

მ. ა. ხუბუტია, რ. ი. ვეფხვაძე

რადიოაქტიური იზოტოპები, სხივური  
დაზიანება, მისი გეურნალობა  
და პროფილაქტიკა

ს ა ქ მ ე ლ მ ა მ ი  
თბილისი  
1956



## შ ე ს ა ვ ა ლ ი

საბჭოთა კავშირში მეცნიერებისა და ტექნიკის ყოველი ახალი მიღწევა საბჭოთა ხალხის კეთილდღეობის საქმეს ემსახურება და ძირითადად მშვიდობიანობის მიზნით გამოიყენება. ეს გამოწვეულია იმით, რომ საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტია, მთავრობა და მთელი საბჭოთა ხალხი ემყარებიან მთელს მსოფლიოში მშვიდობის დაცვის პრინციპს. ამის დამადასტურებელია თუნდაც ის ფაქტი, რომ ჩვენში მშვიდობიანი მიზნით ფართოდ იყენებენ ატომურ ენერგიას.

1954 წლის 27 ივნისს ჩვენს ქვეყანაში დამთავრდა და საექსპლოატაციოდ გადაეცა მსოფლიოში პირველი ატომური ელექტროსადგური, რომლის სასარგებლო სიმძლავრე 5000 კილოვატს უდრის. ახლო მომავლისათვის დაგეგმილია გაცილებით დიდი სიმძლავრის ატომური ელექტროსადგურების მშენებლობა.

ატომური ენერგია ფართოდ გამოიყენება საბჭოთა მეცნიერებაში, მრეწველობასა და სახალხო მეურნეობის ყველა დარგში. ამჟამად საკავშირო მასშტაბით იშვიათია ისეთი სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულება, სადაც კვლევის ერთ-ერთ მეთოდად რადიოაქტიურ ნივთიერებებს არ იყენებდნენ.

რადიოაქტიური ნივთიერებანი ფართოდ გამოიყენება მძიმე მრეწველობაში, კერძოდ, მარტენის ლუმელებში, მადნის შერევის პროცესების შესასწავლად, მანქანების საპოხი ზეთებისა და საწვავი მასალის ხარჯიანობის შესამოწმებლად, ლითონსაქრელი იარაღების გაცვეთის ხარისხის შესასწავლად. პრაქტიკულ საქმიანობაში საყოველთაო მოწონება დაიმსახურა დიდი მასის მქონე ლითონის დეტალების დეფექტების აღმოჩენის მიზნით შემუშავებულმა სამრეწველო გამადეფექტოსკოპიის მეთოდმა.

რადიოაქტიურმა ნივთიერებამ ფართო გამოყენება ჰპოვა, აგრეთვე, მადნეულის და ნავთობის საბადოების აღმოჩენის საქმეში, მეტალური კონსტრუქციების წარმოებაში ლითონ ნაწარმის სისქისა და სიმკვრივის გასაზომად, სოფლის მეურნეობაში, ქიმიაში, მედიცინაში, კვებისა და საფეიქრო მრეწველობაში. სახალხო მეურნე-

ობის სხვადასხვა დარგში რადიოაქტიური ნივთიერებების ფართოდ გამოყენებასთან დაკავშირებით ისმის საკითხი ამ დარგებში მომუშავე პერსონალის პროფესიული ხასიათის დაავადების შესახებ. ეს პროფესიული დაავადება ცნობილია სხივური დაავადების სახელწოდებით. სხივური დაავადების შესწავლა, მისი მკურნალობის, პროფილაქტიკის და დაცვის საშუალებათა საფუძვლიანი ცოდნა აუცილებლობას წარმოადგენს. ამ დაავადებასთან ბრძოლისათვის მედიცინის მუშაკები, განსაკუთრებით ისინი, ვინც შრომის ჰიგიენის საკითხებზე მუშაობენ და საექიმო დახმარებას უწევენ სამრეწველო საწარმოთა მუშა-მოსამსახურეებს, კარგად უნდა იცნობდნენ ატომის ენერჯის გამოყენებას ტექნიკაში, მის თვისებებს და აღამიანის ორგანიზმზე მის მოქმედებას.

საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის XX ყრილობის გადაწყვეტილებებში განსაკუთრებული ყურადღება აქვს მიქცეული მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობაში მომუშავეთა სამედიცინო მომსახურებას. ამასთანავე, როგორც ცნობილია, მუშათა შრომის პირობების გაჯანსაღებისათვის ბრძოლა, პროფილაქტიკურ ღონისძიებათა დანერგვა წარმოადგენს საბჭოთა ჯანმრთელობის დაცვის საფუძველს, მედიცინის მუშაკთა წმინდა მოვალეობას. აღამიანის ორგანიზმზე რადიოაქტიურ ნივთიერებათა მავნე მოქმედებასთან ბრძოლა მიზანშეწონილია მანამდე, სანამ იგი ორგანიზმზე იმოქმედებდეს, ე. ი. საჭიროა ისეთი ღონისძიებების გატარება, რომლებიც, უპირველეს ყოვლისა, შრომის პირობების გაჯანსაღებისაკენ იქნება მიმართული.

საბჭოთა მედიცინის მუშაკებს, ხელმძღვანელობენ რა ი. პ. პავლოვის მატერიალისტური მოძღვრებით, მუდამ ახსოვთ დიდი ფიზიოლოგის სიტყვები: „—საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ეტიოლოგია მედიცინის ყველაზე უფრო სუსტი მხარეა. მართლაც დაავადების გამომწვევი ჩვეულებრივი მიზეზები უფრო ადრე შეიქრებიან ავადმყოფის ორგანიზმში და იწყებენ მოქმედებას, ვიდრე ავადმყოფი სამედიცინო დაკვირვების ობიექტი გახდება. დაავადების გამომწვევი მიზეზის ცოდნა მედიცინისათვის უმნიშვნელოვანეს საქმეს წარმოადგენს. ჯერ ერთი, დაავადების გამომწვევი მიზეზის ადრეულად გამოცნობის შედეგად უფრო ადვილდაა შესაძლებელი მის წინააღმდეგ ღონისძიებების ჩატარება. და, მეორე, რაც მთავარია, გამომწვევი მიზეზის მოქმედება შეიძლება ორგანიზმში შექრამდე არ დაუშვათ“.

სხივური დაავადების შემთხვევაში ეტიოლოგიურ ფაქტორს რადიოაქტიური ნივთიერებანი და მათი მოქმედების შედეგად მი-



ღებული ორგანიზმისათვის მავნე პროდუქტები წარმოადგენენ, რის გამოც ღონისძიებების გატარება ისეთი მიმართულებით უნდა წარიმართოს, რომ ადამიანის ორგანიზმზე რადიოაქტიური ნივთიერებების მავნე ზეგავლენა რაც შეიძლება მინიმუმამდე დავიდეს.

უნდა გვახსოვდეს, რომ რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის დროს კარგი სანიტარულ-ჰიგიენური პირობების არსებობა ჯანაპირობებს ისეთი მძიმე დაავადების თავიდან აცილებას, როგორც არის სხივური დაავადება.

საბჭოთა კავშირში მოწინავე და ქმედითი პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარების შედეგად რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის დროს სხივური დაავადების მკაფიოდ გამოსახული პროფესიული ფორმები ძლიერ იშვიათ მოვლენას წარმოადგენს.

## ხშირად სახმარი ერთეულები, სიდიდეები და გამოსახვითი სიმბოლოები

A—მასის რიცხვი.

Me—მასის ერთეული (უდრის  $1,66 \cdot 10^{-24}$ გ)

e—ელექტრონი

me—ელექტრონის უძრაობის მასა (უდრის  $9,106 \cdot 10^{-28}$ გ).

z—ატომის ნომერი

eV—ელექტრონვოლტი (უდრის  $1.60^{-19}$ -ერგი)

KeV—კილო ელექტრონვოლტი ( $10^3$  eV)

MeV—მილიონ ელექტრონვოლტი ( $10^6$  eV)

P<sup>+</sup>—პროტონი

n<sup>0</sup>—ნეიტრონი

β<sup>-</sup>—უარყოფითი ბეტა—ნაწილაკის სიმბოლო

β<sup>+</sup>—პოზიტრონი

α—ჰელიუმის ატომგული (ჰელიონი), ანუ ალფა-ნაწილაკი.

γ—გამაგამოსხივება

r—„რენტგენი“—გამოსხივების ენერჯიაა, რომელიც 1—cm<sup>2</sup> მზრალ ჰაერში 0°C 760 mm სინდიყის სვეტის წნევის პირობებში წარმოქმნის 2.083.10<sup>9</sup> წყვილ იონს, რომელთა მუხტების ჯამი შეადგენს 1 ელექტროსტატიკურ ერთეულს.

rep—„რენტგენის“ ფიზიკური ექვივალენტი

mR—მილირენტგენი ( $10^{-3}$ r).

μR—მიკრორენტგენი ( $10^{-6}$ r).

C—„კიური“—აქტივობის ერთეულია. უდრის რადიოაქტიური ნივთიერების რაოდენობას, რომელშიც 1 სეკ. განმავლობაში ადგილი აქვს  $3,7 \cdot 10^{10}$  ატომთა რადიოაქტიურ გარდაქმნას.

mC—მილიკიური  $3,7 \cdot 10^7$ —ატომთა რადიოაქტიური გარდაქმნა წამში.

μC—მიკროკიური  $3,7 \cdot 10^4$ —ატომთა რადიოაქტიური გარდაქმნა წამში.

Rd—„რენტგენფორდი“ ( $10^6$  ატომის დაშლა/წამში)

$\dot{A}$ —ანგსტრემი ტალღის სიგრძე ( $\dot{A} = 10^{-8}$  სმ)

$T$ —ნახევრადდაშლის პერიოდი

$J\gamma$ —რადიოაქტიური ნივთიერების საიონიზაციო მუდმივა  
(„გამა—მუდმივა“)

$N_A$ —ავოგადროს რიცხვი უდრის  $6,02 \cdot 10^{23}$ —ატომთა რიცხვს  
გრამატომში (ერთ გრამ ნივთიერებაში ატომების

რიცხვი =  $\frac{6,02 \cdot 10^{23}}{A}$ , სადაც  $A$  ატომწონაა).

$U(\sigma)$ —ურანის ატომგულის გახლეჩა.

$\overline{E\beta}$ —ბეტაგამომსხივებლის საშუალო ენერგეტიკული მდგომარეობა.

---

## რადიკალიზაციის ნივთიერება

### 1. საკითხის მოკლე ისტორიული მიმოხილვა

ჯერ კიდევ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე იყო ცნობილი, რომ ბუნებაში არსებული ყოველი ნივთიერება ძლიერ მცირე, თვალის უხილავი ნაწილაკებისაგან—ატომებისაგან შედგება. სიტყვა ატომი ბერძენმა ფილოსოფოსმა დემოკრიტემ შემოიღო (460—370 წლები ჩვენს წელთაღრიცხვამდე), რაც ბერძულ ენაზე განუყოფელს ნიშნავს.

მეორე ბერძენმა ფილოსოფოსმა პლატონმა (427—347 წლები ჩვენს წელთაღრიცხვამდე) გამოთქვა აზრი, რომ ატომები სივრცეში გეომეტრიული კანონზომიერების მიხედვით არიან განლაგებული.

ატომური თეორიის განვითარების საქმეში უძველესი მეცნიერებიდან ლეონტი მიუძღვის აგრეთვე არისტოტელეს (384—322 წ. ჩვენს წელთაღრიცხვამდე), რომლის შეხედულებებმა დიდი გავლენა იქონია შუა საუკუნეების ალქიმიკოსებზე. ალქიმიკოსები დიდხანს ფიქრობდნენ, რომ უბრალო ნივთიერებებისაგან შესაძლებელია ძვირფასი ლითონების—ოქროს, ვერცხლის და სხვათა მიღება.

შემდეგში ატომური თეორიის განვითარება დიდი ხნით შეფერხდა და მისაღმი ინტერესი ნიუტონისა (1643—1727 წ.) და სხვა მეცნიერთა შრომების შემწეობით გამოცოცხლდა.

მ. ვ. ლომონოსოვმა 1748—50 წლებში აღმოაჩინა მატერია და ენერჯიის მუდმივობის კანონი. მან პირველმა აღნიშნა არსებითი სხვაობა ატომებსა და მოლეკულებს შორის, ანუ, როგორც მაშინ უწოდებდნენ, „ელემენტებსა“ და „კორპუსკულებს“ შორის. ცნობილმა რუსმა მეცნიერმა ა. მ. ბუტლეროვმა (1828—86 წ.) პირველმა მოგვცა მეცნიერული თეორია ნივთიერებათა ქიმიური აღნაგობის შესახებ. მანვე იწინასწარმეტყველა იზოტოპების არსებობა.

