმედება. ბირთვული იარაღის ჰაერში აფეთქებისას დარტყმითი ტალღის მოქმედება მაქსიმალურია, ამასთან ერთად, მას ემატება დედამიწის ზედაპირიდან არეკვლილი ტალღა, რომელსაც მახეს ეფექტს უწოდებენ. გარდა დანგრევისა, დარტყმითი ტალღა იწვევს ხანძარს ელექტროგადამცემი ხაზების ბენზინსაცავების, გაზმომარაგების სისტემების დაზიანების შედეგად.

გარემოს რადიოაქტიური დაბინძურება ხდება დაახლოებით 200 რადიოიზოტოპით, აქედან თითოეულს აქვს თავისი ნახევრად დაშლის პერიოდი და დამახასიათებელი გამოსხივება. ალფა- და ბეტა-გამოსხივებას აკავებს ტანსაცმელი და საშიშია მხოლოდ ორგანიზმში მისი მოხვედრა ჰაერის, საკმლის, წყლისა და ღია კრილობის გზით. რადიოაქტიურმა მტვერმა სხეულის ღია ნაწილების დაბინძურებისას შესაძლებელია გამოიწვიოს დამწვრობა. გარედან დასხივებისას გამა-გამოსხივება ღრმად აღწევს ორგანიზმში. რადიოიზოტოპების დაშლის შედეგად რადიაციის დონე გარემოში თანდათან მცირდება; ადგილმდებარეობის ყველაზე ძლიერ დაბინძურებას იწვევს კომბინირებული ბირთვული იარაღი, ხოლო ყველაზე მცირე — თერმობირთვული იარაღი.

ბირთვული იარაღის მიზანში მოსახვედრად შექმნილია სპეციალუ-

რი საშუალება — ამ იარაღის მიმტანი. ამჟამად ბირთვული იარაღის მიმტან საშუალებად ითვლება:

1. დედამიწაზე ბაზირებული საკონტინენტთაშორისო ბალისტიკური რაკეტები, რომელთაც ეკუთვნის „მინიტმენის“ და „მზ“ ტიპის რაკეტები.

2. საკონტინენტთაშორისო ბალისტიკური რაკეტები, რომელთაც ბაზა წყალქვეშა ნაგებზე აქვთ. ამათ ეკუთვნის „ტრაიდენტის“ ტიპის რაკეტები;

3. შორეული მოქმედების „ბ-52“, „ბ-1“ ტიპის თვითმფრინავ-ბომბდამშენები;

4. ფრთოსანი რაკეტები, რომლებიც „ბ-52“ თვითმფრინავებზეა მოწყობილი ან დედამიწაზეა ბაზირებული;

5. საშუალო რადიუსის მოქმედების „პერშინგ-2“ ტიპის ბალისტიკური რაკეტები;

6. საშუალო რადიუსის მოქმედების სპეციალური თვითმფრინავები.

დიდი სახელმწიფოების შეიარაღების არსენალში დაგროვილია 50 ათასზე მეტი ზირთვული იარაღი. მილიტარიზაცია ემუქრება კოსმოსურ სივრცეს.

საბჭოთა სახელმწიფო მუდმივად იღვწის ატომური და თერმო-ატომური იარაღის აკრძალვისათვის.

დაახლოებით მეოთხედი საუკუნის წინ ცნობილი ინგლისელი სამხედრო თეორეტიკოსი ლ. ჰარტი წერდა: „იღვწოდე მოიგო ომი, მიზნად ისახავდე გამარჯვებას — ეს არის წმინდა სიგიჟე. ტოტალური ომი ბირთვული იარაღის გამოყენებით დალუპავ იქნება ორივე მხარისათვის“.

ამავე წლებში გაისმოდა საწინააღმდეგო ხმებიც: „ჩვენ, — ამტკიცებდა ამერიკული წყალბადის ბომბის მამა ე. ტელერი, — შევძლებთ შევინარჩუნოთ ჩვენი მოსახლეობის უმრავლესობა“.

სპეციალისტებს და პოლიტიკურ მოღვაწეებს კარგად ესმით, რომ რაკეტულ-ბირთვულ იარაღს შეუძლია მოსპოს მეომარი ქვეყნები მთლიანად. ტრადიციული, ამერიკელების მიერ შექმნილი მესამე მსოფლიო ომის სცენარები, თითქმის ერთნაირია: ბირთვული კონფლიქტი დაიწყება ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში, სადაც დაილუპება მოსახლეობის 95%, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროს ზოგიერთი ქვეყნის მოსახლეობა შესაძლებელია გადარჩეს. მაგრამ მეცნიერული კვლევების შედეგებმა ეს მოჩვენებითი იმედებიც გააქარწყლა, რადგან

დამტკიცდა, რომ ხანგრძლივი კლიმატური და ბიოლოგიური ომის შედეგები პლანეტისთვის კატასტროფული აღმოჩნდება: ბირთვულა დარტყმები ქალაქებსა და სამრეწველო ცენტრებში გამოიწვევს მასობრივ ხანძარს; მკვარტლს, შხამიანი აირებისა და ფერფლისაგან წარმოქმნილი მკვრივი ღრუბელი შთანთქავს და გაფანტავს მზის სინათლეს; მცირე დროში დედამიწის ზედაპირზე ტემპერატურა დაახლოებით რამდენიმე ათეული გრადუსით დაიწევს. ოზონის ფენის დარღვევასთან დაკავშირებით მრავალჯერადად გაიზრდება ულტრა-იისფერი სხივების ნაკადი, რომელიც სასიკვდილოა ყველა ცოცხალი არსებისათვის. დადგება „ბირთვული ზამთარი“. ამასთანავე ერთად ატომური ელექტროსადგურების, საკვლევი რეაქტორების, ბირთვულა სათბობსაცავების და ატომური მრეწველობის საწარმოების დანგრევა მკვეთრად გაზრდის გარემოს რადიოაქტიურ გაბინძურებას. როგორც პიდრომეტეოროლოგიის სპეციალისტებმა დაადგინეს, ძირფესვიანად გარდაიქმნება ჰაერის ნაკადების ცირკულაციის სისტემა ატმოსფეროში. კლიმატური კატასტროფა, დაწყებული ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში. რამდენიმე კვირაში გავრცელდება მთელ პლანეტაზე.

ეს დასკვნები გამოტანილია საბჭოთა, ამერიკელი და აგრეთვე სხვა ქვეყნების მეცნიერთა კვლევის შედეგად, რაც არაერთხელ იყო მოხსენებული საერთაშორისო კონფერენციებზე.

ყველა ეს მონაცემი მრავალჯერ გაიანგარიშეს საბჭოთა და ამერიკელმა მეცნიერებმა ელექტრონულ გამომთვლელ მანქანებზე. მხედველობაში იყო მიღებული წელიწადის დრო, ნაწილაკების სიდიდე, რომელიც ხვდება ატმოსფეროში, აეროზოლის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, დედამიწაზე მისი დალექვის სიჩქარე და მრავალი სხვა მონაცემი. ძალიან დიდ ფარგლებში მერყეობდა ასაფეთქებელი ბირთვული იარაღის სიმძლავრე (100-იდან 10000 მეგატონამდე). კვლევისთი სამუშაოები რალაც წვრილმანებში განსხვავდება ერთმანეთისაგან, მაგრამ ერთი. რაც მთავარია, ემთხვევა ერთმანეთს — ერთი და იგივეა კრიტიკული წერტილი, რომელზეც იწყება ბირთვული ომის შემდგომი კლიმატური, ეკოლოგიური, ბიოლოგიური და სამედიცინო გლობალური შედეგების გრძელი ჯაჭვი. აღმოჩნდა, რომ დედამიწაზე ცივილიზაციის და საერთოდ სიცოცხლის მოსასპობად, საკმარისია აფეთქდეს 100 მეგატონის საერთო სიმძლავრის ბირთვული იარაღი, ე. ი. ერთ პროცენტზე უფრო მცირე სიმძლავრისა, ვიდრე ამჟამად დაგროვილი ბირთვული არსენალია.

ჭერ კიდევ 1955 წელს გამოჩენილი ფიზიკოსი ა. აინშტაინი და

ცნობილი ფილოსოფოსი და მათემატიკოსი ბ. რასელი მანიფესტში, რომლითაც მიმართავენ კაცობრიობას, წერდნენ: „ჩვენ უნდა ვისწავლოთ აზროვნება ახლებურად, ჩვენ უნდა დავეუსვათ კითხვა საკუთარ თავს არა იმის თაობაზე, თუ რა ნაბიჯები უნდა გადავდგათ იმ მხარის გამარჯვებისათვის, რომელსაც ჩვენ ვეკუთვნით. ჩვენ საკუთარ თავს სხვა კითხვა უნდა დავეუსვათ: რომელი ნაბიჯის გადადგმა არის საჭირო იმისათვის, რომ არ დავეშვათ სამხედრო ბრძოლა, რომლის შედეგი იქნება კატასტროფა ყველა მონაწილისათვის...“ ამიტომ ყველას უნდა ახსოვდეს, რომ ბირთვული იარაღი, რომელიც დედამიწაზეა დაგროვილი, არის კოლექტიური მსოფლიო თვითმკვლელობის საშუალება.

ჩვენს პლანეტაზე მცხოვრები ყველა ადამიანის ვალია არ დაუშვას ბირთვული ომი. ჩვენ ყველაფერი უნდა გავაკეთოთ იმისათვის, რომ შევინარჩუნოთ მშვიდობა.

## თ ა ვ ი VII

### მშვიდობიანი ატომი

ატომური ენერჯიის აღმოჩენამ გრანდიოზული პერსპექტივები დასახა მისი მშვიდობიანი გამოყენებისათვის. ამჟამად ბირთვულ ენერჯიას სახალხო მეურნეობის თითქმის ყველა დარგში იყენებენ. ელექტროენერჯიის მისაღებად შექმნილია ბირთვულენერგეტიკული დანადგარები. მსოფლიოში ატომური ელექტროსადგურების მშენებლობას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება, როგორც მძლავრ ენერგეტიკულ წყაროს, რომელზედაც დამოკიდებულია კაცობრიობის შემდგომი განვითარება და მძლავრი მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის შექმნა. ატომური ელექტროსადგურები, გარდა იმისა, რომ ელექტროენერჯიას იძლევა. გამოიყენება აგრეთვე როგორც წყლის გამტკნარების და სითბოს მომცემი საშუალება.

ბირთვულმა ენერჯიამ ფართო გამოყენება პოვა მრეწველობაში, მეტალურჯიასა და მანქანათმშენებლობაში, მაიონიზებული გამოსხივების საშუალებით სწავლობენ ლითონთა ცვეთის ხარისხს სხვადასხვა შენადნობში, ლეტალში, ამოწმებენ ბზარებისა და დეფექტების არსე-



ბობას ლითონებსა და კონსტრუქციებში (ე. წ. სამრეწველო დეფექტოსკოპიის მეთოდი).

დიდი მნიშვნელობა აქვს ბირთვული ენერჯის გამოყენებას ქიმიური პროცესების წარმოებაში, მისი გამოყენებით ხდება ნივთიერებათა კატალიზური თვისებების შესწავლა, ბუნებრივი და ხელოვნური ნაერთებიდან ნივთიერებათა გამოყოფა სამრეწველო თვალსაზრისით, ქიმიური შემადგენლობის ანალიზი ნეიტრონული აქტივაციის მეთოდით, მაღალმოლეკულური ნაერთების პოლიმერიზაცია, კაუჩუკის ვულკანიზაცია და სხვ.

რადიოიზოტოპების დახმარებით შეგვიძლია კონტროლი გავუწიოთ გამოშვებული ზოგიერთი პროდუქციის (ქალაღის ფურცლები, ხელოვნური ტყავი, კარტონი. მინა, ალუმინი, აგრეთვე ფურცლოვანი პლასტმასა) სისქეს; რადიოიზოტოპების დახმარებით იზომება თოქლის სისქე იმ ადგილებში, სადაც ზამთარში შეუძლებელია ადამიანის მისვლა, შეიძლება აგრეთვე საგნის სიმკვრივის გაზომვა, სითხის დონის დადგენა.

მეტალურგიაში საჭირო სუფთა შენადნობების მისაღებად ფართოდ იყენებენ რენტგენოსტრუქტურულ ანალიზს, ელექტრონულ მიკროსკოპიას და რადიოიზოტოპებს.

## 1. რადიაცია ბიოლოგიასა და მედიცინაში

ჩვენი საუკუნის ბოლო მეოთხედში რადიაციამ ფართო გამოყენება პოვა ისეთ დარგებში, რომლებიც უკავშირდება ცოცხალ ორგანიზმებს.

განსაკუთრებით დიდია მაიონიზებული გამოსხივებისა და რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენების როლი ბიოლოგიურ გამოკვლევებში. შეიძლება ითქვას, რომ ზოგიერთი თანამედროვე ბიოლოგიური მეცნიერება (ბიოქიმია, ფიზიოლოგია და სხვ.) წარმოუდგენელია კვლევის რადიაციული მეთოდების გამოყენების გარეშე, ხოლო შედარებით ახალგაზრდა მეცნიერების—მოლეკულური ბიოლოგიის წარმოშობას ამ მეთოდებს უნდა ვუმადლოდეთ.

კვლევის ერთ-ერთი ფართოდ გავრცელებული მეთოდია ნიშანდებული ატომების. ანუ რადიოინდიკატორული მეთოდი. ნიშანდებულ ატომებად იყენებენ ხელოვნურ რადიოაქტიურ იზოტოპებს, რომლებიც ქიმიური თვისებებით არ განირჩევა შესაბამისი სტაბილური ელემენტებისაგან, მაგრამ მათი ბირთვი არამდგრადია და სწრაფად იშლება.

დაშლისას კი გამოასხივებს ალფა- და ბეტა-ნაწილაკებს და გამა-კვანტებს. გამოსხივება შეიძლება აღმოვაჩინოთ და გავზომოთ სპეციალური ხელსაწყოების საშუალებით. სწორედ ამით სარგებლობენ, როცა სურთ აღმოაჩინონ ორგანიზმში შეყვანილი იზოტოპი, განსაზღვრონ რა დროში და რა რაოდენობით დაგროვდა ამა თუ იმ ორგანოში, ქსოვილში ესა თუ ის იზოტოპი.

აღნიშნული მეთოდის მამამთავრად ითვლება ნობელის პრემიის ლაურეატი ჰროფესორი დ. ხევეში, რომელიც 1911 წელს მუშაობდა მანჩესტერის უნივერსიტეტის ფიზიკის ფაკულტეტზე ერნესტ რეზერფორდის ხელმძღვანელობით. იგი იკვლევდა რადიუმის დაშლის შედეგად წარმოქმნილ გამოსხივებას. რადიუმის გამოყოფა საჭირო გახდა რადიუმის შემცველი ძველი მინის ამპულებიდან. რომლებიც გამოყენებული იყო სამედიცინო მიზნებისათვის. მაგრამ ეს იძლეოდა რადიუმ-D-ს მცირე რაოდენობით, რაც ცდებისათვის არ იყო საკმარისი, ამიტომ საჭირო შეიქნა რადიუმ-D-ს გამოყოფა ურანის მადნიდან. რომელშიაც რადიუმი ტყვიასთან იყო შერეული. რეზერფორდმა შესთავაზა ხევეშს ეცადა რადიუმ-D-ს მიღება ურანის მადნიდან. ხევეშმა, როგორც თვითონ მოგვითხრობს, მაქსიმალური ძალა მოანდომა ამ საქმეს, მაგრამ წარმატებას ვერ მიაღწია (ამის მიღწევა კი ნიშნავდა საოცრებას, ვინაიდან რადიუმ-D თვით შეადგენს ტყვიის იზოტოპს, მისი ქიმიური შემადგენლობა და თვისებები იგივეა, რაც სტაბილური ტყვიისა). წარუმატებლობაზე ფიჭრის შედეგად იგი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ რადგანაც რადიუმ-D-ს გამოყოფა შეუძლებელია ტყვიისაგან, ამიტომ შესაძლებელია განსაზღვრულ ტყვიის შენაერთს დავუმატოთ რადიუმ-D. გამოვიწვიოთ ქიმიური რეაქცია და შემდგომ გამოვიყენოთ ასეთი „ნიშანდებული“ ტყვია, გავზომოთ რადიოაქტივობა და თვალისადავინოთ მისი იონების მოძრაობას.

1912 წელს ხევეში ვენაში, რადიუმის ინსტიტუტში. შეხვდა ასისტენტ ფერიც პანეტს, რომლისაგანაც გაიგო, რომ ისიც წარუმატებლად ცდილობდა რადიუმის გამოყოფას ტყვიისაგან. 1912 წლის ბოლოს ხევეშმა გაუგზავნა წერილი პანეტს, რომელშიაც ის წინადადებას აძლევდა, რომ დაენიშნა აზოტმჟავა ტყვია რადიუმ-D-თი, გამოეყო ტყვია სულფიდის სახით და განესაზღვრა ამ შენაერთის ხსნადობა ელექტროსკოპის დახმარებით — გაეზომა რადიუმ-D-ს ნაწილი, რომელიც ფილტრატში გაივლიდა. 1913 წლის იანვრის დამდეგს დაიწყო ექსპერიმენტი.

ასეთი იყო ცდა რადიოაქტიური ნიშანდებული ატომის პირველად

გამოყენებისა. ასე დაიწყო რადიონდიკატორული მეთოდით კვლევის პირველი ნაბიჯები და ამიტომაც ითვლება პროფესორი ხევეში ამ მეთოდის მამამთავრად.

თუ რადიოაქტიურ იზოტოპს შენაერთის სახით შევიყვანთ ცოცხალ ორგანიზმში, იგი ორგანიზმზე იმოქმედებს ზუსტად ისევე, როგორც სტაბილური ატომი, ხოლო გამოსხივება საშუალებას მოგვცემს თვალი ვადევნოთ ორგანიზმში მის მოძრაობას. რადიოაქტიური იზოტოპები ორგანიზმში შეჰყავთ ძალიან მცირე რაოდენობით და მათი გამოსხივება ორგანიზმისათვის მავნე არ არის. ნიშანდებულ ატომებად იყენებენ აგრეთვე არარადიოაქტიურ იზოტოპებს, სტაბილურ იზოტოპებს, რომელთაც განსხვავებული ატომური მასა აქვთ. ასეთია, მაგალითად, აზოტ-15. თუ რადიოაქტიური იზოტოპების აღმოჩენა ცოცხალ ორგანიზმში შეიძლება მის დაუზიანებლად, სტაბილური იზოტოპის აღმოჩენა. რომელიც „ნიშანდებულად“ გამოიყენება, საჭიროებს ორგანიზმიდან მის გამოყოფას და რთული ქიმიური ანალიზების ჩატარებას.

ნიშანდებული ატომების გამოყენებით შესაძლებელი გახდა ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის გამოკვლევა. მათი საშუალებით დადგენილია არა მარტო ქიმიური გარდაქმნები, რომლებიც მიმდინარეობს ორგანიზმში, არამედ ისიც, თუ რა სიჩქარით ხდება ეს გარდაქმნები. შესაძლებელი გახდა აგრეთვე ორგანიზმში მიმდინარე პროცესების შესწავლა დინამიკაში. მაგალითად, დიდი ხანია ცნობილია, რომ სისხლნაკლებობის დროს ორგანიზმში კვების პროდუქტებთან ერთად შეჰყავთ რკინა, ვინაიდან ის შედის ჰემოგლობინის — სისხლის წითელი პიგმენტების შემადგენლობაში, რომლის საშუალებითაც ხდება ორგანიზმში ჟანგბადის გადატანა. სწორედ ნიშანდობლივი ატომის დახმარებით გახდა შესაძლებელი იმის დადგენა, რომ სისხლის დაკარგვის დროს ორგანიზმში აქტიურად შეიწოვს მას და ორგანიზმში შეყვანიდან რამდენიმე საათის შემდეგ ის აღმოჩნდება ჰემოგლობინის შემადგენლობაში, ჭანბრთელ ორგანიზმში რკინის შეყვანისას კი ასეთ ეფექტს ვერ ვღებულობთ — რკინა ცუდად შეიწოვება. ვინაიდან ორგანიზმში მის საჭიროებას არ განიცდის.

ასევე დაადგინეს ფოსფორის მნიშვნელობა ორგანიზმისათვის. გამოკვლევებით აღმოჩნდა, რომ კვების პროდუქტებთან ერთად მიღებული ფოსფორის 48% 4 საათის შემდეგ გროვდება ძვლებში, ხოლო 25% — კუნთებში.

მძიმე რადიოაქტიური იზოტოპის-თრითიუმის დახმარებით დადგინდა, რომ ორგანიზმში წყლის მოლეკულა ორ კვირას რჩება. ამ

დროის განმავლობაში წყალი შეიწოვება სისხლში, გადადის უჯრედებში, შედის იქ წარმოქმნილ მოლეკულებში, ხოლო მათი დაშლის შემდეგ კვლავ ხედება სისხლში და გამოიყოფა გარეთ თირკმელების საშუალებით.

დიდი ხანია ცნობილია, რომ ორგანიზმი მუდმივად განიცდის განახლებას სიცოცხლისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებების მიწოდების შედეგად. მაგრამ არაფერ იცოდა, რომ ეს განახლება — ერთი ატომების შეცვლა მეორე ატომებით, ერთი მოლეკულებისა — მეორეთი მიმდინარეობს უჯრედებში სწრაფად და გამუდმებით. მხოლოდ ნიშანდობლივი ატომების მეშვეობით გახდა შესაძლებელი ამ პროცესებისათვის თვალის გადავლება, ორგანიზმში მოხვედრილი ცილებისა და ამინომჟავების ბედის გაგება.