ატომური თეორიის განვითარების საქმეში განსაკუთრებულად უნდა აღინიშნოს დ. ი. მენდელეევის მიერ 1869 წელს აღმოჩენილი ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემა, რომელიც თანამედროვე მეცნიერული კვლევა-ძიებისა და მრავალი ახალი აღმოჩენის მტკიცე საფუძველია. თავის მიერ აღმოჩენილი კანონზომიერების საფუძველზე დიდმა მეცნიერმა იწინასწარმეტყველა იმ დროისათვის უცნობი ათამდე ელემენტის არსებობა ბუნებაში, წინასწარ ზუსტად აღწერა მათი თვისობრივი მონაცემები, მიუჩინა ადგილი ქიმიურ ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში და ქიმიურ თვისებათა მსგავსების გამო უწოდა: ეკა-ბორი, ეკა-ალუმინი, ეკა-სილიციუმი, ეკა-მარგანეცი, დვი-მარგანეცი, ეკა-ტელური, ეკა-იოდი, ეკა-ცეზიუმი, ეკა-ბარიუმი და ეკა-ტანტალი. აღნიშნული ელემენტები შემდეგში აღმოჩენილ იქნა და ზემოთ ჩამოთვლილი რიგის მიხედვით ამჟამად მათ ეწოდებათ: სკანდიუმი, გალიუმი, გერმანიუმი, ასტატიუმი, ფრანციუმი, რადიუმი და პროტაქტინიუმი.

დ. ი. მენდელეევის ელემენტთა პერიოდული სისტემის მეშვეობით შესაძლებელია ქიმიური ელემენტების ფიზიკური აღნაგობის ძირითადი მონაცემების დადგენაც.

რეზერვორმა (1911 წელს) და შემდეგ ბორმა განავითარეს აზრი, რომ ატომი შედგება ატომგულისაგან, ე. ი. ცენტრალური ნაწილისაგან და მის ირგვლივ ორბიტებზე მოძრავი ელექტრონებისაგან, რომლებიც უარყოფით მუხტებს ატარებენ. თვით ატომგული (ატომის ბირთვი) კი დადებითად არის დამუხტული.

1932 წელს დ. დ. ივანენკომ გამოთქვა აზრი, რომ ატომგული შედგება ორი სახის ნუკლონებისაგან—ნეიტრონებისა და პროტონებისაგან, რაც შემდეგში მთლიანად დადასტურდა.

ამჟამად ატომურ ფიზიკაში საბჭოთა მეცნიერების ძვირფასი თეორიული აღმოჩენები საყოველთაოდ არის ცნობილი.

## 2. ატომის აგებულება და ზოგიერთი თვისება

ბუნებაში არსებული ყოველი ნივთიერება ატომებისაგან შედგება. ატომი, თავის მხრივ, შედგება მძიმე ცენტრალური ნაწილისაგან—ატომგულისაგან, რომელსაც აქვს დადებითი ნიშნის ელექტრული მუხტი და ელექტრული გარსებისაგან, რომლებიც ატომგულის ირგვლივ არსებული უარყოფითი ელექტრული მუხტის მქონე ელექტრონებისაგან ( $e^-$ ) წარმოდგება.

ატომგული შედგება პროტონებისა ( $p^+$ ) და ნეიტრონებისაგან ( $n^0$ ). ამ უკანასკნელებს ხშირად უწოდებენ ნუკლონებს.

ნუკლონი ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს ბირთვის შემადგენელ ნაწილაკს, განურჩევლად იმისა, რომელი იქნება—ნეიტრონი თუ პროტონი.

პროტონები ( $p^+$ ). დადებითად დამუხტული ნაწილაკებია და განაპირობებენ ატომგულის დადებით მუხტს.

ნეიტრონებს ( $n^0$ ) მუხტი არ გააჩნიათ, ისინი ელექტრონეიტრალური არიან და ამიტომ ეწოდებათ „ნეიტრონები“.

პროტონების ( $p^+$ ) და ელექტრულ გარსებზე მყოფი ელექტრონების ( $e^-$ ) რაოდენობა, ჩვეულებრივ, თანაბარია, რაც განაპირობებს მთლიანად ატომის ელექტრულ ნეიტრალობას.

ელექტრულ მუხტს, რომელიც აბსოლუტური სიდიდით ერთი ელექტრონის ( $e^-$ ) მუხტს უდრის, ელემენტარულ ელექტრულ მუხტს ეწოდებენ.

პროტონის ( $p^+$ ) და ელექტრონის ( $e^-$ ) მუხტების სიდიდე ტოლია, ისინი განსხვავდებიან მხოლოდ მუხტის ნიშნით.

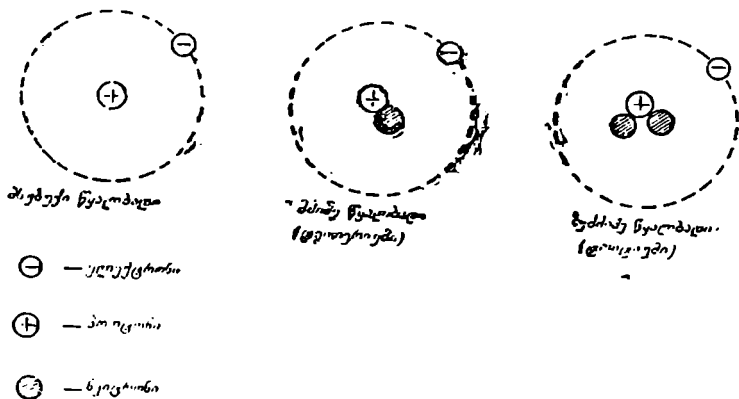
თუ განვიხილავთ ატომის შემადგენელ ნაწილაკთა მასებს, მივიღებთ შემდეგ სურათს: ერთი ელექტრონის უძრაობის მასა ( $m_e$ ) გრამებში გამოსახვისას უდრის  $9,1066 \cdot 0,0032 \cdot 10^{-28}$  გ. ერთი ელექტრონის უძრაობის მასას ( $m_e$ ) თუ შევადარებთ ნეიტრონის ან პროტონის მასას, მივიღებთ, რომ ერთი პროტონის მასა უდრის  $1837 m_e$ , ერთი ნეიტრონის მასა კი— $1839 m_e$ .

თუ ელექტრონის მასას მასის ერთეულებში ( $Me$ ) გამოვსახავთ, მაშინ იგი უდრის  $0,0005486 Me$ , ერთი მასური ერთეული ( $Me$ ) კი უდრის ჟანგბადის ატომის მასის  $1/16$ -ს, ანუ ( $Me$ ) უდრის  $1,66 \cdot 10^{-24}$  გ. ამ შემთხვევაში აღებულია ჟანგბადის ისეთი ატომი, რომლის ატომგული 16 ნუკლონისაგან შედგება (8 ნეიტრონისა და 8 პროტონისაგან), ერთი პროტონის ან ერთი ნეიტრონის მასა კი მასურ ერთეულებში ( $Me$ ) გამოსახვისას დაახლოებით უდრის ერთ  $Me$ .

რომელიმე ატომის ატომწონის მაჩვენებელი რიცხვი, დამრგვალებული უახლოეს მთელ რიცხვამდის, გვაძლევს მის ატომგულში მოთავსებული ნეიტრონებისა და პროტონების რიცხვს. ამ რიცხვს მასურ რიცხვს ეწოდებენ და აღნიშნავენ  $A$ -თი. მაგალითად, ჰელიუმის ( ${}^4_2He$ ) ატომწონა უდრის 4,003 მასურ ერთეულს, ამიტომ მისი  $A=4$ , ე. ი. ჰელიუმის ატომგულში გვექნება ოთხი ნუკლონი.

ბუნებაში გვხვდება ერთი და იგივე სახის ქიმიურ ელემენტთა ატომები, რომლებიც ატარებენ ერთი და იგივე რიგით ნომერს ( $Z$ ), მაგრამ მათი მასის მაჩვენებელი ( $A$ ) სხვადასხვაა. ასეთ ატო-

მებს ეწოდებათ იზოტოპები. სხვანაირად რომ ითქვას, იზოტოპები ეწოდება ისეთ ქიმიურ ელემენტებს, რომლებსაც ატომ-გულეებში პროტონების რაოდენობა თანაბარი აქვთ, ხოლო ნეიტრონებისა კი თითოეულ მათგანს სხვადასხვა გააჩნია. სიტყვა „იზოტოპი“ წარმოდგება ბერძულიდან და ნიშნავს ერთი და იგივე. ადგილზე მყოფს, დ. ი. მენდელეევის ქიმიურ ელემენტთა პერიოდული სისტემის მიხედვით ერთი და იგივე უჯრედში მყოფს. მაგალითად, ყველაზე მარტივ ქიმიურ ელემენტს—წყალბადს გააჩნია. სამი იზოტოპი (იხ. ნახაზი № 1), რომელთა ატომგულეებში პროტონების რაოდენობა თანაბარია, ხოლო ნეიტრონების რაოდენობა კი ყოველ იზოტოპს სხვადასხვა აქვს. მათ ატომგულეებში მყოფი ერთი პროტონის შესაბამისად ატომგულის ირგვლივ ელექტრულ გარსზე იმყოფება ერთი ელექტრონი.



ნახაზი 1. წყალბადის იზოტოპების  ${}^1_1\text{H}^1$ ,  ${}^1_1\text{H}^2$ ,  ${}^1_1\text{H}^3$  სტრუქტურული გამოსახულება.

რომელიმე ქიმიურ ელემენტს სიმბოლოურად ასე გამოსახავენ  ${}_Z^AX$ , სადაც X აღნიშნავს ქიმიურ ელემენტს, A—მასურ რიცხვს, ხოლო Z—რიგით ნომერს. მაგალითად,  ${}_{15}^{32}\text{P}$  ნიშნავს, რომ ფოსფორის მასური რიცხვი არის 32, ე. ი. მის ატომგულში იმყოფება 32 ნუკლონი, ხოლო რიგითი ნომერი არის 15. რომელიმე ელემენტის რიგით ნომერს კი შეესაბამება მის ატომგულში მოთავსებულ პროტონთა რაოდენობა, ე. ი. ამ შემთხვევაში ფოსფორის ატომ-

გულის პროტონთა რიცხვი 15-ის ტოლია. რადგან პროტონთა და ნეიტრონთა რიცხვი 32-ის ტოლია, ამიტომ ფოსფორის ატომგულის ნეიტრონთა რიცხვი იქნება  $A-Z$ , ე. ი.  $32-15=17$ . ფოსფორის იზოტოპების  ${}_{15}P^{25}$ ,  ${}_{15}P^{29}$ ,  ${}_{15}P^{30}$ ,  ${}_{15}P^{31}$ ,  ${}_{15}P^{32}$ ,  ${}_{15}P^{33}$ ,  ${}_{15}P^{34}$  შემთხვევებში მათ ატომგულებში პროტონების რაოდენობა თანაბარია (15), ხოლო ნეიტრონების რაოდენობა ყოველ იზოტოპს სხვადასხვა აქვს (13-დან 19-მდე).

არსებობს აგრეთვე სხვადასხვა სახის ქიმიური ელემენტები, რომლებსაც ატომგულებში პროტონების რაოდენობა არათანაბარი აქვთ, მაგრამ მასური რიცხვი ერთი და იგივეა; მაგალითად,  ${}_{6}C^{11}$ ,  ${}_{6}C^{12}$ ,  ${}_{7}N^{11}$ ,  ${}_{8}O^{11}$ . ამგვარ ქიმიურ ელემენტებს ეწოდება იზობარები.

აღნიშნული მაგალითებიდან ჩანს, თუ რა მნიშვნელობა აქვს ქიმიური ელემენტებისათვის ატომგულებში არსებული პროტონებისა და ნეიტრონების რაოდენობრივ შეფარდებას.

ატომის დიამეტრი დაახლოებით  $10^{-8}$  სმ უდრის, ატომგულის დიამეტრი კი  $10^{-12}$  -  $10^{-13}$  სანტიმეტრს. გამოდის, რომ ატომგულის ზომა დაახლოებით 10.000-ჯერ ნაკლებია თვით ატომის ზომასთან შედარებით.

მიუხედავად იმისა, რომ ატომგულის ზომა დაახლოებით 10.000-ჯერ ნაკლებია ატომის ზომაზე, ატომის მთელი მასა და მისი ენერჯიაც ძირითადად ატომის გულშია თავმოყრილი, ე. ი. ყოველი ატომის მასის 99,9%-ზე მეტი მისი ატომგულის შემადგენელი ნაწილაკების მასაზე მოდის, დანარჩენი უმნიშვნელო მასა კი—ატომგულის ირგვლივ მოძრავი ელექტრონების მასაზე.

მაგალითად, ურანის ატომგულის რადიუსი დაახლოებით უდრის  $0,93 \cdot 10^{-12}$  სმ, მოცულობა— $3,4 \cdot 10^{-36}$  სმ<sup>3</sup>. თუ მხედველობაში მივიღებთ მისი ატომგულის თითოეული ნუკლონის მასას, რომელიც მას 238 ცალის რაოდენობით გააჩნია, მივიღებთ, რომ ურანის ატომგულის სიმკვრივე უდრის  $1,16 \cdot 10^{14}$  გ/სმ<sup>3</sup>. მოყვანილი ციფრებიდან ნათლად ჩანს, თუ რა დიდი სიმკვრივე გააჩნიათ ატომგულებს. მაგალითად, თუ ერთ კუბურ სანტიმეტრ მოცულობას მთლიანად გავავსებთ ურანის ატომგულებით, იგი დაახლოებით 116 მილიარდ ტონას აიწონის.

### 3. ელექტრული გარსები (შრამები)

ელექტრონებისა და პროტონების ელექტრული მუხტების სხვაობის მიხედვით, ნუკლონთან შედარებით გაცილებით მსუბუქი ელექტრონი უნდა მიზიდულიყო საკმაოდ მძიმე ატომგულის მიერ



და მკიდროდ შეერთებოდა მას, რაც სინამდვილეში თითქმის, იშვიათ მოვლენას წარმოადგენს. ბუნებრივ პირობებში ამგვარი პროცესები რომ შესაძლებელი იყოს, მაშინ ატომგულის ირგვლივ, მისგან საკმაოდ მოშორებულ მანძილზე, მოძრავი ელექტრონების არსებობა შეუძლებელი გახდებოდა და აგრეთვე ატომგულის დიამეტრი არ იქნებოდა 10.000-ჯერ ნაკლები ატომის მთელ დიამეტრთან შედარებით, რომელსაც ელექტრული ორბიტები ქმნიან. უარყოფითი მუხტის მქონე მსუბუქი ელექტრონების საკმაოდ შორს ყოფნას დადებითი მუხტის მქონე გაცილებით მძიმე ატომგულისაგან განაპირობებს ის მოვლენა, რომ ელექტრონები ატომგულის ირგვლივ იმყოფებიან მუდმივსა და სწრაფ ბრუნვაში. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ მზის ირგვლივ მბრუნავი პლანეტები, რომლებიც თავის ორბიტებზე ბრუნვის მეოხებით წონასწორობის მდგომარეობაში იმყოფებიან და მზის ზედაპირზე არ ეცემიან.

ამ მხრივ გამონაკლისს წარმოადგენს მოვლენა, რომელსაც ატომურ ფიზიკაში ატომგულის მიერ ახლო ელექტრულ გარსზე მყოფი ელექტრონის ჩაქერა ეწოდება, ანუ ე. წ. K ჩაქერა პირველი შრიდან და უფრო იშვიათად L—ჩაქერა მეორე შრიდან.

ატომგულების ირგვლივ მოძრავი ელექტრონების მიერ შექმნილ ელექტრულ გარსებს (ანუ შრეებს) განარჩევენ ატომგულიდან მათი დაშორების მიხედვით და აღნიშნავენ შემდეგი ასოებით: K, L, M, N, O, P, Q. ამრიგად, ატომგულთან ყველაზე ახლო მდებარეობს K ელექტრული გარსი, შემდეგ L გარსი და ა. შ. აღნიშნულის მიხედვით, დ. ი. მენდელეევის ელემენტთა პერიოდული სისტემის ცხრილში ქიმიური ელემენტები განლაგებული არიან რვა ვერტიკალურ სვეტსა და შვიდ ჰორიზონტალურ მწკრივში (პერიოდში). ჰორიზონტალური მწკრივის (პერიოდის) ნომერს შეესაბამება მასში მოთავსებული ელემენტების ატომთა ელექტრული გარსების რაოდენობა, ხოლო ვერტიკალური სვეტის ნომერს კი —მწკრივში არსებულ ელემენტთა ატომების გარეთა ელექტრულ გარსებზე მყოფ ელექტრონთა რაოდენობა.

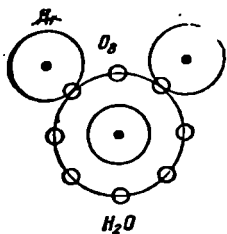
ატომის გარეთა გარსზე მყოფი ელექტრონების რაოდენობა განაპირობებს ელემენტთა ვალენტობას და შესაბამისად—მათ ქიმიურ თვისებებსაც.

ელექტრული გარსების ელექტრონებით შევსება ყველა ქიმიური ელემენტის ატომებში კანონზომიერად მიმდინარეობს. მაგალითად, რადონის K გარსზე იმყოფება 2 ელექტრონი, L გარსზე—8, M გარსზე—18, N გარსზე—32, O გარსზე—18 და P გარსზე—8, ე. ი. სულ 86 ელექტრონი. ამგვარი კანონზომიერების

ჯამონაკლის წარმოდგენენ მიწის იშვიათ ქიმიურ ელემენტთა ატომები, რომელთა გარეთა გარსის შევსება ხდება იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც შიგნითა გარსების ელექტრონებით შევსება ჯერ კიდევ არ არის დამთავრებული.

ქიმიური სტრუქტურების წარმოქმნის პროცესში, პირველ რიგში, გარეთა გარსების ელექტრონები მოქმედებენ. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ ერთ-ერთი შემთხვევის სქემატური გამოსახულება, როდესაც წყალბადის ორი ატომისა და ენგბადის ერთი ატომის შეერთებით წარმოიქმნება წყლის ერთი მოლეკულა (იხ. ნახაზი 2).

აღნიშნულ ნახაზზე ჩანს, რომ ენგბადის ერთი ატომის გარეთა L გარსთან შეერთებულია წყალბადის ორი ატომი ელექტრონების საშუალებით. მოყვანილ შემთხვევაში ენგბადის ატომის L გარსზე იმყოფება საკუთარი n ელექტრონი, ხოლო დანარჩენი ორი ელექტრონი, რომელთა დამატებითაც გარეთა ელექტრონული L გარსი შეივსო 8 ელექტრონით, ეკუთვნის წყალბადის ორ ატომს. აღნიშნული მაგალითიდან ნაწილობრივ ჩანს, აგრეთვე, თუ რა ქიმიური მნიშვნელობა ჰქონია ელექტრული გარსების შევსებას ელექტრონებით.



ნახ. 2. წყლის ოლეკულის სქემატური გამოსახულება.

ატომის გარსში და საკმაო ენერგია გადასცა ატომის ირგვლივ ელექტრულ გარსზე მყოფ რომელიმე ელექტრონს (დავუშვათ, K ელექტრულ გარსზე), მაშინ ეს უკანასკნელი შეიძლება, შეძენილი ჰქარბი ენერგიის გამო, ატომგულიდან უფრო მოშორებულ ელექტრულ გარსზე გადავიდეს, ხოლო როდესაც შეძენილი ენერგია საკმარის სიდიდეს წარმოადგენს, მაშინ შეიძლება ელექტრონი მთლიანად გამოვარდეს ატომის მიზიდულობის სფეროდან. მის მიერ განთავისუფლებული ადგილი სწრაფად შეივსება გარეთა ელექტრული გარსიდან ჩამონაცვლებული ელექტრონით, რომელიც შიგნითა ელექტრულ გარსზე გადახაივლებისას თავის ნარჩენ ენერგიას სინათლის სხივის სახით გამოყოფს.

იმყოფებიან რა ატომის ბირთვიდან განსაზღვრულ მანძილზე, ელექტრონებს ატომგულის მიმართ დაგროვილი აქვთ შესაფერისი კინეტიკური და პოტენციური ენერგია.

ატომის ელექტრულ ორბიტებზე მყოფი ელექტრონები განსაზღვრულ ვითარებაში შეიძლება გამოვარდნენ ატომის გარსიდან. მაგალითად, თუ რომელიმე დამუხტული ნაწილაკი შეიქრა

რაც უფრო დიდია ენერჯის ორი დონის სხვაობა, რომელთა შორისაც ხდება ელექტრონის გადახტომა, მით უფრო მეტი რხევის სიხშირე გააჩნია აღნიშნული პროცესის შედეგად გამოყოფილ გამოსხივებას.

ორბიტალური ელექტრონების გადახტომის დროს შიგნითა ელექტრულ გარსზე წარმოშობილი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება წარმოადგენს რენტგენის სხივების მსგავს გამოსხივებას. ამგვარად წარმოქმნილ გამოსხივებებში არჩევენ  $K$  გამოსხივებას, როდესაც ელექტრონის შეჩერება (დამუხრუჭება)  $K$  გარსზე ხდება,  $L$  გამოსხივებას, როდესაც გადანაცვლებული ელექტრონი  $L$  ელექტრულ გარსზე შეჩერდება, ასევე  $M$  გამოსხივებას და ა. შ. ამგვარი გამოსხივებების რხევის სიხშირე (ტალლის სიგრძე) ელემენტთა რიგითი ნომრის მატების მიხედვით საწინააღმდეგო შემცირებას განიცდის. მაგალითად ბორის  $K$ —გამოსხივების ტალლის სიგრძე უდრის  $64 \text{ \AA}$ , ბისმუტის  $K$  გამოსხივების— $0,14 \text{ \AA}^{(*)}$  და ა. შ.

#### 4. რენტგენის სხივები

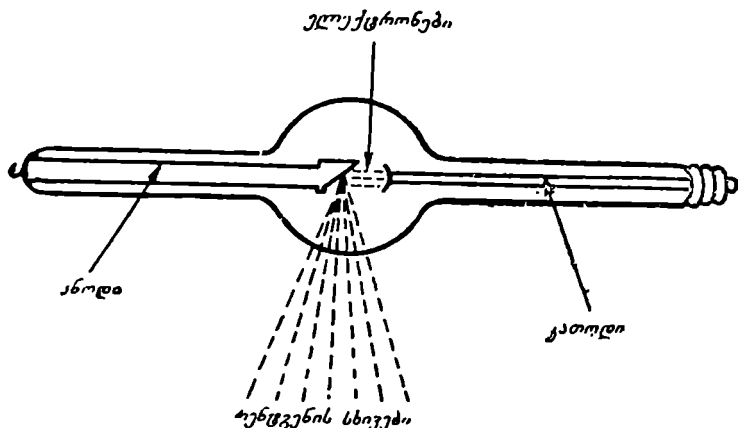
როგორც ცნობილია, დიდი სიჩქარის მქონე ელექტრონების სწრაფად შეჩერების, დამუხრუჭების შედეგად წარმოიშვება ელექტრომაგნიტური გამოსხივება. ამგვარ გამოსხივებას ემყარება რენტგენის მიღების მუშაობა.

რენტგენის სხივები პირველად აღმოჩენილ იქნა 1895 წელს კ. ვ. რენტგენის მიერ და ავტორის პატივსაცემად მის სახელს ატარებს. ამგვარი სხივები წარმოიქმნება თითქმის ყველგან, სადაც ელექტრონები რაიმე წინააღმდეგობას აწყდებიან. აქ მოგვეყავს რენტგენის მილის სქემატური გამოსახულება (იხ. ნახაზი 3).

რენტგენის მილი წარმოადგენს მინის სფერულ ბალონს, საიდანაც ჰაერი მაქსიმალურად არის გამოტუმბული და მოპირდებირე პოლუსებზე შეერთებული (შედულებული) აქვს მინის ორი მილი. ერთ-ერთ მათგანში ჩამაგრებულია მეტალის მასიური ღერო ანტიკათოდი ( $A$ ) დამრეცი ეკრანით. მეორე მილში დენის გამტარი ორი მავთულია გატარებული, რომლებიც სპირალით მთავრდება. ამ ნაწილს კათოდი ეწოდება ( $K$ ).

\*) სიგრძის ერთეულს, რომელიც უდრის  $10^{-8}$  სმ, ეწოდება ანგსტრემი და აღნიშნება  $\text{\AA}$ -თი.

რენტგენის მილის ორივე ბოლო შედუღებულია ჰერმეტიკულად. კათოდსა (K) და ანოდს (ანტიკათოდს) შორის იქმნება პოტენცი-  
ალთა სხვაობა; მაღალი ძაბვის დენი დაახლოებით 100 kv რაოდენ-  
ობით მოდებულია ანოდზე, ხოლო დაბალი ძაბვა—8—12v კათოდ-  
ზე. რენტგენის სხივების მისაღებად, პირველ რიგში, ირთვება კა-  
თოდის მხარე, დაბალი ძაბვა, რის დროსაც ადგილი აქვს კათოდის  
ბოლოზე არსებული სპირალის გავარვარებას. გავარვარებას  
თან ახლავს თბოელექტრონების წარმოქმნა, რომლებიც ქაოტურ  
მდგომარეობაში იმყოფება სპირალის ირგვლივ. ანოდის მხარეზე მა-  
ღალი ძაბვის ჩართვა ქმნის პოტენციალთა სხვაობას. თბო-  
ელექტრონები დიდი სისწრაფით იწყებენ მოძრაობას ანოდისკენ  
და ეჯახებიან ანოდზე მოთავსებულ სამიზნეს („სარკეს“), სადაც



ნახ. 3. რენტგენის მილის სქემატური გამოსახულება

ადგილი აქვს აჩქარებული ელექტრონების დამუხრუჭებას; დამუ-  
ხრუჭებას კი თან ახლავს რენტგენის სხივების წარმოქმნა. ამ დროს  
აჩქარებული ელექტრონების ენერგიის ნაწილი სითბურ ენერგიად  
გარდაიქმნება, რისთვისაც ყველა რენტგენის მილს თან ახლავს  
გამაგრილებელი ანოდის მხარეზე.

### 5. ბუნებრივი რადიოაქტიულობა

ატომგულის შემადგენელი ნაწილაკები—პროტონები და ნეი-  
ტრონები ერთმანეთთან დაკავშირებულია განსაკუთრებული მიზი-  
დულობის ძალებით, რომლებსაც ბირთვული მიზიდულო-

ბის ძალებს უწოდებენ. მათი თავისებურება გამოიხატება იმაში, რომ ისინი ძლიერ აბლო მანძილზე (დაახლოებით 10<sup>-13</sup> სმ) მოქმედებენ.