სპეციალური ქიმიური მეთოდებით ნიშანდებული აზოტ-15, თრიითიუმი, ნახშირბად-14 შეჰყავთ ამინომჟავების მოლეკულაში და თვალს ადევნებენ ცილების ცვლას. ამ მეთოდის გამოყენებამდე მეცნიერებს მიაჩნდათ, რომ საკვების ცილებს ორგანიზმი იყენებდა „სათბობად“, ხოლო უჯრედების სტრუქტურული ცილები ცვდება და ძალიან ნელა ახლდება. პირველი ცდები ამ მიმართულებით ჩაატარა გერმანელმა მკვლევარმა რ. შენჰაიმერმა ჯერ კიდევ 30-იან წლებში. ვირთავვას საკვებს — ამინომჟავა ლეიცინს — იგი უმატებდა ნიშანდებულ აზოტ-15-ს. რამდენიმე ხნის შემდეგ ეს აზოტი აღმოჩნდა კუნთების ცილებსა და შინაგან ორგანოებში, სამ დღეში კი იზოტოპის 30% შარდით გამოიყო ორგანიზმიდან, ხოლო 70% შეუერთდა ქსოვილების ცილებს. ცხოველებზე ცდებით დადგენილია, რომ ცილების „ნახევრად განახლების“ პერიოდი, ე. ი. დრო, რომელიც საჭიროა ამა თუ იმ ქსოვილში არსებული ცილების მოლეკულების ნაწილობრივად დასაშლელად და ხელახლა ასაშენებლად, არ არის დიდი. სისხლის ფიბრინოგენისათვის იგი შეადგენს 17 საათს, ხოლო კუნთებში ცილების ნახევრად განახლების პერიოდი მერყეობს 20-დან 70 დღემდე.

იზოტოპურ გამოკვლევებამდე ძვლის ქსოვილს ძლიერ სტაბილურად, გაუახლებლად მიიჩნევდნენ. რადიოაქტიური ფოსფორ-32-ისა და კალციუმ-45-ის გამოყენების შემდეგ დადგენილია, რომ მოზრდილი ადამიანის ჩონჩხში წლის განმავლობაში 4% კალციუმი ახლდება. ნივთიერებათა ცვლის პროცესები განსაკუთრებით სწრაფად მიმდინარეობს ძვლის მოტეხილობისას. პირველ საათებში იწყება კალციუმი-სა და აგრეთვე სხვა მინერალური ნივთიერებების იონების ინტენსიური გადაადგილება მოტეხილობის ადგილისაკენ და ვითარდება შეხორ-

ცების პროცესი. ამ მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა მკურნალობის სწორად წარმართვა, განსაკუთრებით ეფექტურია იგი რაქიტით დაავადებულთა სამკურნალოდ.

ნიშანდებულმა ატომებმა დიდი როლი ითამაშეს ჩვენი საუკუნის შუა პერიოდში ბიოლოგიის დარგში მომხდარ რევოლუციაში. მას იყენებდნენ დნმ-ს, მემკვიდრეობის ძირითადი ნივთიერების შენების გაშიფრვაში, ე. წ. გენეტიკური კოდის ამოცნობაში, ცილის ბიოსინთეზის მექანიზმის გამოკვლევაში, რომელიც უჯრედებში მიმდინარეობს.

რადიოაქტიურ ნახშირბად-14-ს იყენებენ ფოტოსინთეზის, დედამიწაზე ამ ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი სასიცოცხლო პროცესის, მექანიზმის გამოკვლევაში. ფოტოსინთეზის გამოსაკვლევად ნახშირ-ჟანგი რადიოაქტიურ ნახშირბადთან ერთად შეჰყავთ კამერაში, რომელშიც მოთავსებულია გამოსაკვლევი მცენარე. განსაზღვრული დროის გასვლის შემდეგ ატარებენ მცენარის ქსოვილების ბიოქიმიურ ანალიზს და საზღვრავენ რომელ ნაერთებშია რადიოაქტიური ნახშირბადი, ნიშანდებული ატომების შესწავლის მეთოდმა ცხადყო, რომ ფოტოსინთეზის პირველსავე წუთებში წარმოიქმნება არა მარტო ნახშირწყლები, როგორც აღრე ეგონათ, არამედ ცხიმებისა და ცილების მოლეკულებიც.

მაიონიზებელ გამოსხივებას იზოტოპური მეთოდით მიმართავენ მხოლოდ ნიშანდებით, რაც საშუალებას იძლევა თვალი გავადევნოთ იზოტოპის ბედს ორგანიზმში. სხვა გამოკვლევებში მაიონიზებელი გამოსხივების გავლენას ორგანიზმზე სხვადასხვა ბიოლოგიური, პირველ ყოვლისა, მემკვიდრეობისა და მუტაგენეზის პრობლემების გადასაწყვეტად იყენებენ. რადიაციულმა გენეტიკამ, რომელიც შეისწავლის რადიაციით გამოწვეულ მემკვიდრეობით ცვლილებებს, დიდი როლი ითამაშა მემკვიდრეობითობის ზოგადი კანონების დადგენაში.

რადიაცია ორგანიზმის ემბრიონული განვითარების პერიოდში იწვევს რღვევას. ამ დროს უჯრედები, რომლებიც დიფერენცირების პროცესშია, რადიაციისადმი ზემოქმედებლობას განიცდის და ამიტომ რადიაციის გავლენა ამ დროს უფრო ძლიერად გამოიხატება. მაგ., ვირთაგვას დასხივება ემბრიონული განვითარების მე-8 დღემდე არ იწვევს ნერვული სისტემის დარღვევას, ხოლო დასხივება მე-9 — მე-15 დღეს იწვევს თვალის დეფექტებს, ჩონჩხის აგებულებისა და მთელი ცენტრალური ნერვული სისტემის დარღვევას, მე-16 — მე-17 დღეს — თავის ტვინის დიდი ჰემისფეროების ქერქის დაზიანებას.

ამრიგად, მაიონიზებელი გამოსხივება ექსპერიმენტატორის ხელ-

ში ემბრიონის განვითარებისა და ორგანოების ჩასახვის კანონზომიერების დასადგენ ინსტრუმენტად იქცევა.

მნიშვნელოვანი პრობლემის, კერძოდ, უჯრედის ციტოპლაზმისა და მისი ბირთვის ურთიერთდამოკიდებულებისა და კვერცხუჯრედის განვითარებაში მათი როლის დასადგენად ბ. ასტაუროვიმა გამოიყენა მაიონიზებული გამოსხივება.

ამავე მეთოდს იყენებენ იმუნიტეტის გამოსაკვლევად. იმისათვის, რომ დაადგინონ ამა თუ იმ ცხოველისა და ადამიანის ორგანიზმი როგორ დაიცვან უცხო ცილებისაგან, ინფექციისაგან, საჭიროა იცოდნენ, თუ რომელ ორგანოებში წარმოიქმნება ანტისხეულები, ე. ი. ცილოვანი ნივთიერებანი, რომლებიც ხედებიან სისხლში, ახდენენ ბლოკირებას და აუვნებლებენ ბაქტერიების მიერ გამოყოფილ შხამებს. როგორც ცნობილია, დასხივება ძლიერ თრგუნავს ორგანიზმის იმუნურ თვისებებს. გარკვეული დოზით დასხივებულ ორგანიზმს დაკარგული აქვს ბაქტერიებისაგან თავდაცვის უნარი. ამიტომ სხივური დაავადებისას ხშირად სიკვდილის მიზეზი ხდება არა სხივური დაზიანება, არამედ თანდართული ინფექციური დაავადება. ბაქტერიები, რომლებიც ნაწლავებში იყო და დასხივებამდე არაერთაზრ მავნე მოქმედებას არ იჩენდნენ, სხივური დაზიანებისას გადადიან სისხლში და იქ მრავლდებიან. ადრე მიჩნეული იყო, რომ დასხივება თრგუნავდა ანტისხეულების წარმოქმნას, რაც შემდგომში დადგინდა კიდევ. ცდები ტარდებოდა ორი მიმართულებით: ცხოველებს (თაგვებს) ასხივებდნენ ისეთი დოზით, რომელიც იწვევდა ანტისხეულების წარმოქმნის დათრგუნვას; ამავე დროს ტყვიის ფირფიტით ზოგავდნენ ცხოველის ორგანიზმის იმ ნაწილს (მუცელი, მკერდი და სხვ.), სადაც ფიქრობდნენ, რომ წარმოიქმნებოდა ანტისხეულები. დაადგინეს, რომ ცხოველების ელენთის, ლიმფური ჯირკვლების, ღვიძლის, ძვლის ტვინის ეკრანიზება იცავს ცხოველს და მის იმუნიტეტს.

ცდებით დადასტურეს, კერძოდ, რომელ ორგანოებში წარმოიქმნება ანტისხეულები. ამისათვის დასხივებულ ცხოველებში, რომლებსაც დაკარგული ჰქონდათ ანტისხეულების წარმოქმნის უნარი. შეჰყავდათ ჭანმრთელი ცხოველების ელენთის, ღვიძლისა და სხვა ორგანოების უჯრედები. ასეთ შემთხვევაში ხდებოდა იმუნიტეტის აღდგენა.

დასხივებით ანტისხეულების წარმოქმნის დათრგუნვას იყენებენ ქსოვილებისა და ორგანოების გადანერგვის დროს. ქირურგიის ეს ნაწილი ამაჟამად განვითარების დიდ გზაზე დგას, მას აქტიურად იყენებენ, კერძოდ, გულისა და სხვა ორგანოების გადანერგვისას, ამ დროს

ყველაზე დიდი სირთულე და მთავარი წინააღმდეგობაა არა გადანერგვის ოპერაციის სირთულე, არამედ ორგანიზმის იმუნური რეაქცია. სხვადასხვა ორგანიზმს თავისი განსაკუთრებული თვისებები აქვს. თუ ორგანიზმში უცხო ცილა შეიჭრება, მაგალითად, გადანერგვის შედეგად. გაძლიერდება ანტისხეულების წარმოქმნა და სხვა იმუნური რეაქციები. რამდენიმე ხნის შემდეგ უცხო ქსოვილი მოშორდება და დაიღუპება. ასეთი პროცესი მიმდინარეობს კანის, თირკმელების გადანერგვისას ერთი ადამიანიდან მეორეზე. გამონაკლისია გადანერგვა ერთკვერცხუჯრედიანი ტყუპების შემთხვევაში, ვინაიდან ერთკვერცხუჯრედიან ტყუპებს ერთნაირი გენები და ერთნაირი აგებულების ცილები აქვთ (სწორედ ამიტომაც ძალიან ჰგვანან ერთმანეთს).

გადანერგილი ორგანოს (გული, თირკმელები) მოშორება რომ არ მოხდეს, გადანერგვის წინ ავადმყოფს დაასხივებენ რენტგენის ან გამასხივებით.

რადიაციას იყენებენ აგრეთვე მთელი რიგი ბიოლოგიური და სამედიცინო პრობლემების გადასაწყვეტად, მაგალითად, დაბერების პროცესების ექსპერიმენტული შესწავლისათვის. რამდენადაც დასხივება იწვევს ნააღრევ სიბერეს (სიბერის სხვადასხვა ნიშანი გამოვლინდება დროზე ადრე).

აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ მიზნად არ დავვისახავს ამ ნაშრომში ყველა იმ ბიოლოგიური და სამედიცინო პრობლემის გაშუქება. რომელიც მაიონიზებელი გამოსხივების ან ნიშანდებული ატომების გამოყენებით ხდება, რადგან ასეთი პრობლემა ძალიან ბევრია. ჩვენ აქ მხოლოდ ზოგიერთი მათგანი მიმოვიხილეთ და ისიც ზედმიწევნით მოკლედ.

როგორც ცნობილია, რენტგენის სხივების აღმოჩენისთანავე დაიწყო მათი გამოყენება დაავადების სადიაგნოსტიკოდ და სამკურნალოდ. განსაკუთრებით ფართოდ იყენებენ რენტგენის სხივებს ფილტვების მდგომარეობის გამოსაკვლევად. ჩვენს ქვეყანაში სისტემატიურად ტარდება მოსახლეობის გამოკვლევა ფლუოროგრაფიის მეტოდით, რომლის დასხივების დოზა უმნიშვნელოა, მაგრამ საშუალებას იძლევა დაავადება გამოავლინოს საწყის პერიოდში და ადამიანი განვკურნოს.

რენტგენის გამოსხივება შესაძლებლობას გვაძლევს დავსვათ ძვლების, კუჭის, თირკმელების, გულსა და სხვა ორგანოების დაავადების დიაგნოზი. რადიოიზოტოპების და ნიშანდებული ატომების დახმარებით ვიკვლევთ განსაზღვრული ორგანოს მოქმედებას, ნორმიდან გა-

დაჭრას და დაავადების ნიშნებს ორგანოში. ასეთ სადიავნოსტიკო ტიპურ მაგალითად შეიძლება დავასახელოთ ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის გამოკვლევა. ამ მიზნით იყენებენ რადიოაქტიურ იოდს.

იოდი, რომელიც ადამიანის ორგანიზმში ხვდება, თითქმის მთლიანად გროვდება ფარისებრ ჯირკვალში. ამ ჯირკვალს იოდი სჭირდება პორმონ თიროქსინის გამოსამუშავებლად, რომელიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ორგანიზმში მიმდინარე სხვადასხვა პროცესში. თუ თიროქსინის გამომუშავება ძალიან დიდი რაოდენობით ხდება, ავადმყოფი ზედმეტად გაღიზიანებულია, აწუხებს უძილობა, დარღვეული აქვს გულის მუშაობა, რაც უფრო ხშირია ქალებში.

იოდის მოთხოვნილებასა და თიროქსინის გამომუშავებას შორის არსებობს განსაზღვრული დამოკიდებულება. რაც უფრო მეტ პორმონს გამოიმუშავებს ფარისებრი ჯირკვალი, მით უფრო მეტი იოდი სჭირდება მას.

ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის გამოკვლევა შედარებით მარტივია. გამოსაკვლევ პირს უზმოზე აძლევენ დასაღვეად „ატომურ კოქტეილს“ — მცირე რაოდენობით წყალს კალიუმის იოდთან და ნიშანდებულ რადიოაქტიურ იოდთან (131-I) ერთად. იოდი ხვდება სისხლში და იწყებს დაგროვებას ფარისებრ ჯირკვალში. ფარისებრი ჯირკვლის არეზე ათავსებენ სცინტილაციურ მთვლელს, რომლის საშუალებითაც შეგვიძლია თვალი ვადევნოთ და გავზომოთ რადიოაქტიური იოდის განმსაზღვრელი აქტივობა. შარდის რადიოაქტიურობის გაზომვით დიაგნოზის დადგენა ხდება შემდეგნაირად: იოდის რაოდენობას, რომელიც გადადის შარდში, ადარებენ მიღებულს და შემდეგ ნორმალურ მონაცემებთან ამ ორი მონაცემის შედარებით განსაზღვრავენ ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციას. მისი გაზრდილი მოქმედების შედეგად შეინიშნება იოდის გაძლიერებული დაგროვება ფარისებრი ჯირკვლის ქსოვილში და შემცირებული გამოყოფა შარდით. თუ ფუნქცია შესუსტებულია, მაშინ აღმოჩნდება ნაკლები რადიოაქტიურობა ჯირკვალში და დიდი რაოდენობა — შარდში. როგორც ვხედავთ, იოდის უმცირესი რაოდენობის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა ავადმყოფის გასინჯვა ამბულატორიულ პირობებში, ამასთანავე სრულიად უსაფრთხოდ როგორც სამედიცინო პერსონალისათვის, ისე პაციენტისა და გარემოსათვის.

დიაგნოსტიკურ მეთოდთა უმეტესობა ემყარება იმ პრინციპს, რომ ზოგიერთ ორგანოს აქვს თვისება შერჩევით დააგროვოს განსაზღვრული ელემენტები და რადიოიზოტოპები. ამიტომ სპეციალისტების



წინაშე დგას ამოცანა: გამოიხატონ ისეთი რადიოიზოტოპები და ნიშანდებული ატომები, რომლებიც სელექციურად კონცენტრირდება დაავადებულ ორგანოებში.

რადიოიზოტოპულ მეთოდებს გამოკვლევის მიზნის მიხედვით ყოფენ რამდენიმე ჯგუფად:

1. ცალკეული ორგანოების (მაგ., ფარისებრი ჯირკვლის, თირკმლის, ღვიძლის, ძვლის ტვინის და ა. შ.) ფუნქციების გამოკვლევა, ე. წ. ფუნქციური დიაგნოსტიკა;

2. გამოსაყვლევი ორგანოს გამოსახულების მიღება რადიოაქტიური გამოსხივების საშუალებით, რომელსაც ის გამოასხივებს, თუ მასში დაგროვდა რადიოაქტიური ნივთიერება, ე. წ. ტოპოგრაფიული დიაგნოსტიკა;

3. ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ტევადობის განსაზღვრა (პლაზმის მოცულობა, ერითროციტების საერთო მოცულობა, წყლის მოცულობა ორგანიზმში და სხვ.).

ქვემოთ მოვიყვანთ მაგალითებს ცალკეული ჯგუფებიდან.

განვითარებულ ქვეყნებში და ჩვენშიც თითქოს არ არსებობს ადამიანი, რომელსაც რენტგენული გამოკვლევა არ ჩაუტარებია. ამიტომ ასე თუ ისე. რენტგენის პროცედურები თითქმის ყველასათვის ცნობილია. ჩვენ აქ შევეხებით მხოლოდ ზოგიერთი რადიოაქტიური იზოტოპის გამოყენებას დაავადებათა სადიაგნოსტიკოდ და სამკურნალოდ.

დაახლოებით 100 წლის წინათ ერთმა ცნობილმა ექიმმა თქვა: „ავადმყოფი რომ მინასავით გამჭირვალე იყოს, მაშინ ჩვენ ადვილად შევძლებდით დაავადების წყაროს დადგენას“. რენტგენის სხივების აღმოჩენამ მართლაც მინასავით გამჭვირვალე გახადა ადამიანის ორგანიზმი და ექიმებს შესაძლებლობა მისცა „შეეხედათ“ შიგ, რადიოაქტიურმა ნივთიერებამ კი შესაძლებელი გახადა თვალი ადევნონ ისეთ პროცესებს, რომელთა ახსნა ცოტა ხნის წინათ სრულიად მიუწვდომელი ეჩვენებოდათ.

ბირთვული ენერჯის არაერთარ სხვა გამოყენებას არ შეეძლო ადამიანისათვის მიეცა ისეთი უშუალო და მრავალმხრივი სარგებლობა, როგორც მისცა რადიოიზოტოპებისა და რადიაციის გამოყენებამ სამედიცინო მეცნიერებას დიაგნოსტიკისა და თერაპიის დარგში.

როგორც აღვნიშნეთ, თანამედროვე მედიცინაში რადიოინდიკატორულ მეთოდს ფართოდ იყენებენ სადიაგნოსტიკო საშუალებად. რადიოიზოტოპებისა და ნიშანდებული ატომების საშუალებით შესაძლებელი ხდება შედარებით ზუსტად დადგინდეს მრავალი დაავა-

დება და მათი სტადიები. საგანგებო ხელსაწყოებისა და მეთოდების სრულყოფის შედეგად მოხერხდა ბევრ შემთხვევაში დადგენილიყო რადიოაქტიური ნივთიერებების შეთვისება და შემდგომ გამოყოფა ნაღვლის საშუალებით.

აქტივობის გაზომვით რეგისტრირდება სისხლში საღებავის შემცირება და მისი დაგროვება ღვიძლში. მიღებული მრუდის საშუალებით განისაზღვრება ღვიძლის ფუნქციის დარღვევის დონე. ამ მეთოდს წარმატებით იყენებენ ახალშობილების ნაღვლგამტარის თანდაყოლილი დახშულობის დასადგენად.

ადამიანის ორგანიზმში სისხლი სიცოცხლისათვის საჭირო ბევრ ფუნქციას ასრულებს. არსებობს რადიონიდიკატორული მეთოდით სისხლის გამოკვლევის სხვადასხვა მეთოდი. ის, თუ კვლევის რომელი მეთოდი უნდა შეირჩეს, დამოკიდებულია გამოკვლევის მიზანზე.

სისხლის წითელი ბურთულები — ერითროციტები, რომელთა ვარემეც შეუძლებელია სუნთქვა, შეიცავს ჰემოგლობინს, რომელიც, თავის მხრივ, შეიცავს მცირეოდენ რკინას და სისხლს წითელ ფერს აძლევს. თუ ორგანიზმში შევიყვანთ რადიოაქტიურ რკინას, ის ჩაერთვება ერითროციტებში და ჩვენ შესაძლებლობა გვექნება თვალი ვადევნოთ მათ წარმოქმნას ძვლის ტვინში. ასევე შეგვიძლია გამოვიკვლიოთ სხვა მნიშვნელოვანი პროცესები.

რადიოაქტიური ქრომისა და რკინის საშუალებით განისაზღვრება ერითროციტების სიცოცხლისუნარიანობა, რაც ჰემატოლოგიური დაავადებების დიაგნოსტიკისა და სისხლის გადასხმისას საჭირო კონსერვირებული სისხლის ვარგისიანობის დადგენის საშუალებას იძლევა.

ავთვისებიანი სისხლნაკლულობის დიაგნოსტიკისათვის გამოიყენება რადიოაქტიური  $B_{12}$  ვიტამინი, რომელშიც შედის ნიშანდებული რადიოიზოტოპი —  $^{60}Co$ .

რადიონიდიკატორულ მეთოდს ხშირად იყენებენ თირკმლების ფუნქციების გამოსაკვლევად — რადიორენოგრაფიისათვის. ნიშანდებულ რადიოაქტიურ იოდთან ერთად ორგანული შენაერთის — ჰიპურანის გამოყენებით იკვლევენ ორივე თირკმელს, ზომავენ იზოტოპის გამა-გამოსხივებას, რაც საშუალებას იძლევა თვალი ვადევნოთ ნიშანდებული ჰიპურანის გავლას თირკმლებში. ასეთი გამოკვლევისას რადიაციული დატვირთვა მინიმალურია. ამიტომ მისი გამოყენება შეიძლება ბავშვებში, რომელთა უროლოგიური გამოკვლევები სხვა მეთოდებით დიდ სიძნელებთან არის დაკავშირებული.

ღვიძლის ფუნქციას იკვლევენ საღებავების საშუალებით — ბენგალური ყვითლით (ტეტრაიოდ-ტეტრაქლორ-ფლიურორესცენინი). რადიოაქტიურ იოდ<sup>131</sup>-ით ნიშანდებული ეს ნივთიერება შეჰყავთ ავადმყოფის ვენაში. ღვიძლის უჯრედები კი სისხლიდან სელექციურად ითვი-სებენ მას.

მთელი რიგი დაავადებისას (რევმატიზმი, სისხლძარღვთა ჰიპერტონია) სისხლის ნაკადის სიჩქარე მცირდება. ამიტომ დიაგნოზისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს სისხლის მიმოქცევის გაზომვას, რაც რადიონდიკატორული მეთოდით შეიძლება. ამ მიზნით პაციენტს ვენაში შეუყვანენ რადიოაქტიურ ნატრიუმ-24-ს ნატრიუმ-ქლორიდის ხსნარას სახით. წამფზომით საზღვრავენ დროს, თუ რამდენი ხნის შემდეგ იწყებს მთელელი რადიოაქტიურობის რეგისტრირებას. ამ შემთხვევაში სხეულის სხვადასხვა ადგილას ათავსებენ მთელელებს და ზომავენ რადიოაქტიურობას, რის შედეგადაც მიიღება რადიოციკულოგრა-მა — მრუდი, რომლის საშუალებითაც აღგენენ გადახრებს სისხლის მიმოქცევაში.

გულის მოქმედების გამოკვლევას რადიონდიკატორული მეთოდით რადიოკარდიოგრაფია ეწოდება. ამ შემთხვევაში რადიონდიკატორად უფრო ხშირად იყენებენ რადიოაქტიური იოდით (<sup>131</sup>-I) ნიშანდებულ ალბუმინს. მთელელი თავსდება გულის არეში და აქტივობა რეგისტრირდება ავტომატურად. მიღებულ მრუდს აქვს 2 მაქსიმუმი:

1. რადიოაქტიური ნივთიერება გაივლის გულის მარჯვენა ნახევარს და გადადის ფილტვებში; 2. ნიშანდებული სისხლი ბრუნდება გულის მარცხენა ნაწილში. მაქსიმუმებს შორის მანძილით ხასიათდება სისხლის ცირკულაციის დრო სისხლის მიმოქცევის მცირე წრეში. ამ გზით შესაძლებელია დადგინდეს დარღვევები გულის მუშაობაში და ფილტვების სისხლის მიმოქცევაში.

მნიშვნელოვან სადიაგნოსტიკო საშუალებად ითვლება მთელი სხეულის დეტექტორი. ეს ტექნიკურად ძალიან რთული დანადგარია ადამიანის ორგანიზმის საერთო რადიოაქტიურობის გასაზომად, მაგრამ იგი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ყველა რადიოიზოტოპი ან ნიშანდებული ატომი, რომელიც ორგანიზმშია გაზომვის პერიოდში. რამდენიმე ხნის გასვლის შემდეგ გაზომვით შეიძლება იმის დადგენაც, თუ რა რაოდენობის რადიოაქტიური ნივთიერება დარჩა ორგანიზმში, გარდა აღნიშნულისა, ამ მეთოდით შესაძლებელია ორგანიზმის რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაბინძურების დონის დადგენა, შეიქ-ლება აგრეთვე ორგანიზმის ფიზიოლოგიური ფუნქციების გამოკვლევა.

ასეთი დანადგარები ამჟამად არის ლენინგრადში, რადიაციული ჰიგიენის ინსტიტუტში, და მოსკოვში — ბიოფიზიკის ინსტიტუტში. ამ დანადგარების საშუალებით ადგენდნენ, თუ რა რაოდენობის რადიონუკლიდი ცეზიუმ-137 გროვდებოდა ადამიანის ორგანიზმში ბირთვული იარაღის გამოცდის შედეგად.

აქვე განვიხილავთ ფარისებრი ჯირკვლის მდგომარეობას მაშინ, როდესაც მასში დაგროვდა და მაქსიმუმს მიაღწია რადიოაქტიურმა იოდმა. ფარისებრი ჯირკვალი ამ დროს გამოასხივებს ყველა მიმართულებით, მაგრამ მას თუ დაეუპირისპირებთ ტყვიის ტუბუსში ჩასმულ ვიწროხვრელიან დეტექტორს და თანაც ისე, რომ ფარისებრი ჯირკვლის განსაზღვრული უბნიდან წამოსული სხივები ხედებოდეს დეტექტორს, მაშინ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ჯირკვლის რომელ უბანში დაგროვდა უფრო მეტად რადიოაქტიური იოდი. რადიოაქტიურობის თანამიმდევრობითი გაზომვით ფარისებრი ჯირკვლის სხვადასხვა წერტილში მიიღება ფარისებრი ჯირკვალში რადიოაქტიურობის განაწილების სურათი. იგი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ორგანოს ფორმა და სიდიდე, აგრეთვე ცვლილებები ორგანოს შინაგან სტრუქტურაში. ამ გზით შესაძლებელია დადგინდეს ფარისებრი ჯირკვლის კიბოს დიაგნოზიკა. როდესაც დაავადება ისეთ სტადიაშია, რომლის დროსაც წარმოიქმნება მეტასტაზები — კიბოს შეიღეული კერები, მაშინ რადიოაქტიური იოდი გროვდება ორგანიზმში ყველგან, სადაც კი ეს კერები ვითარდება, და, ამრიგად, ზუსტად შეიძლება განისაზღვროს მეტასტაზების ადგილმდებარეობა.

სხეულის ცალკეული ნაწილების გამოკვლევა ინდიკატორის აღმოსაჩენად რთული პროცედურაა და დიდ დროს მოითხოვს. ამიტომ მას ამჟამად იშვიათად მიმართავენ. ახლა იყენებენ დანადგარს, რომელიც ავტომატურად გადაადგილდება ელექტრომოტორის საშუალებით, დეტექტორთან სინქრონულად მოძრაობს მწოლარე ავადმყოფის მიმართულებით და ჩამწერი მოწყობილობა ფოტომგრძობელ მასალაზე ახდენს რადიოაქტიურობის რეგისტრირებას, რის შედეგადაც მიიღება გამოკვლეულ არეზე რადიოაქტიურობის განაწილების სურათი.

### რადიაცია დაავადებათა წინააღმდეგ

დაავადებათა სამკურნალოდ რადიაციის გამოყენებას პირობით შეიძლება ვუწოდოთ ბომბარდირება, ანუ იმ დაავადებული ქსოვილების მოსპობა, რომლებიც კიბოთი არის დაავადებული და რომელთა

შველა სხვა საშუალებებით შეუძლებელია. რადიაციით შეიძლება ორგანიზმის სიღრმეში ისეთ ადგილებში შეღწევა, სადაც ვერც სკალპელი მისწვდება და ვერც რაიმე სხვა საშუალება.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ჭერჭერობით რადიაციით მკურნალობის მეთოდი ტლანქია და ამიტომ სპეციალისტები მუშაობენ მის დახვეწაზე. სანამ კიბოს პრობლემა არ გადაწყდება, რადიაცია ითვლება ერთ-ერთ ეფექტურ მეთოდად ადამიანის ამ ულმობელი დაავადების წინააღმდეგ ბრძოლაში.

ჭერ კიდევ მარი სკლოდოვსკა-კიური და პიერ კიური გაეცნენ თავისი ექსპერიმენტების დასაწყისში რადიაციის მავნეობას, ე. წ. „ციცეხლს“. პიერ კიურის პიჯაკის ჯიბეში ედო რადიუმისპრეპარატები ამჟღავნებდა. რამდენიმე ხნის შემდეგ იმ ადგილას, კანზე, გაუჩნდა „დამწვრობა“, ასეთივე დამწვრობა მიიღო მან ხელის თითების დაბოლოებაზე. იგივე მოვლენები განუვითარდათ სხვა თანამშრომლებსაც, რომლებიც ამ ლაბორატორიაში მუშაობდნენ. დამწვრობის ადგილას წარმოიქმნა შეუხორცებელი ჭრილობები.

შემდგომში დადგინდა, რომ მაიონიზებელი გამოსხივება საკმაოდ დიდი ღირებით იწვევს უჭრედების დარღვევას. სხვადასხვა ცოცხალ უჭრედზე რადიაციის გავლენის შესწავლის შედეგად მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ კიბოს უჭრედები უფრო მგრძობიარე არიან რადიაციისადმი, ვიდრე ჭანმრთელი უჭრედები და ამ გზით მიაგნეს ახალ იარაღს ამ მძიმე დაავადების წინააღმდეგ.

არსებობს სხივური მკურნალობის 2 ძირითადი სახე: 1) გარეგანი, როდესაც ობიექტზე მოქმედებს რადიოაქტიური წყაროდან მომავალი მაიონიზებელი გამოსხივება და 2) შინაგანი, როდესაც რადიოაქტიური ნივთიერება მონაწილეობს ორგანიზმში მიმდინარე ნივთიერებათა ცვლაში და ამ ცვლის პროცესში ასხივებს ორგანიზმს.

შემუშავებულია სხივური მკურნალობის შემდეგი მეთოდები:

1. მანძილზე მკურნალობა — ტელეთერაპია, 2. ახლოფოკუსურა მკურნალობა; 3. კონტაქტური, ანუ მკურნალობის აპლიკაციური მეთოდი; 4. ღრუსშიგა მკურნალობა; 5. ქსოვილშიგა მკურნალობა; 6. შინაგანი დასხივება.

ზემოჩამოთვლილი მეთოდებიდან პირველი 5 მიეკუთვნება მკურნალობის გარეგანი დასხივების მეთოდს.

ამა თუ იმ მეთოდის გამოყენება დამოკიდებულია დაავადების ლოკალიზაციაზე, იმაზე, თუ სად არის დაავადების კერა.

გამოსხივების წყაროებად გამოყენებულია რენტგენის აპარატის

ელექტრონების ხაზოვანი და ციკლური ამჩქარებელი, სხვადასხვა ტიპის გამა-დანადგარი, მაიონიზებელი სხივების გენერატორი.

ტელეთერაპიის, ანუ დისტანციური თერაპიისათვის გამოსაყენებელი დანადგარები ცალკე შენობებშია დამონტაჟებული, სპეციალურად ცალკე ბლოკებშია და იყენებენ მაშინ, როდესაც პათოლოგიური პროცესი ღრმადია შეჭრილი ორგანიზმში.

ზედაპირული პათოლოგიური პროცესების სამკურნალოდ მიმართავენ ახლოფოკუსურ თერაპიას.

ღრუსშიგა მკურნალობა მიზანშეწონილია მაშინ, როდესაც პათოლოგიური უბანი ორგანიზმის სიღრმეშია: საშვილოსნოში, საყლაპავში, ცხვირ-ხახაში და შარდის ბუშტში.

ქსოვილშიგა სხივური თერაპია ხორციელდება დაავადებულ ქსოვილში რადიოაქტიური წყაროს ნემსების, ნეილონის ძაფების შეყვანით.

მკურნალობის აპლიკაციური მეთოდის გამოყენების დროს რადიოაქტიური პრეპარატი თავსდება კანის ან ლორწოვანის ზედაპირზე, ან კიდევ მასთან ახლოს. ეს მეთოდი ძირითადად გამოიყენება კანის დაავადებების სამკურნალოდ.

წინაგანი დასხივების დროს გამოიყენება ღია რადიოაქტიური წყაროები, ე. წ. რადიოაქტიური იზოტოპები. ამჟამად ფართოდ მიმართავენ იოდის, ფოსფორისა და ოქროს რადიოაქტიურ იზოტოპებს.

მკურნალობის თითოეული ამ მეთოდის დანერგვას თავისი ისტორია აქვს და, რა თქმა უნდა, მათი სრულყოფა დღემდე გრძელდება.

სიმსივნეების სამკურნალოდ რადიუმის გამოყენების პირველი ცენტრი მსოფლიოში შეიქმნა 1906 წელს. რადიუმით მკურნალობის მეთოდი თანდათანობით იხვეწებოდა შესაბამისად, სწრაფად იმატებდა რადიუმის ფასი და უკვე 1923 წელს ერთი გრამი რადიუმი 175 ათას დოლარად იყიდებოდა.

რა თქმა უნდა, პირველ ხანებში მკურნალობა შეცდომების გარეშე ვერ ტარდებოდა, მაგალითად, ისიც კი მოხდა, რომ ავადმყოფს რადიუმის ინექციას უკეთებდნენ, რაც ადამიანისათვის მომაკვდინებელია.

რადიუმის გამოყენებას სიმსივნის საწინააღმდეგოდ მეტი უპირატესობა აქვს, ვიდრე რენტგენის სხივებს.

ავთვისებიანი სიმსივნეების საწინააღმდეგოდ რადიაციული თერაპიისათვის ძირითადად გამოიყენება დიდი დანადგარები, რომლებშიაც გამა-გამოსხივების წყაროები გარემოცულია მძიმე, სქელკედლიანი ეკრანით, რომელიც ატარებს ვიწრო სხივების კონას და უზრუნველ-

ყოფს დასხივების ლოკალიზაციას საჭირო ადგილზე; რადიუმის დანადგარები იშვიათად შეიცავდნენ 10 გ-ზე მეტ რადიუმს. ამიტომ ღაზის სიმძლავრე საკმაო მანძილზე უმნიშვნელოა. გარდა ამისა, საქურნალო ცენტრები არ მარაგდებოდნენ ასეთი ძვირი პრეპარატის საჭირო რაოდენობით (რადიუმის პირველი პრაქტიკული გამოყენებიდან ორმოცდაათიან წლებამდე მთელ მსოფლიოში წარმოებულია მხოლოდ 3 კგ რადიუმი). ავთვისებიანი სიმსივნეების რადიუმით მკურნალობა შეცვლილია რადიოაქტიური კობალტ-60-ით და დანადგარებმა, რომლებშიც ეს პრეპარატი გამოიყენება, მიიღეს სახელწოდება — კობალტ-ს ქვემეხი. უკანასკნელ წლებში კობალტ-60-ის მაგივრად ზოგ შემთხვევაში იყენებენ გამა-გამომსხივებელ რადიოაქტიურ ცეზიუმ-137-ს, ნაწილობრივ — ირიდიუმ-192-ს.

სპეციალისტები, რომლებსაც დიდი გამოცდილება ჰქონდათ და არა ერთი მწარე გაკვეთილიც მიიღეს რადიუმისა და რენტგენის სხივების გამოყენების გამო ავადმყოფის გამოსაკვლევად და სამკურნალოდ. თავდაპირველად ძალიან ფრთხილობდნენ, როდესაც საქმე ეხებოდა რადიოაქტიური ნივთიერების შეყვანას ორგანიზმში. ხელოვნურმა რადიოიზოტოპებმა უფრო ეფექტური გზა გახსნეს დაავადებულ ორგანიზმზე შეტევისათვის. შინაგანი დასხივების მიზნით, რადიოაქტიური იზოტოპები შეჰყავთ უშუალოდ სიმსივნეში ან სისხლის მიმოქცევის სისტემაში.

რადიოაქტიური იზოტოპებით მკურნალობის ერთ-ერთი პირველი მეთოდის არსი იყო შემდეგი: დაავადებულ ორგანოში ქირურგიული ჩარევის შემდეგ ათავსებდნენ რადიოაქტიურ წყაროს და საჭირო დროის გასვლის შემდეგ უკანვე იღებდნენ. შემდგომში ეს მეთოდი დაიხვეწა და ოპერაციის დროს ორგანოში ათავსებდნენ მილს. რომელშიაც ასხამდნენ რადიოაქტიური იზოტოპის შემცველ ხსნარს.

თერაპიაში იყენებენ გამა-გამომსხივებელს ნემსის სახით, რომელიც შეჰყავთ სიმსივნეში. გარდა მილისა და ნემსისა, იყენებენ აგრეთვე სილონის 0.6 მმ დიამეტრის ძაფს. რომელიც შევსებულია, მაგალითად, რადიოაქტიური კობალტის ან ირიდიუმის პატარა ბურთულებით. ასეთ ძაფს მიაკერებენ სიმსივნეს განსაზღვრული დროის განმავლობაში და შემდგომ ამოიღებენ.

სამკურნალოდ იყენებენ აგრეთვე მარცვლებს, რომლებიც შეიცავენ რადიოაქტიურ ოქრო-198-ს. მას „ესვირიან“ დაავადებულ ქსოვილს სპეციალური პისტოლეტით. მკურნალობის შემდეგ მარცვლები ორგანიზმში რჩება.

ზოგ შემთხვევაში გამოყენებულია იდეალური მკურნალობის საშუალება — რადიოაქტიური ხსნარი, რომელსაც ლებულობს პაციენტი, როგორც ჩვეულებრივ წამალს დასაღვად. ამ მეთოდით რადიოაქტიური პრეპარატი თანდათანობით თავს იყრის ორგანიზმის საჭირო უბანში და მისგან წარმოქმნილი გამოსხივება ბიოლოგიურ გავლენას ახდენს მოცემულ უბანზე. მკურნალობის ეს საშუალება ეფექტურია ფარისებრი ჭირკვლის ჰიპერფუნქციის შემთხვევაში, ე. წ. ბაზედოვის დაავადების დროს. თუ პაციენტი დაიწყებს რადიოაქტიური იოდის შემცველი ხსნარის მიღებას, იოდი დაგროვდება ფარისებრ ჭირკვალში. ამ მიზნით იყენებენ რადიოაქტიურ იოდ-131-ს, რომელიც ითვლება გამა- და ბეტა-გამომსხივებლად და რომლის ნახევრად დაშლის პერიოდიც 8 დღე. რა თქმა უნდა, ამ მეთოდით მკურნალობა ყველა სახის ბაზედოვის დაავადებისას არ არის მიზანშეწონილი. საერთოდ შინაგანი დასხივებისათვის საჭიროა ისეთი რადიოიზოტოპების გამოყენება, რომელთა ნახევრად დაშლის პერიოდი მცირეა და აგრეთვე მცირე ბიოლოგიური ნახევარპერიოდით ხასიათდება (დრო, რომლის განმავლობაშიც ნახევარი რადიოიზოტოპი ორგანიზმიდან გამოიყოფა შარდის, ოფლისა და სხვა გზით).

საერთოდ შინაგანი დასხივებისას წამოიჭრება ბევრი პრობლემა: შესაძლებელია მცირე დოზებით ხანგრძლივი დასხივებისას ორგანიზმზე მაიონიზებელმა გამოსხივებამ მოახდინოს კანცეროგენული მოქმედება, აგრეთვე სხვა არასასურველი გავლენა, ამიტომ შინაგანი დასხივების გამოყენება ბავშვებისა და ორსული ქალების სამკურნალოდ არ შეიძლება.

ორგანიზმში შეყვანისას ზოგჯერ რადიოაქტიური იზოტოპები გროვდება არა მარტო იქ, სადაც არის გამიზნული, არამედ სხვა უბნებშიც, რაც არასასურველია. ამიტომ უკანასკნელ წლებში დიდი პოპულარობა მოიპოვა კოლოიდურმა რადიოაქტიურმა ხსნარებმა — უხსნარმა კოლოიდურმა ნაწილაკებმა. ინექციის გზით ასეთი ხსნარი შეჰყავთ ორგანიზმში ან უშუალოდ სიმსივნეში. ვინაიდან კოლოიდური ხსნარების რადიოაქტიური ნაწილაკები გაუხსნელი რჩება ინექციის შემდეგ. ამიტომ ისინი არ ლებულობენ მონაწილეობას მეტაბოლიზმის პროცესებში და არ შეიძლება დაგროვდნენ რომელიმე ორგანოში. რადიოაქტიური კოლოიდების სელექციური კონცენტრაცია მიიღწევა გამიზნული მიმართულებით შეყვანით ორგანიზმში. კოლოიდურა ხსნარი შეჰყავთ შპრიცით პირდაპირ სიმსივნურ ქსოვილში ისე, რომ თანაბრად განაწილდეს და თანაბრად ასხივებდეს ამ ქსოვილს. ფართო



გავრცელება პოვა კოლოიდურმა რადიოაქტიურმა ოქრო-198-მა. მისა ნახევრად დაშლის პერიოდია 65 საათი. ეს ნიშნავს, რომ უკვე 1 თვის გასვლის შემდეგ რადიოიზოტოპის ყველა ატომი კარგავს აქტივობას და გარდაიქმნება ვერცხლისწყლის სტაბილურ იზოტოპად. სხვა რადიოაქტიური იზოტოპებიდან კოლოიდური ფორმით სამკურნალოდ გამოიყენება ფოსფორ-32 და თუთია-93.

რადიაციამ თავისი სიტყვა თქვა, როგორც გულის მუშაობის სტიმულიატორმა (ტაქტიკური მიმღები, გულის რიტმის რეგულიატორი). იგი ხელოვნური წყაროდან გულს ელექტრონულ იმპულსებს უგზავნის. ეს არის მომცრო ხელსაწყო, რომელსაც პაციენტს უდგამენ, კერძოდ, კანქვეშ ჩაუყერებენ გულის კუნთთან. წვრილი იზოლირებული მავთული ხელსაწყოდან ვენის საშუალებით უერთდება ელექტროდს გულის მარჯვენა პარკულში. გულის კუნთი ხელოვნური წყაროდან ლებულობს რეგულარულად იმპულსებს (დაახლოებით წუთში 72 იმპულსს), რის მეოხებითაც ადამიანს შეუძლია ნორმალურად იცოცხლოს და იმუშაოს. გულის სტიმულატორს იყენებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც გული მძიმედ არის დაავადებული და გულის გაჩერებისა და ადამიანის სიკვდილის საშიშროება იქმნება. გულის ასეთ სტიმულიატორებში ენერჯის წყაროდ გამოიყენებულია ბირთვული ბატარეა — მინიატიურული რადიოიზოტოპური „ელექტროსადგური“, ე. წ. თერმოელექტრული ბატარეა, სადაც რადიოაქტიური გამოსხივების შედეგად ნივთიერება გამოსხივებას შთანთქავს, ხურდება და თერმოელემენტის საშუალებით გარდაიქმნება ელექტროდენად. არსებობს პლანზმური ნახევარგამტარების ბირთვული ბატარეები. გულის სტიმულატორად გამოიყენება თერმოელექტრული ბატარეა, რომლის ენერჯის წყაროა პლუტონიუმ-238. ასეთი ხელსაწყოების მუშაობის ვადა 10 წელს აღემატება.