ატომგულში ბირთვული მიზიდულობის ძალებს გარდა, არსებობს აგრეთვე პროტონებს შორის მოქმედი ელექტროსტატიკური განზიდულობის ძალებიც.

ატომური ნომრის გაზრდასთან ერთად იზრდება ატომგულში შემავალ პროტონთა რაოდენობა და ამის შესაბამისად მათ შორის არსებული ელექტროსტატიკური განზიდულობის ძალა.

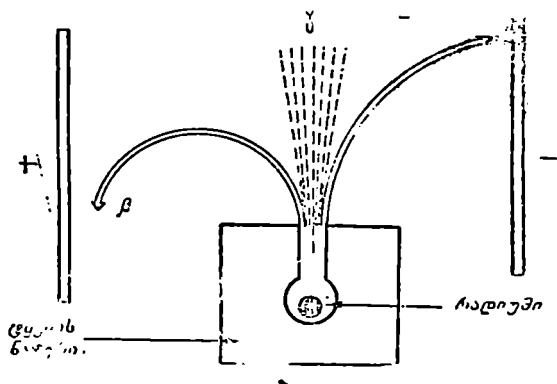
ელემენტთა ატომგულეებში მყოფ ნეიტრონებს აღნიშნული ელექტროსტატიკური განზიდულობის ძალები წონასწორობაში მოყვება და, ამგვარად, განაპირობებენ ატომგულთა მდგრადობას. ამგვარი მოვლენა ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში ბისმუტამდე (მისი ჩათვლით) განლაგებულ ელემენტთა ატომგულეების მიმართ აღინიშნება. ელემენტთა პერიოდული სისტემის ბოლოში მყოფ (ბისმუტის შემდეგ) ელემენტთა ატომგულეებს ამგვარი მდგომარეობა უკვე აღარ ახასიათებს. რის გამოც მათში მიმდინარე ბირთვული გარდაქმნების შედეგად არამდგრადი ატომგულეები შედარებით მდგრად (სტაბილურ) ფორმაში გადადიან. ამგვარად, მიმდინარე ბირთვული გარდაქმნების დროს არამდგრადი ატომგულეებიდან გამოიყოფა (გამოსხივდება) მათი შემადგენელი სხვადასხვა მუხტის, მასის და ენერჯიის ნაწილაკები ან ნაწილაკთა ჯგუფები და აგრეთვე რენტგენის ტიპის ელექტრომაგნიტური სხივები, რომლებსაც უწოდებენ გამა სხივებს. არამდგრად ატომგულეებში თვითდინებით მიმდინარე გარდაქმნისა და მათგან წარმოქმნილ გამოსხივებებს შემდგომში რადიოაქტივობა უწოდეს. „რადიუს“ — ბერძნულად სხივს ნიშნავს.

ამჟამად არჩევენ ბუნებრივსა და ხელოვნურ რადიოაქტივობას.

ბუნებრივი რადიოაქტივობა პირველად სრულიად შემთხვევით იქნა აღმოჩენილი ფრანგი მეცნიერის ანრი ბეკერელის მიერ 1896 წელს. ბეკერელი სწავლობდა ნივთიერებათა ფლუორესცენციის თვისებებს. ამ მიზნით მან ერთ შემთხვევაში იხმარა ურანის ერთ-ერთი მარილი. იმისათვის, რომ მიეღო ფლუორესცენციული გამოსხივება, საჭირო იყო პრეპარატის წინასწარ მზის სხივებით დასხივება, მაგრამ უამინდობის გამო ბეკერელმა აღნიშნული პრეპარატი სინათლის გაუმტარ შავ ქაღალდში გახვეულ ფოტოფირფიტაზე დადო და ბნელ კარადაში შეინახა. მზიანი ამინდის გამოსვლისთანავე ბეკერელმა დააპირა ცდის ჩატარება. მან წინასწარი, შემოწმების მიზნით გამოსახა ერთი ფოტოფირფიტა და სრულიად

მოულოდნელად ფოტოფირფიტაზე აღმოაჩინა ურანის ნატეხის ანაბეჭდი, რომლის გამოსახვა მზის სხივების მოქმედების გარეშე. ბნელ კარადაში მოხდა. ურანის ამგვარ გამოსხივებას რადიოაქტიური გამოსხივება ეწოდა.

რამდენიმე წლის შემდეგ (1898წ.) მარია სკლოდოვსკაიასა და მისი მეუღლის პიერ კიურის მიერ აღმოჩენილ იქნა ახალი რადიოაქტიური ნივთიერებანი—პოლონიუმი, რადიუმი და თორიუმი. რადიუმის გამოსხივება ურანის გამოსხივებასთან შედარებით გაცილებით ინტენსიური აღმოჩნდა. მისი გამოსხივების ანალიზი შეიძლება შემდეგი ცდის საშუალებით (იხ. ნახაზი 4);



ნახ. 4. რადიუმის რადიოაქტიურ გამოსხივებათა დაშლა ელექტრულ ველში.

ტყვიის ნაჭერში გაკეთებულია მილისმაგვარი ჩაღრმავება. რომლის ფსკერზე ათავსებენ რადიუმის მცირე ნაწილს. ტყვიის ნაჭრის ზედაპირზე, ხერელის ამოსავალთან, ქმნიან ელექტრულ ველს, რომელიც ხერელიდან გამოსულ სხივებს შლის სამ ნაკადად, სხივების ერთ ნაკადს, როპელიც ნაკლებად გადაიხრება მაგნიტურ ველის უარყოფითი პოლუსისაკენ, უწოდეს  $\alpha$  გამოსხივება, სხივების მეორე ნაკადს, გაცილებით მეტად რომ გადაიხრება დადებითი პოლუსისაკენ— $\beta$  გამოსხივება, ხოლო სხივების მესამე ნაკადს, რომელიც არ განიცდის მაგნიტური ველის ზეგავლენას— $\gamma$  გამოსხივება.

## 6. რადიოაქტიური გამოსხივებანი

როგორც გამოიჩვენა, რადიოაქტიური გამოსხივებანი წარმოიქმნება ატომის უმცირესი ნაწილაკებისაგან და ელექტრომაგნიტური რხევის ხასიათის სხივებისაგან. მაგალითად  $\alpha$  სხივი შედგება 4 ნაწილაკისაგან, იგი წარმოადგენს ჰელიუმის ატომგულთა ნაკადს, რომელიც, როგორც ცნობილია, ორი პროტონისა და ორი ნეიტრონისაგან შედგება. რომელიმე ატომგულიდან  $\alpha$ -ნაწილაკების გამოსხივების პროცესს ეწოდება  $\alpha$  დაშლა.

ატომგულიდან გამოსროლილი  $\alpha$  ნაწილაკის ჰაერში განარბენი მანძილი სხვა სახის რადიოაქტიური გამოსხივების განარბენთან შედარებით მოკლეა და რამდენიმე სანტიმეტრით განისაზღვრება. თხიერ და მყარ ნივთიერებებში კი მათი განარბენი მანძილი გაცილებით მცირეა და რამდენიმე მიკრონს აღწევს.

ატომგულიდან გამოსროლილ  $\alpha$  ნაწილაკებს აქვთ განსაზღვრული ენერჯია, რომელიც უდრის რამდენიმე მილიონ ელექტრონვოლტს (MeV), ხოლო ერთი ელექტრონვოლტი, როგორც ცნობილია, უდრის  $1,62 \cdot 10^{-12}$  ერგს.

ატომგულიდან გამოსროლილი  $\alpha$  ნაწილაკის საწყისი სიჩქარე დაახლოებით უდრის 14.000—20.00 კმ წაშში.

ბეტა სხივი წარმოადგენს დადებითად ან უარყოფითად დამუხტულ ნაწილაკთა ნაკადს, რომელიც არის შედეგი ატომის გულში მიმდინარე ორი პროცესისა.

1. ნეიტრონის ( $n^0$ ) გარდაქმნის პროცესი.

2. პროტონის ( $P^+$ ) გარდაქმნის პროცესი.

პირველი პროცესის დროს ( $n^0 \rightarrow P^+ + e^- + \nu$ ) ადგილი აქვს უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკის წარმოქმნას, რომელიც ატომის გულიდან გამოსხივდება როგორც ( $\beta^-$ ) ბეტა უარყოფითი გამოსხივება, მეორე პროცესის დროს გარდაქმნას განიცდის ( $P^+$ ) პროტონი, რომელიც ( $P^+ \rightarrow n^0 + e^+ + \nu$ ) კარგავს თავის დადებით მუხტს და მისი მასა გადაიქცევა ელექტრონეიტრალურ მასად, ანუ ნეიტრონად ( $n^0$ ), დაკარგული დადებითი მუხტი პოზიტრონთა ნაკადის სახით გამოსხივდება ატომის გულიდან და პირობით აღინიშნება როგორც ( $\beta^+$ ) ბეტა დადებითი გამოსხივება (იგი აღმოჩენილია 1931 წ.). გარდაქმნას, რომლის დროსაც წარმოიშვება  $\beta^-$  ან  $\beta^+$  გამოსხივება, ბეტა გარდაქმნა ეწოდება. ზემოთ აღნიშნული რეაქციებისათვის ( $n^0, P^+ \rightarrow$  გარდაქმნა) დამახასიათებელია ნეიტრინოს ( $\nu$ ) წარმოქმნა, რომლის არსებობა პრაქტიკულად ჯერ-ჯერობით არ არის დადგენილი.

ბ ნაწილაკის მიერ გავლილი მანძილი გაცილებით მეტია. ვიდრე  $\alpha$  ნაწილაკის განარბენი მანძილი. იგი ჰაერში უდრის დაახლოებით 10 მეტრს, ქსოვილებში კი  $\beta$  ნაწილაკების შეღწევის მანძილი დაახლოებით 0,5 სმ ტოლია.

როგორც ცნობილია, ატომგულიდან გამოსხივებული  $\alpha$  ნაწილაკის სიჩქარე დიდია და საშუალოდ უდრის 17.000 კმ (წამში)  $\beta$  ნაწილაკების სისწრაფე კი გაცილებით მეტია და სინათლის გავრცელების სიჩქარეს (300.000 კმ/წამში) უახლოვდება.

მყარ ნივთიერებებში  $\beta$ -ნაწილაკების შეღწევის უნარი  $\alpha$  ნაწილაკებთან შედარებით გაცილებით მეტია. მაგალითად,  $\alpha$  ნაწილაკების მოძრაობის შეჩერება შეიძლება ალუმინიუმის ფირფიტით, რომლის სისქეა 0,05 მილიმეტრი, მაშინ როდესაც  $\beta$  ნაწილაკებს შეუძლიათ რამდენიმე მილიმეტრის სისქის მქონე ალუმინიუმის ფენაში შეაღწიონ.

ყ სხივები ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ერთ-ერთ სახეობას წარმოადგენს. მათი ტალღის სიგრძე დაახლოებით უდრის  $10^{-8}$  სმ.

ყ სხივებს ელექტრული მუხტი არ გააჩნიათ. ისინი საკმაოდ დიდ მანძილზე ვრცელდებიან. მათი ნივთიერებებში შეღწევადობის უნარი,  $\beta$  სხივებთან შედარებით, 10—100-ჯერ მეტია, ხოლო  $\alpha$  სხივებთან შედარებით—10.000—100.000-ჯერ მეტი.

ყ სხივების შეკავება ალუმინიუმის ფირფიტის საშუალებით მაშინაც კი ვერ ხერხდება, როდესაც მისი სისქე რამდენიმე ათეულ სანტიმეტრს უდრის.

არჩევნ ყ სხივების ნივთიერებებთან ურთიერთმოქმედების ხუთ სახეობას:

1) გამაგამოსხივების გაფანტვა, როდესაც ყ-სხივის ნაკადი ხვდება რაიმე წინააღმდეგობას და ყველა მიმართულებით გაიფანტება. ამგვარი მოვლენა დამახასიათებელია ყველა ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისათვის—როგორც ტალღის სიხშირეც არ უნდა გააჩნდეს მას.

ყ სხივების ამგვარ თვისებას სერიოზული მნიშვნელობა აქვს, მათგან დაცვის ღონისძიებების გატარებაში.

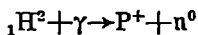


2) ფოტოელექტრონული ეფექტი ისეთი პროცესია, როდესაც გამა გამოსხივების ფოტონის ენერგია მთლიანად გადაეცემა ატომის რომელიმე ორბიტალურ ელექტრონს. ელექტრონი, შეიძენს რა ჭარბ ენერგიას, გამოიტყორცნება ატომის მიზიდულობის სფეროდან. ენერგიის მთლიან გადაცემას ფოტოეფექტი ეწოდება. გამოტყორცნილი ელექტრონები, თავისი მოქმედების აფეროში ქმნიან იონიზაციის პროცესს.