## 2. რადიაცია სოფლის მეურნეობაში

როგორც ცნობილია, რადიაცია გავლენას ახდენს ცოცხალი ორგანიზმის მემკვიდრეობით აპარატზე. ის იწვევს განსაზღვრულ ცვლილებებს მემკვიდრეობის საფუძველში — ქრომოსომაში და მის შემადგენელ ელემენტებში — გენებში. რადიაციის გავლენით ირღვევა ორგანიზმის ფუნქციები, რაც გამოიხატება მრავალრიცხოვანი გარეგანი დეფექტისა და დაავადების წარმოქმნაში, აგრეთვე ორგანიზმის წინა-

აღმდგომის უნარის შესუსტებაში ინფექციებისა და სხვა ფაქტორებისადმი.

აღამიანისაგან განსხვავებით, მცენარეებსა და ცხოველებზე შეგვიძლია ჩავატაროთ ექსპერიმენტები, მოვახდინოთ სხვადასხვა მემკვიდრეობითი ცვლილების პროვოცირება, ვიმოქმედოთ ორგანიზმზე მძლავრი მუტაგენებით. უკანასკნელ წლებში ამ მიზნით უფრო ხშირად იყენებენ რადიაციას. დასხივების შედეგად საცდელ ორგანიზმებში წარმოიქმნება სხვადასხვა მუტანტი, როგორც სასარგებლო, ისე უსარგებლო. ჩვენ შეგვიძლია სწორედ სასარგებლო მუტანტები შევარჩიოთ. ისეთები. რომელთაც აქვთ უკეთესი თვისებები. ვიდრე მათ მშობლებს. მათ შორის შეიძლება აღმოჩნდეს ახალი ჯიშის მამამთავარი, უკეთესი, გამძლე მცენარე, რომელიც მეტმარცვლიანია. უფრო დიდი და გემრიელი ნაყოფი აქვს და ძვირფას მასალას წარმოადგენს სოფლის მეურნეობისათვის.

როდესაც ინდოეთის მთავრობამ გლეხები მექსიკური ხორბლის „სონორა-64-ის“ ჯიშის თესლით მოამარაგა, წარმოიქმნა გაუთვალისწინებელი სირთულე: მარცვალი სხვა ფერის აღმოჩნდა, განსხვავებული იმისაგან. რომელსაც მიჩვეული იყვნენ ინდოელი გლეხები. კერძოდ. მარცვალი წითელი იყო. ინდოელები კი მიჩვეული იყვნენ მოოქროსფრო-ქარვისფერ მარცვალს. რა უნდა ექნათ? შემოტანილი ჯიში დიდ მოსავალს იძლეოდა და როგორ უნდა შეეცვალათ მისი მარცვლის ფერი? გამოსავალი გამოინახა: ინდოეთის სოფლის მეურნეობის საკვლევი ინსტიტუტის დირექტორის მითითებით. „სონორა-64-ის“ ჯიშის თესლი დაასხივეს გამა-სხივებით და აღმოცენებულ მცენარეებში ექსპერიმენტატორებმა აღმოაჩინეს რამდენიმე ცალი ღია ფერის მარცვალი. 4 წლის შემდეგ, სალექციური პრაქტიკისათვის საკმარის მცირე დროში, ინსტიტუტს უკვე ჰქონდა ხორბლის ახალი ჯიში — „შარბათი-სონორა“, რომელმაც შეინარჩუნა მექსიკური ჯიშის ყველა თვისება, ერთის გამოკლებით — ახალი ჯიშის ხორბლის მარცვალი ქარვისფერი იყო.

მუტაციები, რომლებიც აღმოჩნდა ჰიროსიმასა და ნაგასაკიში ატომური ბომბარდირების შემდეგ აღამიანებში, ადასტურებს იმას, რომ გენეტიკური თვისებების ყველა ცვლილებას, რომელიც გამოწვეულია აღამიანის რეპროდუქციულ ორგანოებზე რადიაციის მოქმედების შედეგად, მოჰყვება მხოლოდ უარყოფითი შედეგები.

მცენარეებში კი ზოგიერთი მუტაცია სასარგებლო აღმოჩნდა. ჯერ კიდევ მანამ, სანამ დაადგენდნენ რადიაციის მუტაგენურ გავლენას,

მეცნიერები იცნობდნენ მუტანტებს, რომელთაც ისეთი სასარგებლო თვისებები ჰქონდათ. როგორცაა მაღალმოსავლიანობა, დაავადებისადმი გამძლეობა. ასეთ მუტანტებს ისინი გამოყოფდნენ მეორე თაობის ეგზემპლიარებიდან.

რადიაციამ ერთგვარი ბიძგი მისცა სელექციური გენეტიკის განვითარებას. ამჟამად მეცნიერები აღარ ელოდებიან, თუ როდის მოხდება მუტაციები თავისთავად ბუნებაში. ისინი ამას აღწევენ ლაბორატორიებში. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბუნებრივად ახალი ჯიში ასწელიწადში ერთხელ წარმოიქმნება, შეიძლება დავუშვათ, რომ რადიაცია ასჯერ უფრო მეტად იწვევს მას, ე. ი. ახალი ჯიში შეიძლება მივიღოთ ყოველწლიურად.

რადიოაქტიური გამოსხივება იწვევს ნუკლეპროტეიდებისა და ცილების სტრუქტურულ ცვლილებებს, ნუკლეინის მჟავებისა და პოლისაქარიდების შეცვლას. ნივთიერებათა ცვლის მოშლას, რის შედეგადაც ბოლოსდაბოლოს ყალიბდება ახალი ჯიში. თავის წინამორბედზე უკეთესი. ახალ მუტანტებს ახასიათებთ მერყევი შემკვიდრეობითობა, ამიტომ ისინი კარგი მასალაა შემდგომი სელექციური შუშაობისათვის.

ძირითადად არსებობს რადიაციული სელექციის 2 მეთოდი: ერთი, როდესაც მცენარეს ასხივებენ ზრდის (უმთავრესად ყვავილობის) პერიოდში. მეორე, როდესაც თესლს ასხივებენ და შემდეგ თესავენ. მეცნიერების მიერ დადგენილია, რომ ვეგეტატიურ პერიოდში დასხივება იწვევს ზრდის დაჩქარებას, რაც ვრცელდება ბევრ სასოფლო-სამეურნეო კულტურაზე; მაგალითად, შაქრის ჰარხალზე, თამბაქოზე, სიმინდზე, კარტოფილსა და წიწიბურაზე.

რადიაციის გავლენის შედეგად იცვლება მცენარის განვითარება, თავს იჩენს სხვადასხვა გადანზრა საკონტროლო მცენარეებთან შედარებით. დასხივებამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს შემდგომ თაობებზე. საკითხი ეხება, პირველყოვლისა, მორფოლოგიურ ცვლილებას, რომელიც დამოკიდებულია მცენარის მგრძობელობაზე, დასხივების დოზასა და სახეობაზე.

დასხივების შედეგად შესაძლებელი გახდა შაქრის ჰარხალში შაქრიანობის გაზრდა 0.6 — 1.2%-ით, წიწიბურას ყვავილობის დაჩქარება 8 დღით და მწვანე მასის დიდი მოსავლის მიღება, რაც საშუალებას იძლევა ფარმაცევტული მრეწველობისათვის დიდი რაოდენობით დამზადდეს პრეპარატი რუტინი, რომელიც წარმატებით გამოიყენება სისხლდენის დროს.

რადიაციით სიმინდის მასტიმულირებელი მოქმედება გამოიხატა

სიმიინდის ტაროების რაოდენობის გაზრდით — 2-3 ტაროს ნაცვლად დასხივებულმა მცენარემ 5-6 ტარო გამოიღო.

ხეხილის დასხივების შედეგად მიღებულია სწრაფმწიფადი ჯიშები, რომლებიც თავიანთ წინამორბედებისაგან განსხვავდებიან ნაყოფის ფორმით და შეფერილობით.

გასაოცარ შესაძლებლობებს იძლევა დასხივება მეყვავილეობაში. რადიაციის საშუალებით გამოყვანილია მრავალი ახალი ჯიში, რომელთაც არაჩვეულებრივი ფორმა აქვთ.

ჩვენში ჩატარებულია ბევრი ცდა თესვის წინ დასხივებული თესლის განვითარებისა და შედეგების შესასწავლად, აღმოჩნდა, რომ მარცვლეულის რადიაციული სტიმულირებისას უჯრედების ზრდა მატულობდა და მათი გამრავლება ჩქარდებოდა.

რადიაცია მასტიმულირებელ გავლენას ახდენს აგრეთვე ქერზე, შვრიაზე, ხოლო კვავის მარცვლის აბსოლუტური წონა 21%-ით შეიძლება გაიზარდოს.

მრავალი ექსპერიმენტი ჩატარებული პარკოსნებზე; როგორც აღმოჩნდა, რადიაცია დადებით გავლენას ახდენს მათ ზრდასა და განვითარებაზე. კარგი შედეგებია მიღებული ბოლოკისა და კიტრის თესლის დასხივების შედეგად, ასევე მნიშვნელოვნად გაიზარდა სტაფილოს მოსავალი და მასში კაროტინის შემცველობა (20—30%-ით მეტი საკონტროლოსთან შედარებით). მცენარეების ზრდის დაჩქარებას დიდი მნიშვნელობა აქვს ისეთი რაიონებისათვის, სადაც კლიმატური პირობები ზღუდავს ვეგეტაციის პერიოდს.

შედემა სელექციონერებმა გამოიყვანეს ქერის ახალი ჯიში „მარი“, რომელიც სწრაფად მწიფდება და მდგრადია სოკოვანი დაავადებებისადმი. ამერიკის შეერთებულ შტატებში მიღებულია შვრიის ახალი მუტანტი, რომელიც მდგრადია ჟანგასოკოსადმი. იაპონიაში გამოყვანილია ბრინჯის ახალი ჯიში — „რენმენი“, ყველაზე მაღალმოსავლიანი ჯიში, რომელიც 25 დღით ადრე მწიფდება, ვიდრე სხვა ჯიშები, გარდა ამისა ცილების შემცველობით ორჯერ უფრო მდიდარია თავის წინამორბედთან შედარებით.

რა თქმა უნდა, აქ მოყვანილი ბევრი მონაცემი ჯერჯერობით წინასწარია და საჭიროებს შემდგომ დაზუსტებას და დადგენას, რაც დიდ წვლილს შეიტანს სოფლის მეურნეობის კულტურების სელექციაში.

იმისათვის, რომ სოფლის მეურნეობის პროდუქცია გაიზარდოს, უნდა თანამიმდევრობით შევისწავლოთ ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, სასუქის რაციონალური გამოყენება, დავადგინოთ საკვები

ნივთიერებების რაოდენობა ნიადაგში, მათი მოძრაობა მცენარეში და მათი გარდაქმნა მცენარის ქსოვილებში, დავადგინოთ მიკროელემენტების გავლენა, გამოვნახოთ ყველაზე უფრო ეფექტური საშუალება მცენარეთა დაავადებებისა და მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად. რამდენიმე მაგალითი შეგვიძლია მოვიყვანოთ იმის საილუსტრაციოდ, თუ რა სარგებლობა მოაქვს ამ საკითხების გადაჭრაში რადიაციას, კერძოდ, რადიონიდიკატორულ მეთოდს.

ნიადაგში სასუქის ეფექტურობის დასადგენად შეიძლება გამოვიყენოთ რადიოაქტიური ფოსფორი ( $^{32}\text{P}$ ). ჩვეულებრივი ქიმიური მეთოდები არ იძლევა ამის საშუალებას ნიადაგში ფოსფორის ბუნებრივად მაღალი შემცველობის გამო. ნიშანდებული ფოსფორმკვავას საშუალებით დადგენილია ფოსფორის მიგრაცია ნიადაგში, დადგენილია ისიც, რომ ფოსფორიანი სასუქის ზედაპირულად შეტანა არ იძლევა ეფექტს, რადგან ფოსფორი ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში შეკავშირდება და მცენარისათვის გამოუყენებელი გახდება. ამიტომ საჭიროა მისი შეტანა 15—30 სმ სიღრმეში.

ნიშანდებული ფოსფორის გამოყენებით დადგინდა, თუ როდის აღწევს სასუქი ფესვებამდე, როდის შეიწოვს მას მცენარე და როდის გადადის ფოთლებში, რამდენი საკვები ნივთიერება გადადის მცენარეში და სხვ.

როგორც გამოკვლევებით აღმოჩნდა, ზოგიერთი ნივთიერების შეტანა ნიადაგში არ არის საჭირო, ვინაიდან მცენარე მათ პირდაპირ ფოთლებიდან შთანთქავს.

რადიოაქტიურმა ნახშირბადმა შესაძლებელი გახადა დადგენილიყო ნახშირორჟანგის შეთვისება არა მარტო ფოთლების მიერ ჰაერიდან, არამედ ფესვების გზითაც ნიადაგიდან, სადაც ამ აირის რაოდენობა ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე ჰაერში. ეს კი იძლევა მოსავლიანობის გაზრდის შესაძლებლობას ნიადაგის კარბონატებით და ორგანული ტუტეებით განაყოფიერებით. ამ გზით მოსავლიანობის გაზრდა შეიძლება 10 — 15%-ით.

რადიონიდიკატორული მეთოდის დახმარებით მიღებულია ახალი მონაცემები მცენარეების კვებაში მიკროელემენტებისა (ბორი, კობალტი, სპილენძი, თუთია, მანგანუმი) და მათი შენაერთების როლის შესახებ.

როგორც აღამიანი, ისე მცენარეც ავადდება ეპიდემიური დაავადებებით, რომელიც შეიძლება გავრცელდეს დიდ ტერიტორიაზე.

მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ მუხის ხე შეიძლება დაავადდეს

„გადამდები“ ავადმყოფობით — უჯრედების შევიწროებით ძარღვების სისტემაში, რომელშიც ცირკულირებს მცენარის წვენი. დაავადების შედეგად ბოლოსდაბოლოს სითხის ცირკულაცია წყდება, მცენარის ფოთლები სწრაფად კვდება. რადიონიდიკატორულმა მეთოდმა შესაძლებელი გახადა გაგვეგო, რატომ ვრცელდება სწრაფად მუხის ხის კვნობა დიდ ტერიტორიაზე და საშუალება მოგვცა მიგვეგნო, თუ როგორ უნდა მოხდეს დაავადებული მცენარის იზოლაცია. რადიონიზოტოპებით დადგინდა, რომ ხის წვენში იზოტოპის ცირკულაცია არა მარტო იმ მცენარეში ხდებოდა, რომელშიც შეიყვანეს იზოტოპი, არამედ მცენარეებშიც, რაც იმას ნიშნავს, რომ მცენარეები ერთმანეთს უკავშირდებიან ფესვებით და ამ გზით ვრცელდება დაავადების გამომწვევი. დაავადებული მცენარის იზოლირებით, ე. წ. კარანტინში მოხვედრით დაავადება აღარ ვრცელდება. ამრიგად, შესაძლებელი გახდა დაავადების „ტყის ქირის“ წინააღმდეგ ბრძოლა.

რადიოაქტიურმა მეთოდმა გაამართლა სარეველების წინააღმდეგ ბრძოლაშიც, კერძოდ, შესაძლებელი გახადა ჰერბიციდების მოქმედების გამოკვლევა. ამ მეთოდით დადგინდა, რომ სარეველას ფოთლებში სწრაფად შედის პრეპარატი, ორ საათში იგი ყველა ნაწილში გროვდება და მცენარე იღუპება.

სოფლის მეურნეობის მავნებლების წინააღმდეგ ბრძოლა უფრო ძნელია, ვიდრე სარეველების, განსაკუთრებით კი ცხოველების მავნებლების წინააღმდეგ. ეფექტური ინსექტიციდების — მწერების წინააღმდეგ ეფექტური საშუალებების გამოსანახავად მეცნიერებმა მიმართეს ნიშანდებულ ატომებს. იკვლევდნენ უმთავრესად ორგანულ ინსექტიციდებს, რომლებიც ძლიერ ტოქსიკურია მაღალი ორგანიზმებისა და ადამიანისათვის. ამიტომ საჭირო შეიქნა დადგენილიყო ხანგრძლივად რჩებიან თუ არა ისინი საშიში რაოდენობით მცენარის ზედაპირზე. რადიოაქტიურმა ინდიკატორულმა მეთოდმა შესაძლებლობა მისცა მეცნიერებს აღმოეჩინათ ინსექტიციდი უმცირესი რაოდენობით, რის შედეგადაც შესაძლებელია თვალი ვადევნოთ ინსექტიციდის შეჭრას მწერის ორგანიზმში და დავადგინოთ მისი ეფექტურობა. ამან განაპირობა მწერების საწინააღმდეგო ეფექტური, ადამიანისა და თბილისისხლიანი ცხოველებისათვის ნაკლებად საშიში პრეპარატების შემუშავება.

გარდა მინდვრის მავნებლებისა, მეცნიერებმა შეძლეს ბრძოლა დაავადებათა გადამტანების — ბუზებისა და კოლოების წინააღმდეგ. ამისათვის საჭირო გახდა მათი ბიოლოგიისა და გადაფრენის მანძილის

დადგენა. სწორედ რადიონდიკატორულმა მეთოდმა გახადა შესაძლებელი ბუზებისა და კოლოების გადაფრენის შესწავლა. საექსპერიმენტოდ დაიწყო მათი კვება რადიოაქტიური ფოსფორით და შაქრას სიროფით. აღმოჩნდა, რომ რადიოაქტიურობა მათში რჩება 20 — 30 დღის განმავლობაში და ამით შესაძლებელია რადიოაქტიური ბუზების გარჩევა არარადიოაქტიურისაგან. ერთ საღამოს გაშვებული ბუზები მეორე დღეს აღმოაჩინეს მეზობელ სოფელში, 2 — 3 კმ მანძილზე. ინდიკატორული მეთოდით შეისწავლეს კოლოებისა და სხვა მწერების ქცევები. ამით დაადგინეს მათი გადაფრენის მანძილი, რომელიც 11 კმ აღმოჩნდა.

რადიონდიკატორულმა მეთოდმა შესაძლებელი გახადა სხვადასხვა მწერის ქცევებისა და ცხოვრების წესის შესწავლა. ნიშანდებული ატომების გამონაყოფი ეხმარება მკვლევრებს იმის დადგენაში, თუ რა მცენარეზე იჯდა ესა თუ ის მწერი საინტერესო ცდებია ჩატარებული ფუტკრებზე, დადგენილია, თუ რომელი მცენარიდან აგროვებენ ფუტკრები თაფლს და სხვ.

ინდიკატორულმა მეთოდმა თავისი წვლილი შეიტანა მეცხოველეობის მრავალი პრობლემის გადაჭრაში, რადიოაქტიურ იზოტოპებს ურევენ ცხოველის საკვებში, რის შედეგადაც ადგენენ, თუ როგორ გარდაიქმნება საკვები ორგანიზმში, რომელ ორგანოში და რა სიჩქარით გროვდება ესა თუ ის საკვები ელემენტი, როგორ არის დამოკიდებული საკვების გამოყენება ცხოველის შენახვის პირობებსა და კვების სახეობაზე.

მსხვილფეხა რქოსან საქონელს მისცეს რადიოაქტიური მარილი ( $^{24}\text{NaCl}$ ) და დაადგინეს, რომ რამდენიმე წუთის შემდეგ მარილი ორგანიზმის ყველა ნაწილში იჭრება, ხოლო სამი საათის შემდეგ იწყებს კლებას, ე. ი. მარილი ორგანიზმიდან გამოიღვენება. ასევე სწრაფად ხდება ორგანიზმში ფოსფორის ტრანსპორტი. როგორც ცდებმა გვიჩვენა, ორგანიზმში შეყვანილი ფოსფორის 50% გროვდება ძვლებში. ასეთი გამოკვლევები ძალიან მნიშვნელოვანია მოზარდელის გამოზრდისათვის, როდესაც საჭიროა განსაკუთრებული ყურადღება მიექცეს ცხოველის მინერალურ ცვლას.

რადიოაქტიური ინდიკატორების საშუალებით გამოკვლეულია რძისა და კვერცხის წარმოქმნის პროცესი. აღმოჩნდა, რომ რძის წარმოქმნისათვის იხარჯება მნიშვნელოვანი რაოდენობით კალციუმი და ფოსფორი, რომელიც ორგანიზმში საკვებთან ერთად ხვდება. საკვებს დამატებული რადიოაქტიური კალციუმით და ფოსფორით შესაძლებე-

ლია დავადგინოთ, თუ რა რაოდენობით უნდა ვაძლიოთ საკვები, რათა გავზარდოთ ძროხის წველადობა. რადიოაქტიური ნახშირბადით ნიშანდებული ძმარმევა გვაძლევს საშუალებას დავადგინოთ საკვების გავლენა ქათმის კვერცხმდებლობაზე.

ინდიკატორულმა მეთოდმა სავსებით დაასაბუთა მიკროელემენტების მნიშვნელობა ცხოველების აქტიურობაზე. ცხოველების მთელი რიგი დაავადებანი ხშირად განპირობებულია ამა თუ იმ მიკროელემენტის (კობალტი, იოდი და სხვ.) ნაკლებობით ან ნიადაგში სიჭარბით (მოლიბდენი, ტყვია, ფტორი, სტრონციუმი და სხვ.). შესაბამისად, რადიოიზოტოპების საშუალებით შესაძლებელი გახდა ამა თუ იმ ცხოველის დაავადების დიაგნოსტიკა და ამ დაავადების წინააღმდეგ ეფექტური ბრძოლა.