3) კომპტონის ეფექტი, ისეთი პროცესია, როდესაც უგამოსხივება რომელიმე შემავეჯრ ელექტრონს გადასცემს თავისი ენერგიის ნაწილს; ამ დროს იცვლება მისი მიმართულება და იზრდება ტალღის სიგრძეც. თავისუფალი ელექტრონი კი, რომელიც ამ დროს ჭარბ ენერგიას იძენს, ასევე იცვლის თავის მიმართულებასა და სიჩქარეს. მიზიდულობის სფეროდან გამოძევებული ელექტრონი, ისევე როგორც ფოტოეფექტას დროს, იწვევს იონიზაციის პროცესს, ხოლო გამა ფოტონი—დასუსტებული—ეჯახება რომელიმე სხვა ელექტრონს და ენერგიის ნაწილს გადასცემს მას, რის შემდეგაც ელექტრონის განძევებას აქვს ადგილი, ხოლო კიდევ უფრო დასუსტებული გამაფოტონი სხვა მიმართულებით განაგრძობს მოძრაობას ახალი შემხვეჯრი ელექტრონისაკენ, ასე რომ ბოლოს გამა-ფოტონის ენერგია მთლიანად შთაინთქმება ელექტრონის მიერ და კომპტონის ეფექტი ან გაბნევა, როგორც მას ხანდახან უწოდებენ, მთავრდება ფოტოელექტრონული ეფექტით.

4) ელექტრონ-პოზიტრონის წყვილების წარმოქმნა. ფოტონის ატომგულთან ურთიერთმოქმედების დროს ხდება მათ მიერ ექვანტების ენერგიის შთაწაქმა და ერთდროულად ელექტრონ-პოზიტრონის წყვილის გამოსხივება. ამგვარი პროცესი მოსალოდნელია მაშინ, როდესაც გამოსხივების ენერგია საქწაოდ დიდია და დაახლოებით 1,02-დან—10 MeV-მდე აღწევს. უფრო ნაკლები ენერგიის დროს კომპტონეფექტა მოალოდნელი.

5) ფოტოგახლეჩა; ამგვარი მოვლენა გათვალისწინებულია, მაგალითად, მძიმე წყალბადის—დეიტერიუმის ატომგულის მიმართ, რომელიც გამა ექვანტების ზემოქმედების შედეგად იხლიჩება ნეიტრონად და პროტონად:



საერთოდ უგამოსხივების მიერ შესრულებული ხლეჩის პროცესი ჯერ არ არის ზუსტად შესწავლილი.

## 7. ელემენტთა რადიოაქტიური გარდაქმნები

### ატომგულის ნახევა და ჯაჭვური რეაქცია

ყოველი რადიოაქტიური ელემენტისათვის დროის ერთ-რომელივე ერთეულში დამახასიათებელია განსაზღვრული რაოდენობის ატომგულების დაშლა, ე. ი. არსებობს კანონზომიერება, რომლის მიხედვითაც რადიოაქტიურ ელემენტთა გარდაქმნა ხდება განსაზღვრულ პერიოდში განსაზღვრული რაოდენობით.

რადიოაქტიური ელემენტების „სიცოცხლის“ ხანგრძლიობა გამოისახება მათი ნახევრადდაშლის პერიოდით და აღინიშნება ასო—T. ნახევრადდაშლის პერიოდი არის დრო, რომლის განმავლობაშიც იშლება რადიოაქტიური ნივთიერების ნახევარი. მაგალითად, რადიუმის ( ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ ) ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის

1590 წელს, ე. ი. თუ დროის გარკვეულ მომენტში იყო რადიუმის ერთი გრამი, 1590 წლის შენდეგ მისი ატომგულების დაშლის გამო დარჩება რადიუმის ნახევარი—0,5 გ.

რადიოაქტიური დაშლის სიჩქარის დახასიათებისათვის გარდა ნახევრადდაშლის პერიოდისა (T), იყენებენ აგრეთვე სხვა დამახასიათებელ სიდიდეს, რომელსაც დაშლის მუდმივა ეწოდება და აღინიშნება— $\lambda$ -თი:

$$\lambda = \frac{1g2}{T}, \text{ ანუ } \lambda = \frac{0,693}{T}$$

მაგალითად, რადიუმის  ${}_{88}\text{Ra}^{226}$  დაშლის მუდმივა უდრის 1,3814.

10<sup>-11</sup> წამს.

რადიოაქტიური დაშლის შედეგად რადიოაქტიური ნივთიერებანი განიცდიან რთულ გარდაქმნას. მაგალითად, ალფა დაშლის დროს რომელიმე მძიმე ელემენტის ატომგულის მიერ გამოსხივდება  $\alpha$ -ნაწილაკი (ჰელიუმის ატომგული), რის გამოც საწყისი ანუ გამოსავალი ელემენტის ატომგული დაკარგავს მასის 4 ერთეულს, 2 ნეიტრონს და 2 პროტონს, ანუ 2 დადებით მუხტს, ე. ი. მიიღება სხვა ქიმიური ელემენტის ატომგული, რომელიც მენდელეევის ცხრილში იმყოფება საწყისი ქიმიური ელემენტის ორი უჯრედით მარცხნივ. მაგალითად  $\alpha$  დაშლის შედეგად რა.

დიუმის იზოტოპი  ${}_{88}\text{Ra}^{226}$  გადაიქცევა რადონად  ${}_{86}\text{Rn}^{222}$  ბე.

ტა დაშლის დროს, როდესაც რომელიმე რადიოაქტიური ელემენტის ატომგულში მყოფი ნეიტრონი გარდაიქმნება პროტონად და ამის შედეგად ატომგულიდან გამოსხივდება  $\beta$  ნაწილაკი, საწყისი, ანუ გამოსავალი ელემენტადან წარმოიქმნება სხვა ელემენტის იზოტოპი იმავე მასური რიცხვით, ხოლო მისი ატომგული ერთი დადებითი მუხტით გაიზრდება. ამ შემთხვევაში მივიღებთ ახალ ელემენტს, რომელიც მენდელეევის პერიოდული სისტემის ცხრილში იმყოფება გამოსავალი ელემენტის ერთი უჯრედით მარჯვნივ. მაგალითად, რადიუმის ერთ-ერთი იზოტოპი  ${}_{88}\text{Ra}^{218}$  ბეტა-დაშ-

ლის შემდეგ გარდაიქმნება ასტატიუმის იზოტოპად  ${}_{85}\text{At}^{218}$ .

პოზიტრონის ( $\beta^+$ ) გამოსხივების დროს, როდესაც ატომგულში მყოფი პროტონი ნეიტრონად გარდაიქმნება: პროტონი  $\rightarrow$  ნეიტრონი + პოზიტრონი + ნეიტრინო. ამგვარი ბირთვული გარდაქმნის შედეგად წარმოიქმნება სხვა ელემენტის იზოტოპი იმავე მასური რიცხვით, მაგრამ მისი ატომგული ერთ დადებით მუხტს დაკარგავს, ე. ი. საწყისი, ანუ გამოსავალი ელემენტადან წარმოიქმნება სხვა ელემენტის იზოტოპი, რომელიც ერთი უჯრედით მარცხნივ იმყოფება. მაგალითად, ფოსფორის ხელოვნური

რადიოაქტიური იზოტოპის  ${}_{15}\text{P}^{30}$  ატომგული, გამოასხივებს რა პოზიტრონს ( $\beta^+$ ), გარდაიქმნება სილიციუმის სტაბილურ იზოტოპად ( ${}_{14}\text{Si}^{30}$ )

ქიმიურ ელემენტთა ამგვარი გადანაცვლების კანონის დახმარებით ( $\alpha$  და  $\beta$  დაშლა და სხვა) მეცნიერებმა შეძლეს აღმოეჩინათ ახალი ნივთიერებანი, რომელთა ადგილები მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში დიდი ხნის განმავლობაში ცარიელი რჩებოდა. ამასთანავე შესაძლებელი გახდა დადგენილიყო კავშირი, ანუ ე. წ. ნათესაობა, რადიოაქტიურ ელემენტებს შორის, როგორც არის ურანის, თორიუმის და აქტინოურანის ოჯახებო. აღნიშნულ ოჯახებში შემავალი ნივთიერებანი განიცდიან რთულსა და სრავალფეროვან გარდაქმნას, რის შედეგადაც ტყვიის სტაბილურ იზოტოპად გადაიქცევიან. ყოველივე ამის აღვილად გასაგებად ქვემოთ იქნება განხილული საკითხი რადიოაქტიური გარდაქმნების ჯაჭვური რეაქციის და ხელოვნური რადიოაქტივობის შესახებ. ბირთვული რეაქციების დროს ატომის ბირთვი განიცდის ისეთ

ცვლილებებს, რომლებიც გამოიხატება ბირთვის ენერგეტიკული მდგომარეობის შეცვლაში. კერძოდ, ატომი, მაღალი ენერგეტიკული მდგომარეობიდან გადადის დაბალ ენერგეტიკულ მდგომარეობაში. ბირთვული რეაქციის დროს გამოყოფილი ენერგია დიდ სიდიდეს წარმოადგენს.

თუ ქიმიური რეაქციების დროს ადგილი აქვს ათეული და ასეული მცირე კალორიის ენერგიის გამოყოფას, ბირთვული რეაქციებისათვის დამახასიათებელია მილიარდჯერ, მეტი ენერგიის გამოყოფა. აქედან გამომდინარე, ატომის ენერგია წარმოადგენს მცირე მასალიდან მიღებულ დიდ ენერგიას, რომლის დამორჩილებისათვისაც გაცხოველებული მუშაობა მიმდინარეობს.

ალბერტ ეინშტეინის მიერ დადგენილ იქნა თანათარდობა. რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ატომის ენერგიის გამოთვლა:

$$E = mc^2.$$

აღნიშნული ფორმულა ენერგიის და მასის თანათარდობის მაჩვენებელია. მატერიის ძთლიანობის ფორმას წარმოადგენს ენერგია და მასა, რომლებიც ურთიერთდამოკიდებულებაში არიან, ე. ი. თუ სადღე ადგილი აქვს მასის შემცირებას, ადგილი ექნება ენერგიის გამოყოფას და რამდენადაც მეტად მცირდება მასა, მით უფრო დიდი რაოდენობით ხდება ენერგიის გამოყოფა. მასის შემცირება შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, როგორც  $P^+$  და  $n$  შეერთება. ცნობილია, რომ  $P^+$  და  $n$  მასა დაახლოებით ერთ ერთეულს უდრის. თუ მათი შეერთების შემდეგ ადგილი აქვს მასის არა 2 ერთეულის მიღებას, არამედ ნაკლების, მაშინ ადგილი აქვს მასის „დღეექტს“. რამდენადაც დიდია მასის დეფექტი, მით უფრო დიდი რაოდენობით ხდება ენერგიის გამოყოფა და პირიქით, თუ სუმარული რაოდენობა მასისა მეტია, მაშინ ასეთი პროცესების დროს ადგილი აქვს ენერგიის შთანთქმას.

მაგალითად, ჰელიუმის ატომის ბირთვი შედგება  $2P^+$  და  $2n$ -გან, მათი მასა უდრის 4,03 ერთეულს, He ატომური წონა — 4,003 ერთეულს, ე. ი. He ატომის შექმნის დროს გამოიყოფა ენერგია. რის გამოც ატომის მასა მცირეა იმ მასების ჯამზე, რომელთა შეერთებით He ატომი შეიქმნა. ბირთვული ენერგიის მისაღებად ორი გზა არსებობს:

- 1—ელემენტარული ნაწილაკების სინთეზი;
- 2—რთული ბირთვების გახლეჩის რეაქცია.

ელემენტარულ ნაწილაკთა სინთეზის დროს ადგილი აქვს ამ ნაწილაკთა შორის დიდი ძალის ენერგიის მოქმედებას, რაც იწვევს

მათ შეჯახებას და მსუბუქი ბირთვების წარმოქმნას. მაგალითად, He ბირთვის შექმნას ( $2P^+$  და  $2n$  შეერთების შედეგად) თან ახლავს ენერგიის ძლიერ დიდი რაოდენობით გამოყოფა.

ატომის ბირთვთა გახლეჩის რეაქციის დროს ბირთვში აღ- გილი აქვს  $n^0$  შექრას, რის შედეგად ბირთვი იყოფა შედარებით მდგრად ორ ბირთვად.

მაგალითად, ურანის ბირთვსა ( $U^{235}$ ) და მასში შექრილ ნე- იტრონს ( $n^0$ ) შორის შემდეგნაირად მიმდინარეობს ურთიერთმოქ- მედბა: ურანის ბირთვი იხლიჩება ორ ნაწილად. ერთი ნაწილი შეიცავს ბირთვს, რომლის შემადგენლობაშიც შედის 56 პროტონი ( $P^+$ ) და 126 ნეიტრონი ( $n^0$ ), მეორე ნაწილი კი შეიცავს 26 პრო- ტონს და 107 ნეიტრონს. ურანის ატომის ბირთვის აღნიშნული გახლეჩის შედეგად თავისუფლდება სამი ნეიტრონი, თითოეულ მათგანს ცალ-ცალკე შეუძლია შევიდეს ურთიერთმოქმედებაში ურანის სხვა ატომებთან და გამოიწვიოს იგივე სახით ურანის ატომების ბირთვების გახლეჩა. რეაქცია ასე გამოიხატება:  $U^{235} + n^0 \rightarrow Ba^{126} + Kr^{107} + 3n^0$ . გახლეჩის იგივე თვისება ახასიათებს პლუ- ტონიუმის ატომის ბირთვს. დიდი ატომწონის მქონე ნაწილაკთა გახლეჩის შემდეგ ძლიერ დიდი რაოდენობით თავისუფლდება ენერგია, რის შემდეგაც საწყისი არამდგრადი ერთი ბირთვისაგან წარმოიქმნება მდგრადი ბირთვები, რომლებიც რადიოაქტიურ გარდაქმნას აღარ განიცდიან. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ურანის ატომის ბირთვის გახლეჩის შემდეგ წარმოიშვება ორი ახალი ბირთვი, რომლებსაც პროტონთა რაოდენობის მიხედვით ეწოდება ბაზიუმი ( $Ba^{126}$ ) და კრიპტონი ( $Kr^{107}$ ). აღნიშნულ ატომ- თა ბირთვებში  $P^+$  და  $n^0$  შორის სიმპიდროვე გაცილებით მეტია, ვიდრე ურანის ბირთვში იგივე ელემენტარულ ნაწილაკებს შორის. აღნიშნული სიმპიდროვის ცვალებადობითაა განპირობებული ატო- მის ბირთვის გახლეჩის დროს ენერგიის გამოყოფა.