ნიშანდებული ვიტამინების საშუალებით დადგინდა მათი როლი ნივთიერებათა ცვლაში. ნიშანდებული მიკროორგანიზმები დაგვეხმარა საქმლის მომწელებელი ტრაქტის მიკრობიოლოგიის შესწავლაში, რაც პირველ რიგში ეხება მცოხნავ ცხოველებს.

თევზის მეურნეობაში რადიოინდიკატორული მეთოდის გამოყენებამ შესაძლებელი გახდა მათი პროდუქტიულობის გადიდება. ამ მეთოდით მეცნიერებმა დეტალურად გააანალიზეს თევზების კვების ციკლი, დაწყებული უმცირესი წყლის მცენარეებიდან და პლანქტონიდან, რითაც შესაძლებელია რაციონალური გაყვადოთ თევზების დამატებითი კვება და მათი პროდუქტიულობის ზრდა. ასევე მოხერხდა თევზების მიგრაციის შესწავლა, მათი რაოდენობის დადგენა და სხვ.

არსებობს მიკროსკოპული სოკო — ბოვერია, რომელიც მწერის ორგანიზმში ცხოვრობს და მის ქსოვილებს აზიანებს. ცნობილია, რომ ის აავადებს 60-მდე სოფლის მეურნეობის მავნებელს, მ. შ. ისეთებს როგორცაა კოლორადოს ხოჭო, ვაშლის ნაყოფჭამია და სხვა. ამ სოკოს ბუნებრივი შტამები არ არის აქტიური და შედარებით ნელა მრავლდება, როგორც იტყვიან „მცირე სიმძლავრისაა“. ამიტომ მისგან დაავადებული მწერები ცოცხალი რჩებიან. საჭირო შეიქნა უფრო აქტიური შტამების გამოყვანა, რისთვისაც უნდა შეცვლილიყო სოკოს მეშვიდრობითი თვისებები. დასხივებული სოკო სხვადასხვა მუტაციით ხასიათდებოდა. მისი შესწავლა ხდებოდა გამრავლების სიჩქარისა და ზრდის, აგრეთვე სხვადასხვა პირობებისაღმი (სინესტე, ტემპერატურა) მდგრადობის მიხედვით. მეცნიერებმა გამოიყვანეს საამისოდ პრეპარატი „ბოვერინი“, რომელიც შეიცავდა ბოვერიას მაღალაქტიურ



სპორებს. ამ პრეპარატით დამუშავებულ მინდვრებში მავნებელი მწერები ადვილად ავადდებიან და იღუპებიან.

მწერების წინააღმდეგ ბრძოლის ერთ-ერთი ეფექტური მეთოდია სტერილური მამრობითი სქესის გამოყენის მეთოდი, რისთვისაც გამოიყენება რადიაცია. ამ მეთოდის არსი მდგომარეობს შემდეგში: ლაბორატორიაში ამრავლებენ მწერებს და რადიაციით ასხივებენ კობალტის ქვემეხით. შემდეგ უშვებენ იმ რაოდენობით, რომ ისინი მეტი იყვნენ, ვიდრე ბუნებაშია. რა თქმა უნდა, დედალი მწერები სტერილურ მამლებთან არ იძლევიან შთამომავლობას. გამოანგარიშებულია, რომ როცა სტერილური მამლების შეფარდება ნორმალურ დედლებთან არის 1:1, გამოიჩეკება 50% ჭუპრი, 5:1 შეფარდებისას — 23%, ხოლო 15:1 შეფარდებისას — მხოლოდ 8%, მართალია, ამ მეთოდის გამოყენება შედარებით რთულია, მაგრამ ამ სირთულეს მისი ეფექტურობა ფარავს.

პირველად ეს მეთოდი გამოიყენეს ამერიკის შეერთებულ შტატებში ხორცის ბუხის საწინააღმდეგოდ და რამდენიმე წელიწადში სამხრეთი შტატები განთავისუფლდნენ მესაქონლეობის ამ საშიში მტრისაგან. აღნიშნული მეთოდი ამჟამად სხვა ქვეყნებშიაც მუშავდება და შესაძლებელია მან, როგორც უფრო ეფექტურმა, განდევნოს მწერებთან ბრძოლის ქიმიური მეთოდები.

რა თქმა უნდა, ჩვენ აქ არ აგვიწერია ყველა ის სიკეთე, რაც შეიძლება რადიაციის გამოყენებამ მოუტანოს სოფლის მეურნეობას, მაგრამ იმის წარმოსადგენად, თუ რა როლს თამაშობს იგი ამ დარგში, ესეც საკმარისია.

### ორგანული ნივთიერების ასაკის დადგენა რადიონახშირბადით

ზოგიერთი რადიოაქტიური იზოტოპის გამოყენება შეიძლება ორგანული წარმოშობის საგნის ასაკის განსაზღვრისათვის. ფართოდ გავრცელებული და ეფექტური მეთოდი — რადიაციული ქრონომეტრია — ემყარება ორგანული ნივთიერებების რადიოაქტიურ თვისებას, რომელიც დაფუძნებულია რადიოაქტიურ ნახშირბადზე ( $^{14}\text{C}$ ). ე. წ. რადიონახშირბადის მეთოდი დაამუშავა ცნობილმა ამერიკელმა მეცნიერმა, ნობელის პრემიის ლაურეატმა უ. ლიბიმ.

რადიოაქტიური ნახშირბადი, როგორც ცნობილია, წარმოიქმნება

კოსმოსური სხივების გავლენის შედეგად, ატმოსფერულ ჰაერში ნეიტრონების წარმოქმნით, რომლებიც აზოტის ( $^{14}\text{N}$ ) ატომების ბირთვებთან რეაქციის შედეგად წარმოქმნის რადიოაქტიურ ნახშირბადს. ეს უკანასკნელი მალე უერთდება ჰაერის ენგზადს და წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი, რომელიც აგრეთვე რადიოაქტიურია და ქიმიური თვისებებით სრულიად არ განსხვავდება ჩვეულებრივი ნახშირორჟანგისაგან.

ნახშირორჟანგის შემადგენლობაში მყოფი რადიოაქტიური ნახშირბადი ატმოსფერული ჰაერიდან იჭრება მცენარეში და გარდაიქმნება სხვადასხვა შენაერთად, რომლებითაც შენდება მცენარის სხვადასხვა ნაწილი: ღერო, ფოთლები, ფესვები და ნაყოფი. ვინაიდან ატმოსფერული ნახშირორჟანგი ნაწილობრივ რადიოაქტიურია, ამიტომ მცენარეც რადიოაქტიურია განსაზღვრული ხარისხით. მცენარე კი ითვლება ცხოველისა და ადამიანის საკვებად, ამიტომ ადამიანის ორგანიზმი შეიცავს განსაზღვრული რაოდენობის რადიოაქტიურ ნახშირბადს.

როგორც ვიცით, რადიოაქტიური იზოტოპები ხასიათდება ნახევრად დაშლის პერიოდით. რადიოაქტიური ნახშირბადის ნახევრად დაშლის პერიოდად მიღებულია  $5730 \pm 40$  წელი, ე. წ. ლიბის ნახევრად დაშლის პერიოდი.

სანამ მცენარე ან ცხოველი ცოცხალია, მასში შემცველი რადიოაქტიური ნახშირბადი იშლება და მისი კლება ორგანიზმში კომპენსირდება შეთვისებული საკვების ხარჯზე. ასე რომ, ყოველ ცოცხალ ორგანიზმში მყარდება ამ ელემენტის რაოდენობის განსაზღვრული წონასწორობა. როდესაც მცენარე ან ცხოველი კვდება, კვება წყდება და ეს წონასწორობა ირღვევა. რადიოაქტიური ნახშირბადი ქსოვილებში განაგრძობს დაშლას და მისი რაოდენობა აღარ ივსება. ნახშირბადის დაგროვილი ატომების ნახევარი, თანახმად ლიბის ნახევრად დაშლის პერიოდისა, იშლება 5730 წლის განმავლობაში, ხოლო დარჩენილის ნახევარი—შემდგომ 5730 წელს, დაახლოებით 17200 წლის შემდეგ რჩება პირველსაწყისი რაოდენობის  $1/3$  და ა. შ. აღნიშნული მეთოდის დამუშავებისას გამოირკვა, რომ 1975 წ. ახლოს გარდაცვლილი ნებისმიერი ორგანიზმის თითოეული გრამ ნახშირბადში წუთში ხდება 16 რადიოაქტიური ბეტა-დაშლა 5730 წლის გავლის შემდეგ თითოეულ გრამ ნახშირბადში მხოლოდ 8 ატომი დაიშლება წუთში, ხოლო 11460 წლის შემდეგ—4 ატომი: რადიოაქტიურობა იზომება იონისებრი გამოსხივების გამზომი დეტექტორებით.

ამა თუ იმ საკვლევი ობიექტის ასაკი იზომება შემდეგნაირად: თუ 1 გრამი გამოსაკვლევი ნივთიერება გამოტყორცნის 16 ბეტა-ნაწილას წუთში, მაშინ ასაკი 0 წლის ტოლი იქნება და შესაბამისად: 8 ბეტა-ნაწილას წუთში — 5730 წლის, 4 ბეტა-ნაწილას წუთში —  $2 \times 5730 = 11460$  წლის. 2 ბეტა-ნაწილას წუთში —  $3 \times 5730 = 17190$  წლის. 1 ბეტა-ნაწილას წუთში —  $4 \times 5730 = 22920$  წლის.

ამრიგად, ჩვენ შეგვიძლია გავიგოთ განსაზღვრული წონის მასალის გაზომვით მიღებული რადიოაქტიური დაშლის რიცხვი წუთში, გადავიანგარიშოთ გრამ ნახშირბადაზე და დაეადგინოთ საკვლევი ობიექტის ასაკი.

ამ მეთოდის დახმარებით დადგინდა დანიამში, იუტლანდიის ცენტრში, ტორფის გამონამუშევარში აღმოჩენილი მკვდარი ადამიანის სიკვდილის თარიღი. გარეგნული ნიშნებით იგი ჩაითვალა არც თუ ისე დიდი ხნის მოკლულად. შემდეგ შესამოწმებლად მიიწვიეს მუხეუმის თანამშრომლები, რომლებიც ამ რაიონში უძველესი ადამიანის კვალს ეძებდნენ. რადიონახშირბადის მეთოდის გამოყენებით მათ დაადგინეს, რომ გვაში დაახლოებით 1500 წლის წინანდელი იყო. აღსანიშნავია, რომ 1500 წლის განმავლობაში მყავე ტორფის ჰაობიანმა გარემომ, რომელიც ეახებადს მცირე რაოდენობით შეიცავდა, უზრუნველყო გვამის გაუხრწნელად შენახვა.

ჰიმალაის მთებში ყინულებში აღმოჩნდა ადამიანების გვამები. რადიონახშირბადის მეთოდით დადგინდა, რომ ეს ადამიანები დაიღუპნენ 600 წლის წინათ ერთი ტომის მეორეზე თავდასხმის დროს.

ჩინეთში, ჰაობში, რომელიც წარმოიქმნა ამომშრალი ტბის ფსკერზე, ნახეს ლოტოსის თესლი, რომელიც სპეციალური დამუშავების შემდეგ დათესეს და ნორმალური მცენარე აღმოცენდა. რადიონახშირბადის მეთოდმა დაადასტურა, რომ თესლი ათას წელზე მეტი ხნისა იყო და მაინც შეინარჩუნა აღმოცენების უნარი. ამავე მეთოდით მექსიკაში აღმოაჩინეს 4100 წლის ასაკის მცენარეების ნაშთები.

საქ. სსრ ჯანდაცვის სამინისტროს გ. ნათაძის სახ. სანიტარიისა და ჰიგიენის სამეცნ.-კვლევით ინსტიტუტში დამუშავდა მეთოდი (რ. ხაზარაძე, ი. ორბელაძე, ნ. ბეღიაშვილი) მრეწველობის გამონაფრქვევით გარემოს გაბინძურების რეტროსპექტრულად დადგენის მიზნით. კერძოდ, ხის წლიურ რგოლებში რადიუმ-226-ის განსაზღვრით დადგინდა გაბინძურების ინტენსივობა გარემოში წლების მიხედვით.

ადამიანი იკვებება ორგანული ნივთიერებებით — მცენარეთა ნაყოფით, ფოთლებით, ქსოვილებით — ცოცხალი ორგანიზმების ნაწილებით. ჩვენ საკვებად ვიყენებთ ადრე ცოცხალი ორგანიზმების პროდუქტებს; ზოგიერთი პროდუქტი ჩვენს სუფრაზე ასე თუ ისე ნატურალურ მდგომარეობაში ხვდება, ზოგს კი ვიყენებთ ტექნიკურად დამუშავებულს — სამრეწველო პროდუქციის სახით. ტექნოლოგიური დამუშავების შედეგად მათ მთლიანად დაკარგული აქვთ პირველყოფილი სახე და თავის საწყის ნატურალურ ნედლეულთან მცირე რამ აქვთ საერთო.

ეს არაცოცხალი, მაგრამ თავისი წარმოშობით ორგანული ნივთიერებები არ ითვლება აბსოლუტურად მკვდარ მატერიად. მათში სიცოცხლე არსებობს, რაც ხშირად შეუიარაღებელი თვალთ უხილავია, მხოლოდ სუნით და გემოთი თუ აღიქმება. უმცირესი პარაზიტები, მიკრობები, სოკოები, მწერები ნახულობენ ამ პროდუქტებში სასიცოცხლო გარემოს და საკვებ ბაზას. ისინი ცხოვრობენ ჩვენთან განსხვავებულ გარემოში და სხვა სასიცოცხლო ტევადობის მასშტაბებში. მაგ., ჩვენი საკუჭნაოს მავნებლებისათვის წუთები და მილიმეტრები დაახლოებით ისეთივე განზომილებებია, როგორც ჩვენთვის წლები და კილომეტრები. არაჩვეულებრივი სიცოცხლისუნარიანობის გამო პარაზიტებს შეუძლიათ ადამიანს კონკურენცია გაუწიონ. ჩვენგან განსხვავებით, ისინი ძალიან მარტივი და ძალიან გამძლე არიან, მათი გამრავლების უნარიც განსაკვირვებელია. ჩვენი მათთან ჭიდილი ხატოვნად ასე შეიძლება გამოითქვას: უმცირესი ორგანიზმები ბიოსფეროში რეაქტიული სიჩქარით მოძრაობენ, ჩვენ კი, ადამიანები, ლოკოკინის სიჩქარით გადავადგილდებით.

ადამიანის კონკურენტი ეს უმცირესი არსებანი მთელი სისწრაფით ესხმიან თავს ჩვენი საკვების მარაგს. ადამიანმა თუ გადაწყვიტა ნატურალური საკვების რაიმე ნაწილი შეინახოს ხვალისათვის, მაშინვე გამოჩნდებიან პარაზიტები, რომლებიც ხელსაყრელ მომენტს ელოდებიან და შეუჩერებლად იწყებენ მოქმედებას, რის შედეგადაც პროდუქტი იწყებს ლაზობას, დამუავებას, გახრწნას. პარაზიტებისათვის ეს თვითშენახვის პროცესია, ჩვენ კი, თუ არ მოვიწამლეთ, პროდუქტს ვკარგავთ. ამიტომ ადამიანი საკვები პროდუქტების დასაცავად იყენებს ახალ-ახალ ეფექტურ მეთოდებს — სტერილიზაციას და კონსერ-

ვირებას. სწორედ ასეთი მეთოდისათვის მაიონიზებელი გამოსხივების გამოყენებას შევხებით ქვემოთ.

მსოფლიოში მოსახლეობის შემდგომმა ზრდამ, შესაბამისად, დღის წესრიგში დააყენა საკვები პროდუქტების შენახვის საკითხი. ამავ დროს პროდუქტების შენახვა სასურველი და აუცილებელია ისე, რომ შენახვისას არ დაიკარგოს მათი კვებითი ღირებულება. საკვები პროდუქტების კონსერვირება გამოწვეულია კვების პროდუქტების სეზონური წარმოებით და სხვადასხვა ქვეყანაში მათი არათანაბარი განაწილებით. ჩვეულებრივი კონსერვირებისას, გაშრობის, ღრმა გაცივების და თერმული დამუშავების გარდა, კვების პროდუქტებს უმატებენ სხვადასხვა კონსერვანტს (ნივთიერებები, რომლებიც იცავენ პროდუქტს გაფუჭებისაგან). აღსანიშნავია, რომ ბოლო წლებში ცდილობენ კონსერვანტების გამოყენება შეზღუდონ მინიმუმამდე ან ზოგ შემთხვევაში საესებითაც.

ამიტომ სპეციალისტები მუდმივად ეძებენ ხელსაყრელ და ჯანმრთელობისათვის არამავნე კონსერვირების ისეთ საშუალებებს, რომლებიც დაემყარება ფიზიკურ პრინციპებს, პროდუქტს შეუნარჩუნებს კვებით ღირებულებას, გემოს, სუნსა და გარეგნულ სახეს.

არანაკლები მნიშვნელობა ეძლევა კონსერვირებისას მის ეფექტურობასა და საიმედოობას.

ყველაზე გავრცელებული, სწრაფი და შედარებით იაფი საშუალებაა საკვები პროდუქტების ცხელი სტერილიზაცია, თუმცა ეს ყოველთვის არ არის ხელსაყრელი, რამდენადაც გათბობისას პროდუქტები კარგავენ თავის სახეს, იცვლიან ფერს, სუნს და სხვა თვისებებს. მეცნიერები დიდი ხანია ცდილობენ გამონახონ უფრო ხელსაყრელი საშუალება. ასეთია უმთავრესად ცივი სტერილიზაცია, რომლის დროსაც ზემოაღნიშნული უარყოფითი თვისებები არ ვითარდება.

ჩვენს დროში მსოფლიოში საკვების დეფიციტი სისტემატურად დიდდება, რაშიაც არანაკლები დანაშაული მიუძღვის პარაზიტებსა და მიკრობებს, მწერებს, სოკოებსა და სხვა მავნებლებს. გაერთიანებულ ერების ორგანიზაციის სპეციალისტთა შეფასებით, მსოფლიოში მავნებლები 30 მილიონ ტონა ხორბალს ანადგურებენ, მავნებლების მიზეზით კაცობრიობა კვების პროდუქტების 10%-ს კარგავს ყოველწლიურად.

უკანასკნელ წლებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება რადიაციის გამოყენებას საკვები პროდუქტების შენახვის ვადების გახანგრძლივებით

სა და მავნებლებისაგან სოფლის მეურნეობის პროდუქტების დაცვისათვის.

უენევის მე-4 კონფერენციაზე, რომელიც მიემდგვნა ატომური ენერჯის მშვიდობიან გამოყენებას (1971 წ.), ნობელის პრემიის ლაურეატმა გლენ სიბორგმა დაწვრილებით ჩამოაყალიბა ამ საკითხში არსებული თანამედროვე სიტუაცია: „მე მიმაჩნია, რომ სოფლის მეურნეობისა და კვების პროდუქტების შენახვის საკითხში და ასევე სხვა საკითხებშიც ჩვენ ვერ დავადგინეთ პირველი რიგის ამოცანები იმ მიზეზის გამო, რომ არავინ არ აფასებდა და აღარებდა რადიაციის რისკს და სარგებლობას, და ეს იმ დროს, როდესაც დედამიწაზე მილიონობით ადამიანი შიმშილობს და არასრულფასოვნად იკვებება. ჩვენ არ ვაქცევთ საჭირო ყურადღებას რადიაციის შესაძლებლობას საკვები პროდუქტების შენახვის ვადის გახანგრძლივებაში და მავნებლების მიერ გამოწვეული ზარალის შემცირებაში. მაგრამ იმედი მაქვს, რომ ახლო მომავალში ამ მხრივ საქმე გააქტიურდება და გაფართოვდება. კვების მრეწველობაში რადიოაქტიური მეთოდების ფართოდ დანერგვას მნიშვნელოვნად ეწინააღმდეგება საზოგადოებაში ღრმად ჩანერგილი შიში რადიაციის წინაშე. საჭიროა საზოგადოებაზე აღმზრდელი მითითებები და დაჭერება, რომ ეკონომიკურ ხელსაყრელობასთან ერთად სათანადო წესების დაცვით დასხივების შედეგად პროდუქტის ხარისხიც გაუმჯობესდება“.

ამჟამად მთელ მსოფლიოში იქმნება კვლევითი პროგრამები და ტარდება გამოკვლევები საკვები პროდუქტების კონსერვირებაში რადიაციის გამოსაყენებლად. გარდა ცალკეული ქვეყნებისა, 21 ქვეყანა ერთობლივად იკვლევს ამ სფეროს და მასში მონაწილეობს მთელი რიგი საერთაშორისო ორგანიზაციები: გაერთიანებული ერების სოფლის მეურნეობისა და სურსათის ორგანიზაცია, ატომური ენერჯის სააგენტო და სხვ. სხვადასხვა საკვლევ ორგანიზაციაში მიმდინარეობს დასხივებული პროდუქტების ორგანოლოგტიკის (ფერი, გემო, სუნი) შეფასება, ტარდება ხანმოკლე და ხანგრძლივი ცდები ცხოველებზე და ნებაყოფლობით „მოხალისე“ ადამიანებზე. ამ ცდების მიზანია დაადგინოს დასხივებული პროდუქტების ტოქსიკურობა ადამიანისათვის, აგრეთვე ბიოლოგიური ღირებულების შენარჩუნება, რომელიც ჩვეულებრივ კონსერვირების მეთოდებს არ უნდა ჩამორჩებოდეს.

რადიაციით გამოწვეული ბიოლოგიური ცვლილებანი შეიძლება იყოს დადებითიც (ბიოპოზიტიური) და უარყოფითიც (ბიონეგატიური). კვების პროდუქტების ქიმიკაში იყენებენ უმთავრესად ბიონეგატიურ

(ნაწილობრივ აგრეთვე ბიოპოზიტიურ) რადიაციულ ეფექტს, რომლებიც მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობას არღვევენ, ნივთიერებათა ცვლას და გამრავლებას აფერხებენ, ზოგ შემთხვევაში კი ნაწილობრივ ან მთლიანად სპობენ მას.

მიკროორგანიზმების მოსასპობად რადიაციის უფრო დიდი დოზებია საჭირო, ვიდრე დიდი ცხოველებისათვის. როგორც ცნობილია, სასიკვდილო დოზა მით უფრო მეტია, რაც უფრო დაბალი განვითარების საფეხურზეა ორგანიზმი. მიკროორგანიზმების მოსასპობი დოზა დამოკიდებულია მის სახეობაზე და სხვა პირობებზე. ვეგეტაციური მიკროორგანიზმები უფრო მგრძობიარე არიან რადიაციისადმი, ვიდრე სპორები. მაგრამ მიკროორგანიზმების სახეობებშიც არსებობენ როგორც რადიაციისადმი მგრძობიარენი, ისე არამგრძობიარენი. მიჩნეულია, რომ ასპროცენტთან სიკვდილის სასიკვდილო დოზა 10-ჯერ აღემატება დოზას, რომელიც იწვევს მიკროორგანიზმების 99%-ით სიკვდილს. დასხივების პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ ასეთი დიდი დოზებით დასხივება გამოიწვევს თვით საჭირო პროდუქტების არასასურველ ცვლილებებს.

ზოგიერთი დასხივებით გამოწვეული ქიმიური რეაქცია შეიძლება შევზღუდოთ დასხივების სპეციალური მეთოდების გამოყენების შედეგად. მაგ., პროდუქტები შეიძლება დავასხივოთ დაბალი ტემპერატურის პირობებში ან დასხივების სისტემაში ჩავერთოთ თერმული დამუშავება. ამ დროს დასხივების დოზა მცირდება. პროდუქტების წინასწარი დასხივების შედეგად შესაძლებელია 3-ჯერ შევამციროთ თერმული სტერილიზაციის დრო, ზოგ შემთხვევაში კი 4-ჯერაც.

ჩატარებული ექსპერიმენტებით გამოირკვა, რომ დიდი დოზებით დასხივებისას პროდუქტების ზოგიერთი კომპონენტი იშლება. რადიაციული დამუშავებისას ხდება A, C, E ვიტამინების დაშლა. ვიტამინების შემცველობის შემცირება დამახასიათებელია სტერილიზაციის სხვა სახეების დამუშავებისას.

დასხივებამ შეიძლება გამოიწვიოს პროდუქტის არასასურველი სუნის და გემოს. ეს ახასიათებს განსაკუთრებით ხორცს, რძეს და მათ პროდუქტებს. მაგრამ საშიშროება იმისა, რომ დასხივებით სტერილიზაციას თან ახლავს პროდუქტის კვებითი ღირებულების დაკარგვა და ტოქსიკური და კანცეროგენული ნივთიერებების წარმოქმნა, საფუძველს მოკლებულია.

დადგენილია, რომ პროდუქტების კვებითი თვისებები დასხივების

შედგად იცვლება არა უმეტესად, ვიდრე ჩვეულებრივი სითბური სტერილიზაციისას.

კვების პროდუქტებს, რომლებიც შეიძლება დავასხვივოთ მაიონიზებული გამოსხვივებით, უცხოეთში 3 ჯგუფად ყოფენ: პირველ ჯგუფში შედის კვების პროდუქტები, რომლებიც ყველაზე უფრო ექვემდებარება დასხვივებას სტერილიზაციის დოზებით (სტაფილო, ლობიო, კარტოფილი, მწვანე ბარდა, ტომატ-პასტა, წიწილა, ღორის ხორცი, ვირთევზა და ზღვის თევზები); მეორე ჯგუფში შედის პროდუქტები, რომელთა დასხვივების დროს დიდი დოზებით აღინიშნება მცირეოდენი ორგანოლუბტური ცვლილებები (კომბოსტო, სიმინდი, ბალი, ვაშლის წვენი, ღორი, სოსისი, საქონლის ხორცი, ცხვრის ხორცი და პური); მესამე ჯგუფს ეკუთვნის კვების პროდუქტები, რომელთა დასხვივების შედეგად შეინიშნება შესამჩნევი ორგანოლუბტური ცვლილებები და საჭიროა სათანადო საშუალების გამოჩახვა ამ ცვლილებების სალიკვიდაციოდ (რძე, ყველი, ბალისა და ტყის ხილი, საზამთრო, ნესვი, ლიმონი, ფორთოხალი და მათი წვენები, ბანანი).

რადიაციული კონსერვირების ახალი მეთოდი, ანუ თერმორადიაცია, დიდ იმედებს იძლევა საკვები პროდუქტების მარაგის შესანახად. ეს მეთოდი დამყარებულია სითბოსა და რადიაციის მკირე დოზების ერთდროულ გამოყენებაზე და მთელი რიგი უპირატესობებით ხასიათდება, ვიდრე სუფთა როგორც თბური, ისე რადიაციული სტერილიზაცია. ამ დროს სტერილიზაციის მიღწევა შეიძლება მაღალი ტემპერატურის და წნევის გარეშე, ამიტომ ავტოკლავი აღარ არის საჭირო, რომლის გამოყენების შედეგადაც პროდუქტის ხარისხი ეცემა. გამოსხვივებით და სითბოთა შეიძლება დამუშავდეს ისეთი პროდუქტები, რომლებიც ცალკე თერმულ დამუშავებას არ ექვემდებარება. გარდა ამისა, თერმორადიაციული კონსერვები შეიძლება დამზადდეს ისეთ ტარაში, რომელიც მარტო თერმული სტერილიზაციისას შეიძლება დაიშალოს.

ვინაიდან დასხვივებით სტერილიზაციის დროს ტემპერატურა უმნიშვნელოდ დიდდება, ამიტომ ეს პროცესი შეიძლება „ცივ პროცესად“ ჩაითვალოს. დასხვივების შედეგად იმდენად უმნიშვნელოდ იცვლება პროდუქტის გარეგნული სახე, ფერი, გემო და სუნი, რომ მომხმარებელი ვერ არჩევს დასხვივებულ პროდუქტს დაუსხვივებლისაგან. დასხვივებით პროდუქტების დამუშავება თანდათან ფართოდ შემოდის პრაქტიკაში. დადგენილია, რომ დასხვივებამდე პროდუქტის ტემპერატურის დაწევა — 30°C-მდე შესაძლებლობას იძლევა მივიღოთ



უფრო გამძლე, უკეთესი ფერისა და გემოს პროდუქტი. სპეციალისტებმა დაამუშავეს მცირე დოზებით დასხივების მეთოდები ხორცის, ბოსტნეულის, ხილის. ხორბლის და ტკბილეულის დასამუშავებლად, რაც ადიდებს მათი შენახვის ხანგრძლივობას, აძლიერებს დეზინსექციას, ხელს უშლის გაღვივებას და ობის მოკიდებას.

დასხივებით ამუშავებენ აგრეთვე ალკოჰოლურ სასმელებს. მაიონიზებული დასხივება ამოკლებს ღვინის, კონიაკის, ვისკისა და ლუდის დაძველების პერიოდს, ღვინოს მკავე გემო ეკარგება, შეწონილი ნაწილაკები გამოილექება. ქართულმა ავტორებმა თ. ცეცხლაძემ და რ. ყიფიანმა ერთ-ერთმა პირველებმა მიიღეს 1956 წელს მაიონიზებული დასხივებით კონიაკის დამუშავების პატენტი.

საკონსერვო და ბოსტნეულის შრობის საკავშირო, აგრეთვე საქართველოს კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებში ჩატარებული სამუშაოებით გამოირკვა, რომ ხილის წვენების დაკონსერვება შეიძლება დასხივების შედარებით დაბალი დოზებით, თუ მას გამოვიყენებთ სხვა ფაქტორებთან ერთად. ცდებით დადასტურდა, რომ გამა-გამოსხივებისა და სორბინმეფავს კომბინირებული მოქმედება სპობს მიკროორგანიზმებს ხილის წვენებში და ამ პროდუქტების შენახვის საშუალებას იძლევა 8—10 თვის მანძილზე.

1960—75 წლებში პროფ. შ. ხატიაშვილმა დაადგინა, რომ გამა-გამოსხივებით ბოსტნეულზე ზემოქმედებით შესაძლებელია ბოსტნეულის დაკონსერვება და დიდი ხნით შენახვა (ხარისხის შენარჩუნებით).

ღვინისა და ღვინომასალების გამოსაკვლევად საქართველოს მეცნიანობისა და მეღვინეობის, აგრეთვე კვების მრეწველობის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტებში 1955—74 წლებში ცდები ჩაატარეს ი.ბერიძემ, თ. ცეცხლაძემ და მ. კურდღელაშვილმა და დაადგინეს, რომ დასხივების შედეგად უმჯობესდება მათი ხარისხი, შესაძლებელი ხდება აგრეთვე ავადმყოფი ღვინის გამოკეთებაც, განსაკუთრებით დიდი ეფექტის მიღება შეიძლება ნახევრად ტკბილი ღვინოების დამუშავებისას.

დიდი მუშაობა ჩაატარა უ. ბრეგვაძემ (1983) დასხივებით საკონიაკე სპირტის დაძველების დასაჩქარებლად. ამ მიზნით მან დაასხივა მუხის ბურბუშელა 40—50 მკრად დოზით და ზედ საკონიაკე სპირტი დააყოვნა 25 დღე-ღამის განმავლობაში. შედეგად მიიღო კონიაკი, რომელიც თაჟისი საგემოვნო და ბიოლოგიური თვისებებით არ ჩა-

მოუვარდებოდა კლასიკური ტექნოლოგიით მიღებულ სამწლიან კონიაკს.

ჩვენს ქვეყანაში ყველა დასხივებული პროდუქტი გადის სპეციალურ ჰიგიენურ შემოწმებას, თუ რამდენად შესაძლებელია მისი საკვებად გამოყენება. ამ მიზნად დასხივებით დაქუშავებულმა საკონიაკე სპირტმა სანიტარიისა და ჰიგიენის რადიაციული ჰიგიენის ლაბორატორიაში ჩვენი ხელმძღვანელობით გაიარა შესაბამისი ჰიგიენური შემოწმება. დ. ფანცულაიამ ჩაატარა ექსპერიმენტული სამუშაო, რომელიც ითვალისწინებდა ორგანოლუბტიკურ, ბიოქიმიურ, ტოქსიკოლოგიურ, გენეტიკურ და აგრეთვე რადიოაქტიურობის გამოკვლევას საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის ბიოფიზიკის ინსტიტუტთან ერთად. ჩატარებული სამუშაოს შედეგად დადგენილია, რომ საკონიაკე სპირტის დაძველება აღნიშნული მეთოდით ორგანიზმისათვის არ არის მავნე და შესაძლებელია მისი გამოყენება სასმელად.

რადიაციული კონსერვირების მიზნით შექმნილია და კვლავაც იქმნება სტაციონარული ლაბორატორიული და სამრეწველო დანადგარები, აგრეთვე მოძრავი დანადგარები, რომლებიც უზრუნველყოფს პროდუქტის კონსერვირებას ადგილზე. აღნიშნულ დანადგარებში გამოსხივების წყაროდ გამოყენებულია გამა-გამომსხივებლები.

სამრეწველო დანადგარების მუშაობის პრინციპი მარტივია: რადიაციის წყაროს მოქმედების ზონაში ტრანსპორტიორის ლენტზე განსაზღვრული სიჩქარით მოძრაობს დასასხივებელი პროდუქტი კონსერვის ქილაში, პაკეტში ან ჰერმეტიულად დახურულ ტარაში. პროდუქტები გადაადგილდება ლაბირინთის მსგავს დანადგარში ისე, რომ გამოსხივების ნაკადი არ მოხვდეს გარეთ. ტრანსპორტის დატვირთვა და გადატვირთვა მექანიზებულია.

საბჭოთა კავშირში ხორბლის დეზინსექციისათვის შექმნილია მოძრავი ცეზიუმის დანადგარი, რომელიც დამონტაჟებულია სატვირთო ავტომობილზე და 24 საათის განმავლობაში უზრუნველყოფს 1 ტონა ხორბლის განთავისუფლებას მავნე პარაზიტებისაგან. ამ მიზნით ამერიკის შეერთებულ შტატებში გემზე, რომელსაც ხორბალი გადააქვს, დადგმულია გამოსხივების კობალტის წყარო. იგი უზრუნველყოფს ხორბლის დეზინსექციას გზაში. კანადის ფირმა უშვებს ავტოდანადგარებს კარტოფილის დასასხივებლად, რომელიც საათში 1,5 ტონა კარტოფილს დაასხივებს. უკანასკნელ წლებში ასეთი დანადგარების წარმოება მთელ რიგ ქვეყნებში საგრძნობლად გაიზარდა.

საბჭოთა დასასხივებელი დანადგარი „სტავრიდა“ უზრუნველყოფს

თევზის შენახვას. აღნიშნული დანადგარი გამოსცადეს თევზსაჭერ ტრაულერზე ატლანტის ოკეანეში 7 თვის განმავლობაში. სხვადასხვა სახის თევზს ასხივებდნენ გამა-გამოსხივების მცირე დოზებით და რეგულარულად აკონტროლებდნენ. ცდის შედეგად დადგინდა, რომ დასხივებული თევზი საგრძნობლად დიდხანს ინახებოდა, ვიდრე დაუსხივებელი.

-ი

კვების პროდუქტების თერმორადიაციული სტერილიზაციის ტექნოლოგიური პროცესი შედგება შემდეგი ოპერაციებისაგან: დასხივების წინ გათბობა, რაც უზრუნველყოფს პროტეოლითური ფერმენტების ინაქტივაციას; ვაკუუმში შეხვევა, შეხვევამდე პროდუქტის შეთბობა იმ ტემპერატურამდე, რომელზედაც მოხდება დასხივება, და ბოლოს დასხივება, რომლის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია საჭირო დოზის მისაღებად. აღმოჩნდა, რომ ოპტიმალური შეფარდება პროდუქტის ხარისხს, გემოსა და საჭირო დოზას შორის მიიღწევა  $+30^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე. დასხივების წყაროდ უფრო ხშირად გამოიყენება კობალტ-60-ისაგან წარმოქმნილი გამოსხივება, რომელიც ღრმად შეღწევალია. არ წარმოქმნის მეორად რადიოაქტიურობას და უზრუნველყოფს 30,0 სმ სისქის ტარაში მოთავსებული პროდუქტების სტერილიზაციას.

იმ მიკროორგანიზმებს შორის, რომლებიც საჭიროებს კვების პროდუქტების კონსერვირებისას გაუვნებლებას, დასხივებისადმი ყველაზე გამძლეა ბოტულინის ბაცილები. თუ, ერთი მხრივ, საჭირო დასხივების დოზა სპობს ამ მიკრობს, მეორე მხრივ, ინაქტივირდებიან სხვა მიკროორგანიზმები, რომლებსაც შეუძლიათ გააფუჭონ პროდუქტი.

ახალ ხორცში პროტეოლითური ფერმენტების ინაქტივირებისათვის საჭიროა მისი წინასწარი გათბობა  $65-85^{\circ}\text{C}$ -ზე. ამ შემთხვევაში ხორცი რჩება ნახევრად ნედლი და რადიაციული დამუშავების შემდეგ არ საჭიროებს დამატებით გათბობას. ნახევრად ნედლად ის შეგვიძლია შევიანახოთ გახვეული 2 წლის განმავლობაში. გათბობის შედეგად პროდუქტის საგემოვნო და სხვა თვისებებიც შენარჩუნებულია.

ჩერ კიდევ 1972 წელს ბომბეში ჩატარებულ საერთაშორისო სიმპოზიუმზე დადგინდა, რომ შეიძლებოდა რადიაციისა და ქიმიური ნივთიერებების კომბინირებული გამოყენება, კარტოფილისა და ხახვის გაღვივებისა და ლპობის თავიდან ასაცილებლად.

ამჟამად ბევრ ქვეყანაში იყენებენ მრავალი დასახელების პროდუქტს, რომელიც თერმორადიაციული მეთოდით არის დამუშავებული

ლი და აპრობირებულია მისი გამოყენება ადამიანის საკვებად (საქონლის ხორცი, ღორის ქონი, ხორცი, სოსისი, ქათამი, ღორი, ვირთევზა, და სხვ.).

პროდუქტების კონსერვირებისათვის წარმატებით იყენებენ არა მარტო სტერილიზაციულ დოზებს, გამოსახულს მეგარადებში (მეგარადი — 1.000.000 რადი), არამედ აგრეთვე სუბსტერილიზაციურ დოზებს, გამოსახულს კილორადებში (1 კრადი — 1000 რადი). კვების პროდუქტების თერმორადიაციული სტერილიზაციის მეთოდები გამოიყენება საბჭოთა კავშირში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, კანადაში, დანიაში, უნგრეთში, ისრაელში, პოლანდიაში, ესპანეთში და სხვაგან.

დიდი მნიშვნელობა აქვს რადიაციული მეთოდების გამოყენებას კარტოფილის, სტაფილოს, ხახვის და სხვა მცენარეების გაღვივების საწინააღმდეგოდ. რა კარგ პირობებშიც არ უნდა შევინახოთ კარტოფილი, განსაზღვრული დროს გასვლის შემდეგ მაინც გაღვივდება. რის შედეგადაც საწყობებში იკარგება მარაგის 20%, ამავე დროს მნიშვნელოვნად მცირდება მისი კვებითი თვისებები. კარტოფილის გაღვივება რომ დავთრგუნოთ, საკმარისია მისი დასხივება რადიაციის მცირე დოზით. კარტოფილის გამა-დასხივება უზრუნველყოფს მისი კვებითი ფასეულობის შენახვას, ამავე დროს გაღვივების დაყოვნებას 18 თვემდე. ამრიგად, პრაქტიკულად წყდება კარტოფილის შენახვის პრობლემა. გარდა აღნიშნულისა, კარტოფილის რადიაციული დამუშავება უზრუნველყოფს მავნებლების წინააღმდეგ წარმატებით ბრძოლას.

გამოირკვა, რომ სოიის რადიაციული დამუშავების შედეგად სხვა პრობლემაც წყდება. დასხივების შედეგად შესაძლებელია მასში ოლიგოსაქარიდების შემცირება, რომელიც ორგანიზმში, კერძოდ ნაწლავებში, იწვევს დიდი რაოდენობით გაზების დაგროვებას. გარდა ამისა, აღმოჩნდა, რომ დასხივებული პროდუქტი უფრო სწრაფად იხარშება.

განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა დასხივებით იმ მავნე მწერების წინააღმდეგ ბრძოლას — დეზინსექციას, რომლებიც იწვევენ ზოგიერთი სახეობის პროდუქტების დიდ ზარალს. როგორც ცდებმა გვიჩვენა. ხორბლის. გამხმარი ხილის, ფქვილის, არაქისის, თხილის რადიაციული დეზინსექცია დიდად ეფექტურია და არ ახდენს მათი ტექნოლოგიური და კვებითი თვისებების ცვლილებას. ახალი ხილისა და მწვანის რადიაციული დეზინსექცია აგრეთვე მიჩნეულია, როგორც საკარანტინო ღონისძიება საერთაშორისო ვაჭრობაში, რამდე-

ნადაც იგი იცავს მოვაჭრე ქვეყნების ტერიტორიაზე საშიში მწერების გავრცელებას.

კარგი შედეგია მიღებული შესანახი ხორბლის სტერილიზაციის შედეგად. გამა-გამოსწიება არა მარტო მავნებლების ქუპრებს ანადგურებს, არამედ მწერების კვერცხებსაც, რის შედეგადაც გამორიცხულია მავნებლების გადასვლის შესაძლებლობა ვაგონებიდან და საცავებიდან, რასაც აქამდე ვერავითარი ქიმიური პრეპარატი ვერ უზრუნველყოფდა.

დადგენილია, რომ რადიაციის ბაქტერიოციდული მოქმედება მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს სიმინდის სახამებლის ხარისხს, შესაბამისად — მისგან მომზადებული პროდუქტების სანიტარულ-ჰიგიენურ მაჩვენებლებს.

ხილის კონსერვირებისას საკმარისია გამოსხივების 0,5 მეგარადი დოზა, ხოლო ხილის წვენებისათვის საჭიროა რამდენჯერმე მეტი დოზა. გერმანიის ფედერაციულ რესპუბლიკაში ამზადებენ დიდი მოთხოვნილების პროდუქტს — ყურძნის წვენს საფუარით, რომელიც 3 მეგარადის დოზით დასხივების შედეგად უფრო გემრიელია, ვიდრე პასტერიზებული, ამასთანავე, მისი შენახვა შეიძლება მთელი თვის გახმავლობაში. დაუსხივებელი ყურძნის წვენი კი რამდენიმე საათის შემდეგ იწყებს დუღილს.

ამჟამად დიდი რაოდენობით მზადდება დასხივებული ვაშლის, ყურძნის, პამიდვრის სხვადასხვაგვარი წვენი. წვენების წარმოების დროს კარგ შედეგს იძლევა დასხივებასთან ერთად ასკორბინმჟავას დამატება. რაც შესაძლებელს ხდის დასხივების დოზის შემცირებას. იმ წვენების შენახვის ხანგრძლივობა, რომელიც დასხივებულია 0,5 მეგარადი დოზით და შეიცავს 40 — 50 მგ/ლ ასკორბინმჟავას, ერთ წლამდე გრძელდება.