ატომის ენერგიის მიღებას განაპირობებს ატომგულლების ჯაჭვური რეაქცია. ჯაჭვურ რეაქციას ადგილი აქვს აგრეთვე ქი- მიური რეაქციების დროს (მარტივი და დატოტიანებული).

განთავისუფლებული ატომური ენერგია გადადის:

1. ახლადწარმოშობილი ელემენტების — ნამსხვრევეების კინე- ტიკურ ენერგიაში, რომელთა დიდი სისწრაფით მოძრაობა ქმნის მაღალ ტემპერატურას;
2. განთავისუფლებული ნეიტრონების კინეტიკურ ენერგიაში;
3.  $\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  გამოსხივებაში;

ატომის ბირთვების ბომბარდირების დროს ადგილი აქვს მათ ვიბრაციას, გაწელებას და გახლეჩას, რის შედეგადაც მიიღება ნარჩენი ბირთვები — ნამსხვრევები. მიღებული ნამსხვრევები დიდი სისწრაფით მოძრაობენ—20.000 კმ წამში, რაც შაშხანის ტყვიის სისწრაფეს 30.000-ჯერ აღემატება. ახლად წარმოქმნილი ელემენტები ძალზე აგზნებული არიან. ზოგიერთი მათგანი სავსებით კარგავს ელექტრონულ გარსს და მოძრაობს ზოგორც შიშველი ბირთვი. შეპდეგში ბირთვი შექმნის რა თავის ირგვლივ ელექტრონულ გარსს, ხდება აგრეთვე ულტრაიისფერი და რენტგენის სხივების წარმოშობა.

ურანისგან შიღებული ნამსხვრევები წარმოადგენენ ასევე რადიოაქტიურ ნივთიერებებს. ურანის ბირთვის გახლეჩის შედეგად წარმოიქმნება არა ზარტო ბარიუმი და კრიპტონი, არამედ სხვა წყვილებიც.

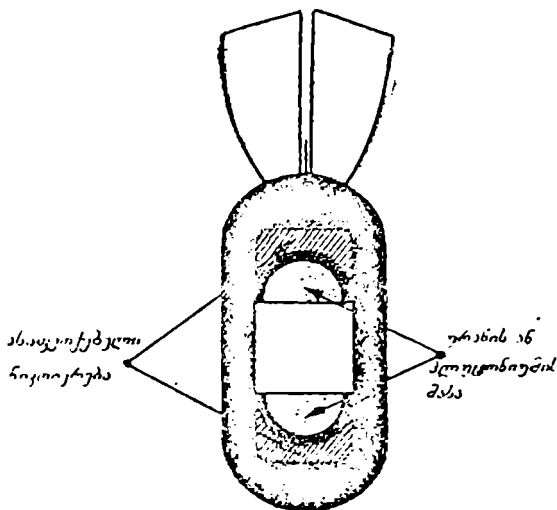
$^{235}\text{U}$ -ის გახლეჩით შეიძლება მივიღოთ 34 ელემენტი, ე. ი. დაახლოებით 17 სახის დაყოფა. მიღებულ რადიოაქტიურ ნივთიერებათა ნახევრადდაშლად პერიოდი უდრის დაახლოებით 10 საათს.

ურანის ნეიტრონებით ბომბარდირება პირველად გერმანელმა ქიმიკოსებმა ჰანმა და შტრასმანმა მოახდინეს. 1939 წ. მათ აღმოაჩინეს, რომ ურანის ბომბარდირების შედეგად წარმოიქმნება Ba და Kr. აღნიშნული მოვლენის ახანა ეკუთვნის ლიზა მეიტნერს და ოტო ფრიშეს. ამგვარად, გამონახული იქნა საშუალება ატომიდან ენერგიის განთავისუფლებისათვის.

1939 წლისათვის მხოლოდ ერთი ელემენტი იყო ცნობილი ურანის ( $^{235}\text{U}$ ) სახით, რომელიც განიცდიდა რადიოაქტიურ გარდაქმნას და რომლის გამოყენებაც შეიძლებოდა „საწვავის“ სახით.

ბუნებაში რადიოაქტიური ურანის ნაერთებიდან გვხვდება  $^{235}\text{U}$  და  $^{238}\text{U}$ . მათ ქიმიური ბუნება ერთნაირი აქვთ, რის გამოც მათი ცალ-ცალკე გამოყოფა დიდ სირთულეს წარმოადგენს. ერთი კგ U შეიცავს 7 გ  $^{235}\text{U}$  და 993 გ  $^{238}\text{U}$ . აღნიშნული იზოტოპების ერთმანეთისაგან გამოყოფა საჭიროა იმიტომ, რომ U ჯაქვეური რეაქცია არ წარიმართება მანამ, სანამ  $^{238}\text{U}$  და  $^{235}\text{U}$  ერთად იმყოფება.  $^{235}\text{U}$  და  $^{238}\text{U}$  ერთმანეთისაგან გამოყოფა ხდება U გაზურ მდგომარეობაში გადაყვანით. გაზი გატარდება ფორების მქონე მრავალ ტიხარში, სადაც დიფერენცირება ხდება მძიმე ნაერთისა მსუბუქისაგან. ასეთი რთული პროცედურის ჩატარების შემდეგ შეძლეს  $^{235}\text{U}$ -ის რამდენიმე კილოგრამის მიღება.

ატომური „საწვავი“ აფეთქებისათვის მოითხოვს განსაზღვრული რაოდენობით არსებობას. ამ რაოდენობას ორი საზღვარი აქვს — „ზემო“ და „ქვემო“. ამ ორ საზღვარს შორის არსებულ რაოდენობას კრიტიკული მასა ეწოდება; კრიტიკული მასა განაპირობებს ჯაჭვური რეაქციის წარმართვას.



ნახაზი 5.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ერთი ნეიტრონი ურანის ბირთვთან შეჯახების შემდეგ მისგან სამ ნეიტრონს ათავისუფლებს. ურანის მცირე მასის არსებობის პირობებში ნეიტრონის ბირთვთან შეჯახების შემდეგ განთავისუფლებული სამივე ნეიტრონი თუ არ შეეჯახა სხვა ბირთვებს, შესაძლებელია ერთი ან ორი ნეიტრონი ურანის მასის მიერ არ შთაინთქას. მაშინ ჯაჭვური რეაქცია ურანის აღნიშნულ ნაპერში არ წარმართება. სხვა შემთხვევაში ურანის მასა მთლიანად ითვისებს ყველა იმ განთავისუფლებულ ნეიტრონს, რომლებიც წარმოიშვება ბირთვული რეაქციის დროს. ასეთ ნაპერში შეიძლება ჯაჭვური რეაქციის წარმართვა იმ შემთხვევაში, როდესაც ურანის მასა ძლიერ დიდია, ჯაჭვური რეაქცია მიმდინარეობს, მაგრამ აფეთქება და მთლიანად ერთჯერადად ენერჯის გამოყოფა არ ხდება, რადგან მთელი ნაპერი იმსხვრევა და ჯაჭვური რეაქციის გარეშე იფანტება მცირე ზომის ურანის ნაპერები. ისეთი შთაბეჭდილება იქმნება, თითქოს, ურანის

დიდი ნაქერი შთანთქავს თავისუფალ ნეიტრონებს და ანელებს მათი მოქმედების უნარს.

ატომური ბომბი პირველად 1945 წელს გამოიყენეს ამერიკელებმა იაპონიის ორი ქალაქის — ხიროსიმასა და ნაგასაკის დაზომების დროს. მასიური მოსპობის საშუალებათა შორის, წყალბადის ბომბის შემდეგ, პირველი ადგილი უკავია ატომურ ბომბს (ნახ. 5).

როგორც ატომური, ისევე წყალბადის ბომბის მოქმედების დიპაზონი რამდენიმე კილომეტრით განისაზღვრება. ატომური ან წყალბადის ბომბის დაცლის შემდეგ ადგილი აქვს სამი სახის ენერჯიის გამოყოფას: 1. მაღალი ტემპერატურის (რამდენიმე ათეული მილიონი გრადუსი); 2. ჰაერის ძლიერი ტალღის (მილიარდი ატმოსფეროს წნევა) და 3. მაიონიზირებელი გამოსხივების სახით. მაღალი ტემპერატურის გამო ვითარდება ხანძრები და ცოცხალი ორგანიზმების დამწვრობები, ჰაერის ძლიერი ტალღა იწვევს ნგრევას და ადამიანის ტრავმულ დაზიანებებს. სხივური დაავადება ვითარდება მაიონიზირებელი გამოსხივების მთელ ორგანიზმზე გარედან მოქმედების შედეგად და აგრეთვე ადამიანის ორგანიზმის შინაგანი დასხივების დროს, როდესაც ორგანიზმში მოხვდება რადიოაქტიური ნივთიერების შემცველი საკვები ან წყალი.

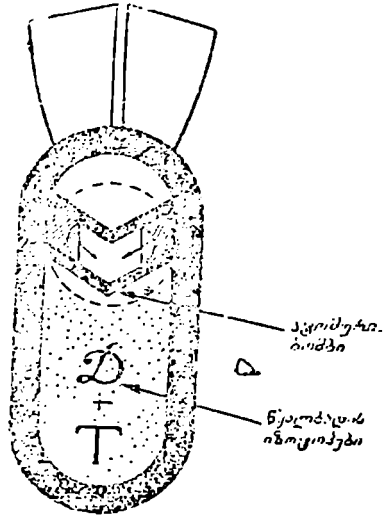
ატომური ბომბი ლითონის ცილინდრული ღრუ ჰურკელია, რომელშიაც მოთავსებულია თავსა და ბოლოში გამაგრებული ორკრიტიკულამდე მასის მქონე ურანის ან პლუტონიუმის მასები. ცილინდრის თავსა და ბოლოში ასაფეთქებელი ნივთიერებაა, რომელიც ელექტროდით დაკავშირებულია ავტომატურ ჩამრთველთან და ელექტროდენის წყაროსთან (ბატარეა). ავტომატური ჩამრთველი როგორც კი ჩართავს ელექტროდენს ქსელში, მაშინვე ხდება ასაფეთქებელი ნივთიერების აფეთქება, რაც იწვევს რადიოაქტიური მასების ერთმანეთთან შეჯახებას, ამის შემდეგ ორი განცალკევებული კრიტიკულამდე მასიდან შეიქმნება ერთი კრიტიკული მასა. კრიტიკული მასისათვის კი, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ჯაჭვური რეაქცია და აფეთქებაა დამახასიათებელი. ატომური ბომბის დაცლის შემდეგ, გარდა მაღალი ტემპერატურისა და ჰაერის ძლიერი ტალღისა, გამოიყოფა მაიონიზირებელი გამოსხივება  $\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  სხივების და ნეიტრონების სახით. ატომური ბომბი შეიძლება აფეთქებულ იქნას ჰაერში დედამიწის ზედაპირიდან 500—1000 მეტრის სიმაღლეზე, დედამიწის ზედაპირზე და წყლის ქვეშ. აფეთქებათა სახეობებიდან ყველაზე ძლიე-



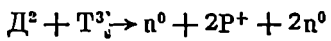
რი დამაზიანებლობით ხასიათდება ჰაერში აფეთქება. რადიოაქტიურ გამოსხივებათა დახასიათების დროს აღნიშნულია, რომ  $\alpha$  და  $\beta$  ნაწილაკების გარბენის მანძილი ათეული მეტრობით განისაზღვრება, ხოლო  $\gamma$  სხივებისა თითქმის განუსაზღვრელია. აქედან გამომდინარე, უნდა აღინიშნოს, რომ ჰაერში აფეთქების დროს გამოყოფილი რადიოაქტიური სხივებიდან ადამიანამდე და დედამიწის ზედაპირამდე აღწევს მხოლოდ  $\gamma$  სხივები და ნეიტრონები...

განსაკუთრებით ძლიერი ბიოლოგიური ეფექტურობით ხასიათდება ნეიტრონების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე. მათ აქვთ უნარი ადამიანის ორგანიზმში ააგზნონ არააქტიური ატომები და გადააქციონ ისინი ხელოვნურ — რადიოაქტიურ ატომებად.

10-ჯერ და 100-ჯერ ძლიერი ეფექტურობით ხასიათდება წყალბადის თერმული ბომბი. იგი წარმოადგენს ატომური ბომბის ოთულ სახეობას. წყალბადის ორი იზოტოპის ნარევიტ სავსე ბალონს თანდართული აქვს ატომის ბომბი. წყალბადის ორი იზოტოპი დეიტერიუმი (D) და ტრიტიუმი (T) ურთიერთშორის რეაქციაში შედიან მაღალი ტემპერატურის მოქმედების შემდეგ. საჭირო ტემპერატურა და წნევა კი მხოლოდ ატომური ბომბის დატლის დროს ვითარდება. რეაქცია მიმდინარეობს ასე:



ნახ. 6.



აღნიშნული რეაქცია განაპირობებს თავისუფალი ნეიტრონის და ჰელიუმის ატომის გულის წარმოქმნას  $\alpha$  ნაწილაკის სახით. განთავისუფლებული ენერგია განუსაზღვრელად დიდ სიდიდეს წარმოადგენს, რაც გამოიხატება თერმულ და ნგრევიტ მოქმედებაში და მაიონიზირებელი გამოსხივების მიერ ცოცხალ ორგანიზმებში სხივური დაავადების განვითარებაში.

წყალბადის ბომბის სიძლიერეს, ატომურ ბომბთან შედარებით, განაპირობებს ის მდგომარეობა, რომ წყალბადის ბომბში წყალბადის იზოტოპების შემცველი ბალონის მოცულობა განუსაზღვრელია, მაშინ, როდესაც ატომურ ბომბში რადიოაქტიური ნივთიერების ნაქრები კრიტიკულ მასას უდრის (იხ. ნახაზი 6).

### რადიოაქტიური ოჯახები

რადიოაქტიური ნივთიერება დროის ერთეულის მიხედვით განიცდის რადიოაქტიურ გარდაქმნას, რის გამოც იგი ერთი სახიდან გადადის მეორეში. რადიოაქტიურ გარდაქმნის დროს ატომი კარგავს განსაზღვრულ ენერგიას და ამის შესაბამისად მასას.

ბუნებრივი რადიოაქტიური ნივთიერებები ზემოთ აღნიშნული გარდაქმნის გამო თანდათან კარგავენ საწყის ენერგიას, იცვლიან საწყის ქიმიურ მდგომარეობას, თანდათან, ენერგიის დაკარგვის პარალელურად, ლეზულობენ ნაკლები ატომწონის მქონე რადიოაქტიური ნივთიერების სახეს და, ბოლოს, რადიოაქტიური გამოსხივების შეწყვეტის მომენტიდან მათი ქიმიური მდგომარეობა შეესაბამება ტყვიას.

ბუნებრივი რადიოაქტიური ნივთიერებები გაერთიანებული არიან ურანის, თორიუმის და აქტინოურანის ოჯახში.

ურანის ოჯახში გაერთიანებულია 18 ელემენტი, რომლებიც წარმოიშევა საწყისი ნივთიერებისაგან ( $U_{92}^{238}$ ). მისი რადიოაქტიური გარდაქმნის გამო წარმოიშევა 16 რადიოაქტიური ახალი ქიმიური ნივთიერება და ერთი — მეჩვიდმეტე ქიმიური არარადიოაქტიური ნივთიერება — ტყვია ( $Pb_{82}^{208}$ ), რომელსაც ურანის ოჯახში RaC სახით გამოსახავენ. თორიუმის ოჯახში ( $Th_{90}^{232}$ ), ურანის ოჯახთან შედარებით, რადიოაქტიურ ნივთიერებათა ნაკლები რაოდენობაა გაერთიანებული, კერძოდ 11 რადიოაქტიური ნივთიერება და ერთი სტაბილური ქიმიური ნივთიერება — ტყვია, რომელიც თორიუმის ოჯახში აღინიშნება ( $Th_{90}^{208}$ ) სიმბოლოთი. აქტინოურანის ოჯახში ( $AcU_{88}^{228}$ ) გაერთიანებულია 13 რადიოაქტიური ნივთიერება და ერთი (მეთოთხმეტე) სტაბილური ქიმიური ნივთიერება — ტყვია, რომელიც გამოიხატება სიმბოლოთი ( $Ac_{82}^{207}$ ).

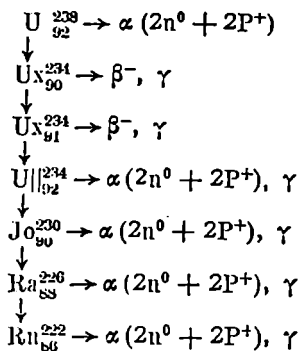
როგორც ვხედავთ, რადიოაქტიური ნივთიერება მისი ატომგულის გარდაქმნის მიხედვით ერთი სახეობიდან მეორე სახეობაში გადადის. მისი წონითი მდგომარეობა, ისევე როგორც მუხტის რაოდენობა, იცვლება იმის მიხედვით, თუ როგორ გამოსხივებასთან გვაქვს საქმე. ურანის ატომი ( $U_{92}^{238}$ ) გამოასხივებს რა  $\alpha$  ნა-

წილაკს, მისი ატომის წონა მცირდება 4 ერთეულით, ხოლო მუხტების რაოდენობა 2-ით. ანაწილაკი შედგება 4-მასური ერთეულისაგან, ანუ ორი ნეიტრონისა ( $2H^0$ ) და 2 პროტონისაგან ( $P^+$ ). ურანის ატომი ღებულობს ახალ სახეს, რომელიც გამოიხატება 234 მასური ერთეულით და 90 დადებითი მუხტის რაოდენობით; ასეთი ქიმიური ნივთიერება იწოდება ურანიქსად  $Ux$  და რიგითი ნომერის (90) მიხედვით წარმოადგენს თორიუმის იზოტოპს. ურანიქსი  $Ux_{90}^{234}$  განიცდის  $\beta^-$ - და  $\gamma$  გარდაქმნას, რის გამოც მიღებული პროდუქტი გამოიხატება სიმბოლოთი  $Ux_{91}^{234}$ , რომელიც თავისი მუხტების რაოდენობის მიხედვით წარმოადგენს პროტაქტინიუმის იზოტოპს. ბეტა უარყოფითი გარდაქმნა მდგომარეობს  $H^0$ -ის დაშლად  $P^+$ ,  $e^-$  და  $\gamma$ , ატომის გულიდან გამოსხივდება  $e^-$ , როგორც  $\beta^-$ —ანაწილაკთა ნაკადი, პროტონი კი რჩება ატომის გულში. როგორც ვხედავთ, ატომის მასური რაოდენობა არ იცვლება, ადგილი აქვს მხოლოდ ერთი ნეიტრონის დაშლას, რის გამოც დადებითი მუხტების რაოდენობა მატულობს ერთი ერთეულით. შემოაღნიშნული გარდაქმნების მიხედვით ურანისაგან მიიღება რადიუმი  $Ra_{88}^{226}$ , რომელიც  $\alpha$ ,  $\gamma$  გარდაქმნის გამო გადაიქცევა რადონად  $Rn_{86}^{222}$ . გარდა აღნიშნულისა, მთელი რიგი  $\alpha$ ,  $\beta^-$   $\gamma$  გარდაქმნების გამო მიიღება პოლონიუმი, რომელიც ურანის ოჯახში გამოსახება სიმბოლოთი  $RnF_{84}^{210}$ . ამ უკანასკნელის გარდაქმნის გამო მიიღება არარადიოაქტიური, ანუ სტაბილური ქიმიური ნივთიერება—ტყვია, რომლის სიმბოლოა ( $RaC'$ ).

თორიუმის და აქტინოურანის რიგის ქიმიურ ელემენტთა გარდაქმნები, ისევე როგორც ურანისა, მიმდინარეობს  $\alpha$ ,  $\beta^-$ , გარდაქმნის მიხედვით. აქაც ადგილი აქვს მთელი რიგი რადიოაქტიური ნივთიერებების წარმოქმნას, რომლებიც წინამდებარისაგან განსხვავდებიან მასური რიცხვის ( $A$ ) და პროტონთა რაოდენობის ( $Z$ ) თანდათანობითი შემცირებით. სამივე ოჯახის ქიმიურ ნივთიერებათა რადიოაქტიური გარდაქმნის საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს სტაბილური ქიმიური ნივთიერებანი — ტყვიის იზოტოპები: სტაბილური ტყვია 206.207,208 მასური ერთეულით და სამივე იზოტოპისათვის ერთნაირი რაოდენობა პროტონებით (82).

ამგვარადვე მიმდინარეობს რადიოაქტიური გარდაქმნები ხელოვნურ რადიოაქტიურ იზოტოპებში. ურანის ოჯახში შემადგენელი რადიოაქტიური ელემენტები დამახასიათებელი გარდაქმნე-

ბის მიხედვით შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგი სქემატურად გამოსახულებით:

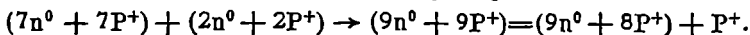
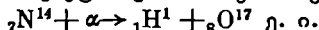


და ა. შ.

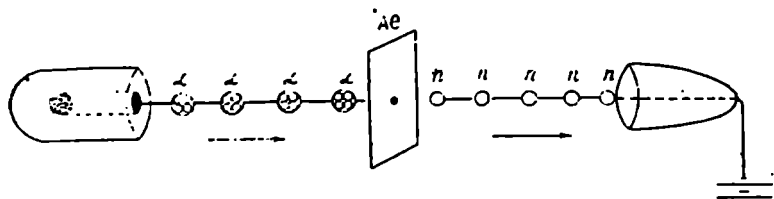
რადიოაქტიური ნივთიერება, რომელიც გარდაქმნის დროს კარგავს  $\alpha$  ნაწილაკს, დ. ი. მენდელეევის ქიმიურ ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში გადაინაცვლებს ორი უჯრით მარცხნივ, ხოლო მისი ატომწონა შემცირდება 4 ერთეულით. ბეტა უარყოფითი გარდაქმნის დროს ატომის მუხტის რაოდენობა იცვლება, იზრდება ერთი ერთეულით, ხოლო წონა უცვლელი რჩება.

### ხელოვნური რადიოაქტიურობა

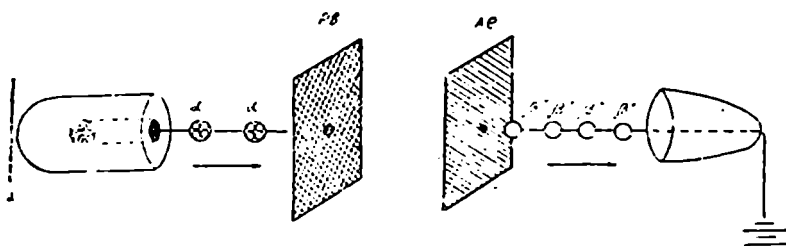
ხელოვნური რადიოაქტიური ნივთიერება მიიღება არააქტიური, ანუ სტაბილური ქიმიური ნივთიერების ატომგულის აღზარების შედეგით, კერძოდ პროტონთა და ნეიტრონთა რაოდენობითი ურთიერთშეთარღობის დარღვევის გზით. რადიოაქტიური გარდაქმნა ხელოვნური გზით პირველად რეზერფორდის მიერ იქნა მიღებული 1919 წელს აზოტის ატომის ბირთვში  $\alpha$  ნაწილაკის შეჭრის ცდის შემდეგ. აზოტის ატომის ბირთვი შედგება ნეიტრონისა ( $7n^0$ ) და პროტონისგან ( $7P^+$ ). აზოტის ატომის ბირთვში  $\alpha$  ნაწილაკის შეჭრის შემდეგ ატომის ბირთვს მიემატება 2 პროტონი და 2 ნეიტრონი. ეს რთული ატომი შექმნისთანავე ფეთქდება, რის გამოც თავისუფლდება ერთი პროტონი. აზოტის შემთხვევაში ატომის ბირთვის ეს რეაქცია გამოისახება ასე:



ამის შემდეგ ცოლ-ქმარ ირენ და ეოლიო კიურების მიერ 1933 წელს ჩატარებული იქნა ცდა ალუმინის თხელ ფირფიტაზე იგივე  $\alpha$ -ნაწილაკების მოქმედებით. ალუმინის ფირფიტის  $\alpha$ -ნაწილაკებით ბომბარდირების შემდეგ მათ შემთხვევით აღმოაჩინეს, რომ ალუმინის ბომბარდირებისას მიღებული ფოსფორი ( ${}_{15}\text{P}^{30}$ ) რადიოაქტიურია და დროთა განმავლობაში გამოასხივებს პოზიტრონებს ( $\beta^+$ ).

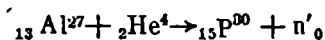


ნახაზი 7.

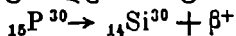


ნახაზი 8.