ამერიკელმა კოსმონავტებმა, რომლებიც მთვარეზე გაფრინდნენ, კოსმოსური ხომალდით „აპოლონ 17-ით“ თან წაიღეს შებოლილი ხორცი, რომელიც სტერილიზებული იყო 3,7 — 4,3 მეგარადი დოზით, ხოლო პური გამომცხვარი იყო 50 კრადი დოზით დასხივებული ფქვილისაგან, რათა არ დაობებულიყო. მათ თან წაიღეს აგრეთვე დასხივებული ხილის ნამცხვარი. ასევე მომარაგებული იყო დასხივებული პროდუქტებით კოსმოსური ორბიტული სადგურის „სკაილების“ ეკიპაჟი.

ამჟამად მუშავდება იმ კოსმოსური ხომალდების რადიაციული სტერილიზაციის პროექტები, რომლებიც გამიზნულია სხვა პლანე-

ტებზე დასაჯდომად. საერთაშორისო სამეცნიერო საზოგადოებების საბჭომ მიიღო რეზოლუცია, რომ კოსმოსურ სივრცეში არსებული სისტემების სტერილობა უნდა გამორიცხავდეს სხვა პლანეტების რაიმე დაბინძურებას.

ჩვეულებრივმა თბურმა სტერილიზაციამ შესაძლებელია დააზიანოს ასეთი სისტემების ზოგიერთი ელემენტი. სტერილიზაცია აირით ან ქიმიური ნივთიერებით ეფექტურია მხოლოდ ზედაპირულად და არა მიკროორგანიზმებისათვის, რომლებიც შიგნით ცალკეულ დეტალებსა და კვანძებს შიგნით. ამიტომ საჭირო შედეგი შეიძლება მოგვეცეს მხოლოდ რადიაციულმა სტერილიზაციამ.

## თ ა ვ ი VIII

### მოსახლეობის დაცვა რადიაციისაგან

რადიაციისაგან ადამიანის დაცვის აუცილებლობა ჯერ კიდევ ჩვენი საუკუნის დასაწყისში შეიქნა საჭირო. 1925 წელს მიტჩლერმა მოგვაწოდა ისეთი დასხივების დასაშვები დოზის მეთაფი ნაწილი, რომელიც 30 დღე-ღამის განმავლობაში იწვევს კანის ერითემას (გაწითლებას). 1928 წელს რადიოლოგების II საერთაშორისო კონგრესზე შეიქმნა რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისია, რომელმაც შეიმუშავა რადიაციული უსაფრთხოების რეკომენდაციები. 1934 წელს ამ კომისიამ გამოაქვეყნა პირველი ოფიციალური რეკომენდაციები ეროვნული კომიტეტებისათვის, რომ დასაშვებ—ტოლერანტულ დოზად ჩაითვლებოდა გარედან დასხივების 200 მილირენტგენის ტოლი დოზა დღე-ღამეში. შემდგომ ეს სიდიდე შემცირდა 2-ჯერ და ეწოდა ზღვრულად დასაშვები დოზა. ახალი ფაქტების დაგროვებასთან დაკავშირებით, შემდგომში ზღვრულად დასაშვები დოზა შემცირდა 50 მილირენტგენამდე დღე-ღამეში (300 მილირენტგენი კვირაში). 1958 წელს დასაშვებ წლიურ დოზად მიიღეს 5 რენტგენის ტოლი ბიოლოგიური ეკვივალენტის დასხივება. 1966 წელს გამოქვეყნდა რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის რეკომენდაციები (№ 9 პუბლიკაცია) რომელშიც განსაზღვრულია რადიაციული დაცვის პრინციპები, დოზების შეზღუდვის მოთხოვნები და მოცემულია ნორმატივების დასაბუთება. ხოლო ბოლო, 1977 წლის № 26

პუბლიკაციაში განზოგადოებულია მსოფლიოში რადიაციული დაცვის გამოცდილება, შემუშავებულია მთელი რიგი ახალი დებულებანი მაიონიზებული გამოსხივების უშიშროების კრიტერიუმებისა და ნორმირების პრინციპების შესახებ.

საბჭოთა კავშირში რადიაციული დაცვის კომისიის მიერ კანონმდებლური სახით არის მოქმედებაში შემოღებული რადიაციული უშიშროების ნორმები „HPB-76“. ამ დოკუმენტში სამამულო გამოცდილებაზე დაყრდნობით, გამოყენებულია რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის რეკომენდაციები ნორმირების დარგში.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს ქვეყანაში ატომური მრეწველობის შექმნისა და განვითარების პერიოდში ფართოდ გაიშალა მეცნიერული მუშაობა რადიოლოგიის, რადიოეკოლოგიის, რადიაციული ჰიგიენის და რადიაციული მედიცინის დარგებში. ამ სამუშაოში ჩართულია დიდი მეცნიერული ძალები. შექმნილია ათობით სამეცნიერო-საკვლევე ლაბორატორია. მოსახლეობისა და მომსახურე პერსონალის რადიაციული უშიშროების ნორმების დაცვის, აგრეთვე რადიოაქტიური ნივთიერებების გაბინძურებისაგან გარემოს დაცვის დარგში რადიაციულმა ჰიგიენამ თავის მონათესავე დისციპლინებთან შედარებით დიდ წარმატებებს მიაღწია, რაც მთელი რიგი სხვადასხვა სპეციალობის სპეციალისტების ერთობლივი მუშაობის შედეგია.

## 1. რადიაციული უსაფრთხოების პრინციპები

რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის განსაზღვრით, რადიაციული დაცვის მიზანია „უზრუნველყოს მაიონიზებული გამოსხივებისაგან ცალკეული პირების, მათი შთამომავლობისა და კაცობრიობის დაცვა მთლიანად, ამავე დროს შექმნას პირობები ადამიანის პრაქტიკული მოღვაწეობისათვის, რომლის დროსაც ადამიანები შესაძლოა მოხვდნენ მაიონიზებული გამოსხივების გავლენის ქვეშ“. ამავე დროს ამ ძირითად განმარტებაში აღვლი ვერ პოვა გარემოს დაცვის კომპონენტებმა (ფლორის და ფაუნის დაცვამ). რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიას მიაჩნია, რომ უსაფრთხოების დონე, რომელიც გათვალისწინებულია ადამიანისათვის, საკმარისი იქნება სხვა ცოცხალი არსებების დასაცავად.

ამჟამად რადიაციული დაცვის პრაქტიკაში მიჩნეულია, რომ ადამიანისა და ადამიანთა პოპულაციის ყველა ნორმატივი ერთდროულად

ცალკეული ბიოცენოზებისა და ბიოსფეროს დაცვის გარანტიას იძლევა ჩვენი ცოდნის თანამედროვე დონეზე და ემყარება მაიონიზებელი გამოსხივების ბიოლოგიურ მოქმედებას ბიოცენოზებზე მთლიანად.

რადიაციული ფაქტორის ნორმირებისას გამოდიან იქიდან, რომ დასხივების მცირე დოზების ძირითადი ეფექტი არის ავთვისებიანი სიმსივნეების წარმოქმნის სარწმუნო ზრდაა, აგრეთვე გენეტიკური და ზიანებანი. ამასთან ერთად ნორმირებას საფუძვლად უდევს „დოზა-ეფექტის“ უზღვრო ხაზობრივი კონცეფცია, რაც იმას გულისხმობს, რომ მაიონიზებელი გამოსხივების ბიოლოგიურ მოქმედებას არა აქვს ზღვარი (მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი სპეციალისტი დასაშვებად მიიჩნევს ზღვრის არსებობას მცირე დოზების შემთხვევაში). ეს კონცეფცია მიღებულია იმის გამო, რომ არ არსებობს პირდაპირი ჩვენება მცირე დოზის ეფექტისა და ცდილობენ წამოიწყონ მრავალმხრივი ცდები მაიონიზებელი გამოსხივების კანცეროგენული მოქმედების „ზღვრის“ პრობლემის გადასაწყვეტად. ამასთანავე, არ არის რთული იმის დაანგარიშება, რომ აღამიანი თავისი სიცოცხლის 30—50 წლის განმავლობაში ტექნოლოგიურად შეცვლილი რადიაციული ფონის შედეგად ლეზიობს 20 რბეს ტოლი დოზის დასხივებას, რაც იმ დოზასთანაა ახლოს, რომელიც განაპირობებს კიბოს განვითარებას (პირველ ყოვლისა, ინდუცირებული კიბო ფილტვების ალფა-დასხივების შედეგად). ასეთ შემთხვევაში დისკუსიას ზღვრის არსებობა-არარსებობის შესახებ სქოლასტიკური ხასიათი აქვს. ამრიგად, ყოველი დამატებითი დასხივება, ძალიან მცირეც კი, ასე თუ ისე ახდენს გავლენას თითოეული ადამიანის მიერ დაგროვილ დასხივების დოზაზე (30 რბე). საჭიროება იმისა, რომ აღინუსხოს დამატებითი მცირე დოზების მოქმედების შესაძლო ეფექტები, ცხადია, არსებობს, თუ მივიღებთ მხედველობაში იმას, რომ ყველგან, გარემოში, ქიმიური კანცეროგენიბი და მათი მოქმედება შესაძლებელია შეუერთდეს მაიონიზებელი გამოსხივების ეფექტებს.

რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიისა და აგრეთვე სხვა ავტორიტეტული საერთაშორისო ორგანიზაციების მიერ მიღებულმა უზღვრო ხაზობრივმა კონცეფციამ, როგორც პერსონალის და მოსახლეობის დასხივების რეგლამენტირების ყველაზე უფრო მისაღებმა საფუძველმა, იძულებული გახადა ეს ორგანიზაციები, აგრეთვე საბჭოთა კავშირის ჯანდაცვის სამინისტროსთან არსებული რადიაციული დაცვის ეროვნული კომიტეტი, დადგენილი დოზების ზღვართან ერთად, რომელიც განსაზღვრული ხარისხის უსაფრთხოების გარანტიას იძლე-



ვა, მოახდინოს მომსახურე პერსონალისა და მოსახლეობის დამატებითი დოზური დატვირთვის მაქსიმალურად შესაძლო შემცირება.

რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის უკანასკნელ რეკომენდაციებში, რომლებიც დოზური დატვირთვის რეგლამენტირებას ეხება, ძირითადი პრინციპები გადმოცემულია შემდეგნაირად:

1) მაიონიზებული გამოსხივების არცერთი სახეობა არ უნდა იქნეს პრაქტიკაში გამოყენებული, თუ მას არ მოაქვს რეალური, „სუფთა“ სარგებლობა;

2) დასხივების ყველა დოზა უნდა შევინარჩუნოთ იმ დაბალ დონეზე, რომელიც შეიძლება მიღწეულ იქნეს ეკონომიკური და სოციალური ფაქტორების გათვალისწინებით;

3) ცალკეული პირების დასხივების ეკვივალენტური დოზა არ უნდა აღემატებოდეს იმ ზღვარს, რომელიც რეკომენდებულია კომისიის მიერ შესაბამის პირობებში.

საბჭოთა კავშირში მოქმედი „რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები „HPB-76“ შეიცავს ძირითადად მსგავს მოთხოვნებს:

1) არ იქნეს გადამეტებული დადგენილი ძირითადი დოზის ზღვარი;

2) გამოირიცხოს ყოველგვარი დაუზუსტებელი დასხივება;

3) დასხივების დოზა შემცირდეს შესაძლებელ დაბალ დონემდე.

საბჭოთა სანიტარული კანონმდებლობის ძირითადი პრინციპები მიმართულია იქითკენ, რათა მთლიანად დაიცვას ადამიანი გარემოს მანე ფაქტორებისაგან. ასეთი მიდგომის გათვალისწინებით და მაიონიზებული გამოსხივების კანცეროგენული მოქმედების უზღვრო კონცეფციიდან გამომდინარე, საჭირო იყო საერთოდ არ დაგვეშვა მაიონიზებული გამოსხივების არაერთარი მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე. მაგრამ საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ამის გაკეთება შეუძლებელია ბუნებრივი რადიაციული ფონის არსებობის გამო. პრაქტიკულად შეუძლებელია ბუნებრივი რადიაციული ფონის ზევით დამატებითი დასხივების მთლიანად აკრძალვა. პირველყოვლისა, თვით ბუნებრივი რადიაციული ფონი დედამიწაზე მნიშვნელოვან ფარგლებში მერყეობს (80 მრბედან წელიწადში ერთ რეგიონში — 300 მრბემდე წელიწადში სხვა რეგიონში). მეორე მხრივ კაცობრიობა დიდი ხანია მოქცეულია დამატებითი რადიაციის გავლენის ქვეშ. ასეთებია ბუნებრივი რადიონუკლიდების გავლენა, შეცვლილი რადიაციული ფონი მინერალური სასუქების გამოყენების, ქვანახშირის წვის, ადამიანის სათავსში ყოფნის შედეგად.

როგორც აღვნიშნეთ, დასხივების დოზა ქვის საცხოვრებელ შენო-

ბებში ყოფნის შედეგად, ბუნებრივ რადიაციულ ფონთან შედარებით, 1/5-ით იზრდება; რადონ-222-ით ფილტვების დასხივების დოზა, რომელიც გამოიყოფა შენობის კედლებიდან რადონის შვილეულ პროდუქტებთან ერთად (პოლონიუმ-210 და ტყვია-210), აღწევს საშუალოდ 1 რბემდე წელიწადში. მნიშვნელოვან დასხივებას იღებს ადამიანის ორგანიზმი აგრეთვე სამედიცინო რენტგენის და რადიოლოგიური პროცედურების შედეგად. ამჟამად მოსახლეობის ინდივიდუალური დასხივების საშუალო ეფექტური ეკვივალენტური დოზა საბჭოთა კავშირში აგრეთვე სხვა განვითარებულ ქვეყნებში უახლოვდება 400 მრბეს წელიწადში. ამრიგად, თვალნათლივ ჩანს, რომ შეუძლებელია მოსახლეობის დოზური დატვირთვის დაყვანა ნულზე. ეს კია, რომ საჭირო და აუცილებელია დოზური დატვირთვის დასაშვები ზღვრის დადგენა. მიუხედავად იმისა, რომ ასეთი დამატებითი დატვირთვა (თვით ბუნებრივი რადიაციული ფონის ჩათვლით), უთუოდ დაკავშირებულია სიმსივნური დაავადებების წარმოქმნისა და გენეტიკური დარღვევების განვითარების რისკთან.

დოზის დასაშვები ზღვრის კონკრეტული მნიშვნელობის დადგენა და, ამასთანავე, განსაზღვრული რისკის დაშვება კარდინალური მნიშვნელობის საკითხია, მისი სარგებლობა-მავნეობის შეფარდების ოპტიმიზაცია არის ამ საკითხისადმი სწორი, პრინციპული მიდგომა.

ასეთი პრინციპი მიღებულია სამედიცინო რენტგენოლიაგნოსტიკაში. აქ უმეტეს შემთხვევაში მიღებული სადიაგნოსტიკო ინფორმაციის სარგებლობა ასჯერ უფრო მეტია, ვიდრე დასხივების რისკთან დაკავშირებული ზარალი. სამწუხაროდ, მაიონიზებელი გამოსხივების სხვა სფეროში გამოყენებისას ჯერჯერობით შეუძლებელია დასაშვები დოზების შეფასება, ვინაიდან სარგებლობა-მავნეობის შეფარდების საფუძველზე გამოყვანილი ისეთი რიცხობრივი კრიტერიუმი არა გვაქვს, რომელიც შესაძლებლობას მოგვცემდა ეკონომიკური სარგებლობის მაჩვენებლები მიგვეჩინა საზოგადოების ჯანმრთელობის ან სხვა ადეკვატურ შესაბამის მაჩვენებლებად. ამ კონცეფციის სხვა შეუთავსებელი მხარე არის მეცნიერულად დასაბუთებული კრიტერიუმების არარსებობა გადაწყვეტილების მისაღებად იმ შემთხვევაში, როცა „სარგებლობას“ ლებულობენ ერთნი, ხოლო „მავნეობას“ — სხვები. ამიტომ გამოიყენება საკითხისადმი სხვა მიდგომა.

რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის მიერ მიღებული დებულების თანახმად, პროფესიული დასხივების შემთხვევაში რისკი არ უნდა აღემატებოდეს იმ წარმოების რისკს, სადაც უსაფრთხოების

დონე დაბალია ტექნიკური აღჭურვილობის გამო. თანამედროვე შეფასებით. წლიური საშუალო სიკვდილიანობა პროფესიული მიზეზებით, მ. შ. უბედური შემთხვევებით, წარმოებაში არ აღემატება  $10^{-4}$ . ეს მაჩვენებელი მიიღება საფუძვლად პერსონალის დასახივების ზღვრული დონის დასადგენად. დასახივების რისკის ასეთი შეფასება საკმარისად საიმედოდ ითვლება, ვინაიდან დასახივების ეფექტი, რომელიც არ იწვევს სიკვდილიანობას, საერთოდ არ არის გათვალისწინებული დასახივების დოზის ნორმატივის დაცვისას.

რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისია თვლის, რომ მოსახლეობის განსაზღვრული ნაწილისათვის, ე. ი. ცალკეული პირებისათვის, უფრო მეტად მოსახლეობის დასახივებული ნაწილისათვის, რომელიც არ მუშაობს უშუალოდ გამოსხივების წყაროებთან, მაგრამ ცხოვრების პირობების ან სამუშაო ადგილის განლაგების გამო შესაძლებელია მოხვდეს გამოსხივების არეში, რისკი უნდა იყოს ნაკლები ან ტოლი სხვა რისკებისა, რომლებსაც ადგილი აქვს ყოველდღიურ ცხოვრებაში და არაუმეტეს 0,1 რისკისა, რომელიც მიღებულია მომსახურე პერსონალისათვის. ამასთანავე, ეს რისკი უნდა იყოს გამართლებული სარგებლობისა და მოგების თვალსაზრისით, წინააღმდეგ შემთხვევაში იგი არ იქნება მიღებული. რადიაციული რისკი განიხილება სხვა სახეობის რისკების ჩარჩოებში, რომლებიც რეალურად არსებობს ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში და განპირობებულია ადამიანის საცხოვრებელი ხელოვნური გარემოს ზემოქმედებით (მაგალითად. უბედური შემთხვევები ტრანსპორტის გამოყენებისა).

ასეთი რისკების შეფასების საფუძველზე რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისია მიიჩნევს, რომ ცალკეული პირებისათვის შეიძლება მივიღოთ რისკი დასახივების სტოქასტური ეფექტების  $10^{-6}$ — $10^{-5}$  დიაპაზონით წელიწადში.

დასახივების დასაშვები დოზების დასადგენად საბჭოთა მეცნიერებმა დაამუშავეს რეალურად აღმოსაჩენი რისკის დაუშვებლობის კონცეფცია, რომლის თანახმადაც, დასახივების დასაშვები საშუალო ინდივიდუალური დოზა განისაზღვრება დასახივებელი კონტინგენტის რაოდენობის გათვალისწინებით და სიკვდილიანობის ბუნებრივი დონით სპონტანური ავთვისებიანი სიმსივნეების შედეგად. კონცეფცია ითვალისწინებს მცირე დოზების ეფექტების გამოვლინების სარწმუნო ხასიათს. რის შედეგადაც ნორმატივი ახდენს არა ერთეული ადამიანების, არამედ მოცემული მოსახლეობის, კონტინგენტის ან პერსონალის

ეფექტების რეგლამენტირებას. ამასთან ერთად, რაც უფრო დიდი კონტინგენტი, მით უფრო მცირეა დასაშვები საშუალო ინდივიდუალური დოზა. ამ უკანასკნელის დადგენა ხდება იმ პრინციპით, რომ ცნობილი „დოზა-ეფექტების“ კავშირით, რისკი ამა თუ იმ კონტინგენტისათვის არარეალურია (ერთზე ნაკლები შემთხვევა) ან ისეთი, რომელიც ერთი თაობის მთელი ცხოვრების მანძილზე სტატისტიკურად არ აღმოჩნდება. ასეთი მიდგომის გამოყენება შეესაბამება სამამულო ჰიგიენური ნორმირების პრინციპებს (ჰიგიენური ნორმატივის დადგენა ხდება ისე, რომ ნორმირებული აგენტი არ იწვევდეს არავითარ გადახრას ადამიანების ჯანმრთელობის მხრივ, რომელიც კი შეიძლება აღმოჩენილ იქნეს თანამედროვე გამოკვლევის მეთოდებით). საკითხის არსი ითვალისწინებს რადიაციის კანცეროგენული მოქმედების ზღვრის არსებობას, კოლექტიური დოზის პირობით ზღვარს (კოლექტიური დოზა დასხივების სიდიდეა, რომელსაც ლეზიონებს ადამიანთა დიდი კოლექტივები). ამასთან ერთად, მცირე კონტინგენტების შემთხვევაში ცდილობენ განსაზღვრონ ინდივიდუალური დასაშვები დოზის ზღვარი. პროფესიონალებისათვის ასეთ დასხივების ზღვრულად დასაშვებ დოზად, მრავალი წლის დაკვირვების შედეგად, ითვლება 5 რბემდე, ხოლო ზღვრული დოზა მოსახლეობისათვის, რომელიც მოიცავს ბავშვებს, ორსულ ქალებს, ავადმყოფებს და ასე შემდეგ,—0,5 რბე. მართალია ამ მიდგომამ კანონმდებლობაში ვერ პოვა გამოხატულება, მაგრამ ის საჭიროებს შემდგომ გაღრმავებას (ლ. ილინი, ვ. კნიჟნიკოვი და სხვ., 1981).

ჩვენს ქვეყანაში მოქმედი რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებით („НРБ-76“), ზღვრულად დასაშვებ დოზად მიიღება ინდივიდუალური დოზის მაქსიმალური მნიშვნელობა წელიწადში, რომელიც თანაბარი მოქმედებისას 50 წლის განმავლობაში არ იწვევს მომსახურე პერსონალის ჯანმრთელობის უარყოფით ცვლილებებს, რის აღმოჩენაც კი შეიძლება თანამედროვე მეთოდებით. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ზღვრულად დასაშვები დოზის ასეთი განსაზღვრა არ ეწინააღმდეგება რადიაციის მოქმედების უზღვრო კონცეფციას, თუ მხედველობაში მივიღებთ ზემოთ მოყვანილ არგუმენტს—რეალურად აღმოსაჩენი რისკის დაუშვებლობას. დოზების მნიშვნელობის განსაზღვრისას კოლექტიური დოზა, რომელიც ფორმირდება განსაზღვრული კონტინგენტის, პერსონალის ან მოსახლეობისათვის, იმდენად დაბალია, რომ მასთან დაკავშირებული რისკი ან არარეალურია (წარმოადგენს ერთზე ნაკლებ სიდიდეს), ან შეიძლება აღმოჩნდეს ეპიდემიოლოგიური ან

სხვა გამოკვლევების თანამედროვე მეთოდებით, სპონტანური დაავადებების ფონზე.

ზღვრულად დასაშვები დოზის კონკრეტული მნიშვნელობისა და აგრეთვე იმ დოზის ზღვრის დადგენისას, რომელიც მიღებულია რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებით (HPB-76), რადიაციული დაცვის ეროვნული კომიტეტი გამომდინარეობდა აგრეთვე იმ მოსაზრებიდან, რომ, რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის მიერ ფორმულირებული პრინციპის თანახმად, მაიონიზებული რადიაციის მოქმედებისაგან დაცვის ყველა სისტემა მიზნად ასახავს თავიდან ააცილოს მავნე არასტოქასტური ეფექტები პროფესიონალ მუშაკებს და შეზღუდოს სტოქასტური ეფექტების სარწმუნოობა ყველა დასახივებული კონტინგენტისა და მათი მემკვიდრეებისათვის ლიმიტირებულ დონემდე.

არასტოქასტური ეფექტების პროფილაქტიკა უზრუნველყოფს წლიური ეკვივალენტური დოზის რეგლამენტირების საკმაოდ დაბალ ზღვარს. ამასთან ერთად, ითვალისწინებს იმას, რომ დოზის ზღვრის გადამეტება, რომელიც გამოიწვევს შესაბამის ეფექტებს, არ იქნება მიღწეული მთელი შრომითი მოღვაწეობის პერიოდში და დასახივების შემდგომ მთელი ცხოვრების მანძილზე. აღნიშნულ მოთხოვნას უპასუხებს თვითონ განსაზღვრა: „ზღვრულად დასაშვები დოზა“. თეორიულად შესაძლო სტოქასტური ეფექტების შეზღუდვა მიიღწევა რადიაციული დაცვის მოთხოვნების შესრულებით. ეს მოთხოვნებია ყველა სახის დასახივების ისეთ დაბალ დონეზე შენარჩუნება, რომელიც გონივრულად მიიღწევა ეკონომიკური და სოციალური ფაქტორების გათვალისწინებით, აგრეთვე იმ პირობის დაცვით, რომ დასახივება არ აღემატებოდეს შესაბამისი დასახივების დოზის ზღვარს.

## ჟ. რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები

ძირითადი დოზების ზღვრის დადგენისას რადიაციული დაცვის ეროვნული კომიტეტი, ისევე როგორც რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისია, მოსახლეობას დასახივების მიხედვით ყოფს შემდეგ კატეგორიებად:

ა კატეგორია — მომსახურე პერსონალი, პროფესიული პირები, რომლებიც მუდმივად ან დროებით უშუალოდ მუშაობენ გამოსხივების წყაროებთან.

ბ კატეგორია — მოსახლეობის განსაზღვრული ნაწილი, რომელიც

უშუალოდ არ მუშაობს მაიონიზებელ წყაროებთან, მაგრამ საცხოვრებელი პირობების ან სამუშაოს განლაგების მიხედვით შეიძლება განიციდდეს დასხივებას იმ დანადგარებიდან, რომლებიც განლაგებულია მეზობლად.

ბ კატეგორია — ოლქის, მხარის, რესპუბლიკის ან მთელი ქვეყნის მოსახლეობა.

რადიაციული დაცვის ეროვნულმა კომიტეტმა მიიღო გადაწყვეტილება, რომ ზღვრულად დასაშვები დოზები ზემოთ აღნიშნული კატეგორიების პირებში დადგენილიყო ორგანიზმის ცალკე კრიტიკული ორგანოებისათვის, ე. ი. იმ ორგანოებისათვის, რომლებიც ყველაზე უფრო ზიანდება დასხივებისას და წამყვან როლს ასრულებს პათოლოგიური პროცესის განვითარებაში.

დასხივების შედეგების შეფასებისას ყველა ორგანო და ქსოვილი გაერთიანებულია კრიტიკულ ორგანოთა 3 ჯგუფში დასხივების რადიომგრძობელობის კლების მიხედვით. ცალკეული ჯგუფებისათვის დადგენილია შესაბამისი დოზების ზღვარი.

მე-17 ცხრილში გაერთიანებულია კრიტიკული ორგანოები ჯგუფების მიხედვით. ა კატეგორიის პირთათვის დადგენილია ზღვრულად დასაშვები დოზა წლის განმავლობაში (ზდ), ხოლო ბ კატეგორიის პირთათვის — დოზის ზღვარი წლის განმავლობაში (დზ).

მოსახლეობის ყოველი კატეგორიისათვის დადგენილია დასხივების ნორმატივების 3 კლასი: I კლასი — დოზის ძირითადი ზღვარი; II კლასი — დასაშვები დონე; III კლასი — საკონტროლო დონე.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, დოზური ზღვარი ნორმალზდება ეკვივალენტური დოზის ერთეულებში — რბე ( $10^{-2}$  ზე). სხვადასხვა სახის მაიონიზებელი გამოსხივების ეკვივალენტური დოზის განსაზღვრისას გამოიყენება ხარისხის კოეფიციენტი, რომელიც რენტგენის, ბეტა-გამა-სხივების ელექტრონების, პოზიტრონებისათვის მიღებულია ერთის ტოლი ოდენობით, სხვადასხვა ენერგიის ნეიტრონებისათვის 3—10-ის, ხოლო ალფა-გამოსხივებისათვის 20-ის ტოლია.

ნორმატივების კლასი „დასაშვები დონე“ შეიცავს მთელ რიგ სიდიდეებს, რომლებიც ძირითადი დოზური ზღვრიდან ნაწარმოებად ითვლება. ბ კატეგორიის პირთათვის ამ ჯგუფის ნორმატივებში შედის: წლის განმავლობაში რადიონუკლიდების ორგანიზმში მოხვედრის ზღვარი, ორგანიზმში დასაშვები შემცველობა. დასაშვები დოზის სიმძლავრე. დასაშვები ნაკადის სიმკვრივე. დასაშვები კონცენტრაცია. ყველა ეს ნორმატივი სრულად შეესაბამება დოზის ზღვარს და ითვლ-

გარეგანი და შინაგანი დასხივების ძირითადი ზღვრული დოზები  
რბე (წელიწადში (10-2 ზე))

კრიტიკული ორგანოების ჯგუფები	ზღვრულად დასაშვებ. დო- ზა ს კატეგორიისათვის	ზღვრული დოზა ბ კატე- გორიისათვის
I მთელი სხეული, გონადები, ძვლის წითელი ტვინი	5	0,5
II კუნთებ-, ფარისებრი ჯირ- კვალ-, სარძეთ ჯირკვალი, ღვიძლ-, ცხიმოვანი ქსოვი- ლი, თირკმლები. ელენთა, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტი, ფილტვები, კუჭ- ქეშა ჯირკვალი, თვალის ბროლი	15	1,5
III კანის საფარველი, ძვლის ქსოვილი, ხელის მტკენე- ბი, წინამხრები, ტერფები	30	3

ბა საწყის წყარობად საკონტროლო დონის დასადგენად. მაგალითად, რადიონუკლიდების ორგანიზმში მოხიდრის წლიური ზღვარი გამოითვლება სასუნთქი ორგანოებისა და საკმლის მომწელებელი ორგანოების გზით მოხვედრილი დოზის ზღვრიდან და მიჩნეულია საწყის სიდიდედ ატმოსფერულ ჰაერში და სასმელ წყალში რადიონუკლიდების დასაშვები კონცენტრაციების დასადგენად. ეს უკანასკნელი გამოითვლება ფილტვების ვენტილაციისა და მოხმარებული წყლის რაოდენობის გათვალისწინებით. დასაშვები დოზის რაოდენობრივი მნიშვნელობა მოცემულია რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებში (HPB-76). რადიონუკლიდების დასაშვები კონცენტრაციები ისეა განგარიშებული, რომ ერთი წლის განმავლობაში გაწონასწორებული რადიონუკლიდების მოქმედებით დოზამ კრიტიკულ ორგანოში არ გადააქარბოს ზღვრულად დასაშვებ დოზებს. როდესაც საქმე ეხება ისეთ რადიონუკლიდებს, რომლებიც ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ ადამიანის მთელი სიცოცხლის განმავლობაში ეერ აღწევენ გაწონასწო-

რებულ მდგომარეობას, მაშინ ეს სიდიდეები ისეა გაანგარიშებული, რომ ზღვრული შემცველობა ან დოზის ზღვარი დაგროვდეს პროფესიულ პირებში (ა კატეგორია) 50 წლის განმავლობაში, ხოლო მოსახლეობის ერთეულ პირებში კი (ბ კატეგორია) — 70 წლის, ე. ი. თითქმის მთელი სიცოცხლის განმავლობაში.

რადიაციული დაცვის სათანადოდ რეგულირებისათვის ყოველი დაწესებულების ხელმძღვანელი ვალდებულია სანიტარული ზედამხედველობის ორგანოებთან შეთანხმებით დაადგინოს ე. წ. საკონტროლო დონე, რომელიც უფრო დაბალი უნდა იყოს, ვიდრე დასაშვები დონე. ვინაიდან არ არის გამორიცხული არათანაბარი დასხივება დროში, რადიონუკლიდების მოხვედრა ორგანიზმში და სხვ., რომელთა წინასწარი განსაზღვრა შეუძლებელია, საკონტროლო დონეს განსაზღვრავენ საშუალო სიდიდეების მიხედვით: დღიური დოზა ა კატეგორიის პირთათვის, თვიური დასხივების დოზა ბ კატეგორიის პირთათვის.

ამგვარად, მომსახურე პერსონალის დასხივების დოზა წელიწადში არ უნდა აღემატებოდეს 5 რბეს, ხოლო 30 წლის განმავლობაში არ უნდა აჭარბებდეს 12 ზღვრულად დასაშვებ დოზას.

ბ კატეგორიისათვის, ე. ი. ოლქის, მხარის, რესპუბლიკისა და მთელი ქვეყნის მოსახლეობისათვის, დასხივების დასაშვები დონე არ არის განსაზღვრული. ბ კატეგორიის მოსახლეობის დასხივების რეგლამენტაცია და კონტროლი უდის საკავშირო ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს კომპეტენციაში. ბ კატეგორიის მოსახლეობის დასხივების ნორმების კრიტერიუმები დადგენილია სიმსივნეების ეფექტისა და გენეტიკური შედეგების მიხედვით. რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებში (HPB-76) მითითებულია მოსახლეობის დასხივების შეზღუდვის საჭიროების მოთხოვნა. ამის მიღწევა შესაძლებელია როგორც გამოსხივების დოზის შემცირებით, ისე იმ ადამიანების რაოდენობის შემცირებით, რომლებიც სხივდებიან. აქედან გამომდინარე, საჭიროა არა მარტო საშუალო ინდივიდუალური დოზის, არამედ კოლექტიური დოზის კონტროლიც.

ყველა პრინციპი და შეზღუდვა, რომელიც საფუძვლად უდევს რადიაციულ დაცვას, საიმედოდ (რამდენიმე ათეულ მილირბემდე წელიწადში) უზრუნველყოფს მოსახლეობის საშუალო ეფექტური ეკვივალენტური დასხივების დოზის გადაუჭარბებლობას გარემოს გაბინძურების შედეგად.

პროფესიული დასხივების ეკვივალენტური დოზის ზღვარი საბჭოთა კავშირში მოქმედებს 20 წლის განმავლობაში. სამამულო პრაქტი-



კამ და მსოფლიოს გამოცდილებამ ტოლფასად დაადასტურა მათი სამედიცინო მომსახურე პერსონალისა და იმ მოსახლეობის რადიაციული უშიშროების უზრუნველყოფისათვის, რომელიც ცხოვრობს ატომური მრეწველობისა და ბირთვული ენერგეტიკის განლაგების რაიონში. იგივე შეიძლება ითქვას საერთოდ გარემოს დაცვაზეც.

პროფესიული მუშაკებისადმი ასეთი კონსტატაცია დაფუძნებულია მათი დისპანსერიზაციის მრავალი წლის გამოცდილებაზე, კლინიკურ გამოკვლევებსა და ჭანმრთელობის სანიტარულ-დემოგრაფიულ შეფასებაზე. სამედიცინო-ბიოლოგიური და სანიტარულ-ჰიგიენური ფართო კომპლექსური სამუშაოების შედეგები. შესრულებული საბჭოთა კავშირში დიდ სტატისტიკურ მასალაზე, შესაძლებლობას იძლევა გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ სხვადასხვა წარმოებისა და დაწესებულების იმ პერსონალის ჭანმრთელობაში, რომელიც მუშაობს რადიაციული უსაფრთხოების ნორმების დაცვის პირობებში, არ შეინიშნება მნიშვნელოვანი კლინიკური გადახრა. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ატომური ენერგეტიკის მომსახურე პერსონალის ინდივიდუალური დასხივების დოზა საბჭოთა კავშირში ყველგან უფრო დაბალია. ვიდრე დადგენილი ზღვრულად დასაშვები დოზა. სხვადასხვა დოზა არ აღემატება 1 რბეს, ხოლო BBP-440 ტიპის ატომურ ელექტროსადგურებში — 0,75 რბეს უდრის (ნ. ბაბაევი, ლ. ილინი და სხვ., 1981).

რადიაციული უსაფრთხოების ნორმებით (HPB-76) დადგენილი საკონტროლო დონე განკუთვნილია რადიაციული მდგომარეობის ოპერატიული კონტროლისა და რადიაციული დაცვის ღონისძიებების დასაგეგმავად. თანახმად რადიაციული უსაფრთხოების ძირითადი პრინციპებისა, რომლებიც საფუძვლად უდევს ნორმირებას, რადიაციული დაცვის ეროვნული კომიტეტისა და რადიაციული დაცვის საერთაშორისო კომისიის რეკომენდაციით, საკონტროლო დონე უნდა იყოს რაც შეიძლება დაბალი, რომლის მიღწევაც კი შესაძლებელია პრაქტიკულად.

ამის თვალსაჩინო მაგალითად გამოდგება რეკომენდაცია საკონტროლო დონისა, რომელიც ჩამოყალიბებულია ატომური ელექტროსადგურების პროექტირებისა და ექსპლუატაციის ახალ „სანიტარულ წესებში“ (СП-АЭС-79). თანამედროვე ატომური ელექტროსადგურების რადიოაქტიური ნივთიერებების ნარჩენები გარემოში და მოსახლეობის შესაბამისი დასხივების დოზები ბევრად უფრო დაბალი აღმოჩნდა, ვიდრე დასაშვები დონე, რომელიც რადიაციული უსაფრ-

თხოვების ნორმებით არის დადგენილი. ამიტომ „სანიტარული წესებით“ (СП-АЭС-79) შემოღებულია ახალი დოზის ზღვარი იმ მოსახლეობისათვის, რომელიც ცხოვრობს ატომური ელექტროსადგურის განაპირა რაიონში. ეს ზღვარი გამკაცრებულია 20-ჯერ უფრო მეტად HPB-76 დოზის ზღვართან შედარებით (იხ. ცხრილი 18).

ც ხ რ ი ლ ი 18

მოსახლეობის ცალკეული პირების დასხივების დოზის ზღვარი, განპირობებული ატომური ელექტროსადგურის რადიოაქტიური ნარჩენებით

ნარჩენების სახე	დოზის ზღვრის წილი HPB 76 %	დოზის ზღვარი კრტიკული ორგანოების ჯგუფების მიხედვით (მრბე/წელიწადში)		
		I	II	III
აიროვან-აეროზოლური ნარჩენები	4	20	60	120
თხიერი ნარჩენები	1	5	15	30
სულ	5	25	75	150

ძნელია მოინახოს მაგალითი მოსახლეობის რადიაციული ტექნოგენური დატვირთვის ასეთი მკაცრი შეზღუდვისა სხვა მრავალი არაბირთვული მრეწველობის დარგებისათვის. ამ უკანასკნელთა ძირითადი პრობლემაა ისეთი მდგომარეობის მიღწევა, რომ არ მოხდეს არსებული ნორმატივების (ზღვრულად დასაშვები ნარჩენები და მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები) გადაჭარბება, მაგრამ ხშირ შემთხვევაში ამ ღონისძიებების დაცვა არ ხერხდება.

ვინაიდან ატომური ენერჯის გამოყენებას მშვიდობიანი მიზნით გარკვეული წვლილი შეაქვს დასხივების საერთო დოზის შექმნაში, საჭიროა მასობრივი პროფილაქტიკური რენტგენოლოგიური გამოკვლევების მაქსიმალურად შემცირება. ეს განსაკუთრებით ეხება ქალების, ბავშვებისა და მოზარდების კონტინგენტს. მოსახლეობის დასხივება უნდა შეიზღუდოს როგორც დასხივების დოზის შესაძლო შემცირებით, ისე იმ პირთა ხარჯზე, რომელთა დასხივება აუცილებლობით არ არის გამოწვეული.

# შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი . . . . .	3
თავი I. რა არის რადიაცია . . . . .	6
თავი II. მაიონიზებული გამოსხივების ბუნებრივი წყაროები . . . . .	12
1. კოსმოსური გამოსხივება . . . . .	13
2. მაიონიზებული გამოსხივების დედამიწური წყაროები . . . . .	14
3. ტექნოლოგიური მიზნებით გაძლიერებული ბუნებრივი რადიაციული ფონი . . . . .	24
ენერგეტიკული და სამრეწველო ობიექტებიდან გამოფრქვევით წარმოქმნილი მაიონიზებული გამოსხივება . . . . .	28
თავი III. მოსახლეობის დასხივების ხელოვნური წყაროები . . . . .	30
1. ატომური ენერგეტიკა . . . . .	30
2. ატომური იარაღის გამოცდა . . . . .	39
3. მაიონიზებული გამოსხივების ხელოვნური წყაროები, რომლებიც გარემოს არ აბინძურებენ . . . . .	49
თავი IV. მაიონიზებული გამოსხივებით მოსახლეობის დასხივების დოზები . . . . .	52
1. მოსახლეობის დასხივების დოზები ბუნებრივი გამოსხივების წყაროებიდან . . . . .	52
2. მოსახლეობის დასხივების დოზები ხელოვნური გამოსხივების წყაროებიდან . . . . .	59
ბირთვული აფეთქების შედეგად გარემოს გლობალური გაბინძურების დოზები . . . . .	59
მოსახლეობის დასხივება ატომური ენერგეტიკის ობიექტებიდან . . . . .	63
მოსახლეობის დასხივება მაიონიზებული გამოსხივების გამოყენებისას მედიცინაში . . . . .	64
მოსახლეობის დასხივების შეფასება . . . . .	66
თავი V. ადამიანის ორგანიზმზე მაიონიზებული გამოსხივების მცირე დოზების მოქმედების შედეგები . . . . .	69
1. დასხივების ადრეული და შორეული სომატური ეფექტები . . . . .	71
2. დასხივების სომატურ-სტოქასტური ეფექტები . . . . .	75
3. ადამიანის დასხივების გენეტიკური შედეგები . . . . .	82
4. გამოსხივების სხვადასხვა წყაროდან დასხივების საშუალოების შეფასება . . . . .	84
თავი VI. რადიაცია როგორც იარაღი . . . . .	86
თავი VII. მშვიდობიანი ატომი . . . . .	104
1. რადიაცია ბიოლოგიასა და მედიცინაში . . . . .	105
რადიაცია დაავადებათა წინააღმდეგ . . . . .	116
2. რადიაცია სოფლის მეურნეობაში . . . . .	121
ორგანული ნივთიერების ასაკის დადგენა რადიონახშირბადით . . . . .	129
3. რადიაცია და ადამიანის საკვები . . . . .	132
თავი VIII. მოსახლეობის დაცვა რადიაციისაგან . . . . .	142
1. რადიაციული უსაფრთხოების პრინციპები . . . . .	143
2. რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები . . . . .	149

**ХАЗАРАДЗЕ РЕВАЗ ЕЗЕКИЕВИЧ**

**ЧЕЛОВЕК И РАДИАЦИЯ**

(На грузинском языке)

Издательство «Сабчота Сакартвело»  
Тбилиси, Марджанишвили, 5  
1988

რედაქტორი ნ. დოლიძე  
მხატვარი ლ. ღვინჯილია  
მხატვრული რედაქტორი თ. შარიფაშვილი  
ტექნიკური რედაქტორი ზ. გვიმრაძე  
კორექტორი ლ. გულაშვილი  
გამომშვები ნ. მანაგაძე

ს. ბ. № 5125

გადაეცა წარმოებას 10.12.87. ხელმოწერილია დასაბეჭდად  
20.04.88. უე 08433. საბეჭდი ქაღალდი № 1. 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
გარნიტური ვენა. ბეჭდვა მაღალი, პირობითი ნაბეჭდი თა-  
ბახი 9,1. პირ. სალ.-გატ. 9,22. სააღრ.-საგამომც. თაბახი 8,51.  
ტირაჟი 5 000. შეევ. № 659.

ფასი 1 მან. 80 კაპ.

გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“  
თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.

საქართველოს სსრ გამომცემლობათა, პოლიგრაფიისა და წიგ-  
ნის ეპრობის საქმეთა სახელმწიფო კომიტეტის ბეჭდვითი  
სიტყვის კომბინატი, თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.

Комбинат печати Государственного комитета Грузин-  
ской ССР по делам издательства, полиграфии и книж-  
ной торговли, Тбилиси, ул. Марджанишвили № 5.