უღის მიხედვით ალუმინის ფირფიტაზე  $\alpha$ -ნაწილაკების მოქმედების შემდეგ პირველად გამოიტყორცნება ნეიტრონები ( $n$ ) (იხ. ნახაზი 7), ხოლო ბომბარდირების დამთავრების შემდეგ — პოზიტრონები ( $\beta^+$ ) (იხ. ნახაზი 8). აღნიშნული ატომგულური რეაქცია მიმდინარეობს შემდეგნაირად:



(ალუმინიუმი +  $\alpha$ -ნაწილაკები  $\rightarrow$  ფოსფორი + ნეიტრონი).  $\alpha$ -ნაწილაკებით ალუმინიუმის ბომბარდირების შედეგად წარმოიშვება ფოსფორის ხელოვნური რადიოაქტიური იზოტოპი, რომელიც დაშლას განიცდის და პოზიტრონების გამოსხივების შემდეგ გადაიქცევა სილიციუმის სტაბილურ იზოტოპად:



(ფოსფორი→სილიციუმი+პოზიტრონი). ხელოვნური რადიოაქტიური ნივთიერებების მისაღებად აშეამად იხმარება ისეთი დანადგარები, რომლებიც ნივთიერებათა დასაბომბავად გამოტყორცნიან უდიდესი სიჩქარის „ელემენტარულ“ ნაწილაკებს. ასეთ დანადგარებს ეწოდება ამაჩქარებლები (ციკლოტრონი, სინქროციკლოტრონი, სინქროფაზოტრონი და სხვ.).

ამაჩქარებელი დანადგარების საშუალებით შესაძლებელია დიდი სიჩქარის მქონე ნაწილაკების მიღება, მათ შორის ა ნაწილაკების პროტონების, დეიტერონების (ანუ დეიტერიუმის ატომ-გულების) და სხვ.

თუ ციკლოტრონის კამერაში შევეშვებით ჰელიონებს, მაშინ ციკლოტრონი გამოტყორცნის მათ (ანუ ა ნაწილაკებს). თუ ამავე მიზნით ციკლოტრონის კამერაში შევეშვებით მსუბუქ წყალბადს, მაშინ იგი პროტონთა ნაკადს გამოტყორცნის, ხოლო თუ მძიმე წყალბადს—დეიტერონთა ნაკადს და ა. შ.

სინქროციკლოტრონის დახმარებით აღმოჩნდა, რომ თვით პროტონიც კი რთულ სისტემას წარმოადგენს. მის ცენტრში მოთავსებულია მეტად მკვრივი გული, რომლის ოდენობა სამჯერ უფრო ნაკლებია იმ სიდიდებზე, რომელიც წინათ პროტონის რადიუსად იყო მიჩნეული.

ამგვარი ამაჩქარებელი დანადგარების საშუალებით შესაძლებელი გახდა ახალი ნივთიერებების აღმოჩენა, როგორცაა ტეჩნეციუმი, პრომეთეუმი, ასტატიუმი, ფიანციუმი და აგრეთვე ელემენტთა პერიოდულ სისტემაში ურანის მომდევნო, ანუ ტრანსურანული ჯგუფის ელემენტები, რომლებსაც ურანის შემდეგ ცხრა რიგითი უჯრედი უკავიათ ნომერ 101-მდე. 101-ე ელემენტს, როგორც ცნობილია, გამოჩენილი მეცნიერის დ. ი. მენდელეევის პატივსაცემად, ეწოდება მე ნ დ ე ლ ე ე ვ ი უ მ ი.

ხელოვნური რადიოაქტიური ნივთიერებების დიდი რაოდენობით მიღება წარმოებს ატომურ რეაქტორებში (ქვაბებში).

### **რადიოაქტიურ გამოსხივებათა დოზიმეტრია**

რენტგენის სხივების აღმოჩენის თარიღი (1895 წლის დასასრული) თითქმის დაემთხვა რადიოაქტივობის აღმოჩენის თარიღს (1896 წლის დასაწყისი), რის შემდეგაც ახლო პერიოდში დადგენილი იქნა მათი ძლიერი ბიოლოგიური მოქმედების უნარი ცოცხალ ორგანიზმებზე უპარტივესიდან აღამიანამდე.

აშეამად მაიონიზირებელი გამოსხივება ფართოდ იხმარება მეცნიერების სხვადასხვა დარგში. განსაკუთრებით აღსანიშნავია

ზამედიცინო პრაქტიკაში მისი დანერგვა რენტგენოლიაგნოსტიკის, რენტგენოთერაპიის და რადიოთერაპიის სახით.

აღნიშნული დარგების პარალელურად ვითარდება ბიოფიზიკა, რომელიც შეისწავლის რადიოაქტიური სხივების ბიოლოგიურ მოქმედებას. განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს ტექნიკური ფიზიკის დარგი—დოზიმეტრია, რომელიც გამოსხივებათა დამაზიანებელი მოქმედებისაგან დაცვის საშუალებებს შეისწავლის.

რადიოაქტიური გამოსხივების დასაშვებ დოზებად ითვლება 0.05 რენტგენი დღე-ღამის განმავლობაში, 0,3 რენტგენი ერთი კვირის განმავლობაში და არა უმეტეს 15 რენტგენისა ერთი წლის განმავლობაში. გამოსხივების აღნიშნული დოზა ეხება რენტგენისა და გამა-სხივების გარეგან მოქმედებას. იგივე საზომი ერთეულით ვანისაზღვრება  $\alpha$ -და  $\beta$  გამოსხივების დასაშვები ენერგია, რომელიც რენტგენექვივალენტებში გამოისახება.

ჰაერის რადიოაქტიური გამომსხივებლებით დაბინძურების დროს დასაშვებ დოზად ითვლება ერთ ლიტრ ჰაერში  $10^{-11}$  კიური. განსაკუთრებული ტოქსიკურობით ხასიათდება ჰაერში  $10^{-8}$  კიური აქტივობის არსებობა, რომელიც 30 წუთიდან ერთი საათის განმავლობაში ცხოველის სიკვდილს იწვევს.  $10^{-8}$  კიური აქტივობა რამდენიმე საათის განმავლობაში, აგრეთვე, ითვლება სასიკვდილო დოზად. რაც შეეხება დოზას— $10^{-9}$  კიურის, იგი სიკვდილიანობას არ იწვევს, მაგრამ მისგან გამოწვეული დაზიანება ხასიათდება მძიმე მიმდინარეობით.

ტოქსიურობის ხარისხს განაპირობებს რადიოაქტიური მტერის ნაწილაკების მოცულობა. განსაკუთრებული ტოქსიკურობით ხასიათდება მტერი, რომლის ნაწილაკების ზომა ერთ მიკრონზე ( $1 \mu$ ) ნაკლებია. შედარებით იოლი ინტოქსიკაციით ხასიათდება რადიოაქტიური მტერი, რომლის შემადგენელი ნაწილაკების მოცულობა უდრის 4—6 მიკრონს (ტოქსიკურობა 2—4-ჯერ მცირდება).

მწვავე სხივური დაავადება ვითარდება რადიოაქტიური გამოსხივების ერთჯერადი ტოტალური დასხივების დროს. მისი კლინიკური მიმდინარეობა იოლია, თუ დასხივების დოზა არ აღემატება 200 რენტგენს, საშუალო სიმძიმისაა 200—300 რენტგენის მოქმედების ფარგლებში, მძიმე ფორმისაა 400—500 რენტგენის მოქმედების დროს, ხოლო, თუ დასხივების დოზა ვანისაზღვრება 500 და მეტი რენტგენით, დაავადება ელვისებური მიმდინარეობისაა და ყველა შემთხვევაში სიკვდილით მთავრდება.

მოქმედი დოზის დადგენას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება როგორც დაავადების სავარაუდო სიმძიმის განსაზღვრი-  
ხათვის, ასევე სწორი მკურნალობისათვის.

რენტგენის და რადიოაქტიური გამოსხივების დოზიმეტრია-  
ტექნიკური ფიზიკის დარგია და შეისწავლის გამოსხივების დოზის  
დადგენის საშუალებებს. აღნიშნული გამოსხივებებით ნივთიერების  
დასხივებისას ადგილი აქვს სხვადასხვა ხასიათის ცვლილებების  
განვითარებას, რომელთა აღრიცხვის მიხედვითაც შესაძლებელია  
რადიოაქტიურ გამოსხივებათა აღმოჩენა და მათი დოზირება.

რადიოაქტიური გამოსხივება ხასიათდებოდა ფოტოგრაფიული,  
ქიმიური და ბიოლოგიური მოქმედებით, ფლუორესცენციით და  
იონიზაციის წარმოქმნით.

რადიოაქტიურ გამოსხივებათა დოზიმეტრიისათვის ზემოთ  
აღნიშნული პროცესები მეტნაკლები ეფექტურობით ხასიათდება.

ფოტოგრაფიული მეთოდი ხასიათდება განსაკუთრებული-  
სიმარტივით რადიოაქტიურ გამოსხივებათა აღმოჩენის საქმეში.  
რაც შეეხება ამ მეთოდის გამოყენებას, დოზიმეტრიის თვალსაზრი-  
სით, მან ფართო გაერცვლება ვერ მოიპოვა, რადგან იგი მოი-  
თხოვს რთულ მათემატიკურ გამოანგარიშებას, მაგრამ ტექნიკუ-  
რად მაინც არაზუსტ მეთოდად ითვლება. მუშაობის პრინციპი-  
დამყარებულია ფოტოგრაფიული ფირფიტის გაშვების ინტენსიო-  
ბის გამოანგარიშებაზე. \*

ფლუორესცენციის მეთოდი, ისევე როგორც ფოტოგრაფიუ-  
ლი მეთოდი, იშვიათად, მაგრამ მაინც იხმარება როგორც რადიო-  
აქტიური გამოსხივების აღმოსაჩენი საშუალება.

რადიოაქტიურ გამოსხივებათა ბიოლოგიური მოქმედება სა-  
ფუძვლად უდევს თანამედროვე რენტგენო-რადიოთერაპიის და  
წარმოადგენს რადიობიოლოგიის გამოკვლევის საგანს. რაც შეე-  
ხება ბიოლოგიური ძვრების ინტენსიობას, იგი არ შეიძლება ჩაი-  
თვალოს რადიოაქტიური გამოსხივების რაოდენობის განმსა-  
ზღვრელ მოვლენად, რადგან ცნობილია, რომ რადიოაქტიურ-  
გამოსხივებათა ერთი და იგივე დოზის მოქმედება ერთი სახის  
სხვადასხვა ინდივიდუმზე სხვადასხვა ინტენსიობის ბიოლოგიური  
ეფექტურობით ხასიათდება.

ქიმიური დოზიმეტრია დამყარებულია მაიონიზირებელი გა-  
მოსხივების მოქმედების შედეგად ქიმიური რეაქციის გამოსავალზე  
(დაქანგულ და აღდგენილ იონთა რაოდენობაზე). ქიმიური დოზი-  
მეტრიის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს ფოტოდოზიმეტრია.



რადიოაქტიურ გამოსხივებათა ძირითად თვისებად იონიზაციის პროცესი ითვლება. გამოსხივების დოზიმეტრია დამყარებულია ნივთიერების იონიზაციის პროცესზე.

ატომები და მოლეკულები ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ელექტრონეიტრალური არიან, ე. ი. მათში თანაბარი რაოდენობითაა დადებითი და უარყოფითი მუხტები. როდესაც ატომი ან მოლეკულა შეიძენს ან დაკარგავს რომელიმე მუხტს, ე. ი. დაირღვევა ტოლობა დადებით და უარყოფით მუხტებს შორის, ატომი გადავა იონის მდგომარეობაში. როდესაც ატომი ან მოლეკულა შეიძენს უარყოფით მუხტს, იგი უარყოფით იონად იწოდება, ხოლო როდესაც დაკარგავს ერთ უარყოფით მუხტს—დადებით იონად (ე. ი. მასში კარბობს დადებითი მუხტის რაოდენობა).

რადიოაქტიური გამოსხივება ნივთიერებაში იწვევს დადებითი და უარყოფითი იონების წარმოქმნას, რომლებიც ქაოტურად მოძრაობენ და ბოლოს ერთმანეთთან შეერთების შემდეგ ქმნიან ნეიტრალურ მოლეკულებს. აღნიშნულ მოვლენას იონთა რეკომბინაცია ეწოდება.

პრაქტიკაში ხმარებული დოზიმეტრები, რომლებიც დამყარებული არიან იონიზაციის პროცესზე, შესაძლებელია დავყოთ კატეგორიებად ან ჯგუფებად შემდეგი თვისებების მიხედვით:

1. დოზიმეტრები, რომლებიც ითვლიან გამოსხივებას ერთ მომენტში („ДКЗ“; „ФИАКА; დანადგარი „Б“; „МАК“; დოზიმეტრი „Дп-1“) ან მთელი სეანსის განმავლობაში („КВАРТУС“ კონდენსატორული დოზიმეტრი, ინდივიდუალური დოზიმეტრი „ИД-1“ და სხვა), ე. ი. დოზიმეტრები რომლებიც ითვლიან გამოსხივების ინტენსიობას ერთ მომენტში, ანდა სუმარულ დოზას მთელი სეანსის განმავლობაში.

2. ეტალონური და პრაქტიკული დოზიმეტრები. პირველი განსაზღვრული დროის ერთეულში გამოსხივების დოზას ითვლის 2<sup>0</sup>/<sub>100</sub> შეცდომით, მეორე კი გამოსხივების დოზას ადგენს არაუმეტეს 5% შეცდომით.

3. დოზიმეტრები იყოფა სტაციონარულ და პორტატიულ ხელსაწყოებად. სტაციონარული დოზიმეტრები გათვალისწინებულია რენტგენოლოგიური და რადიოლოგიური განყოფილებებისათვის იქ, სადაც ერთ შენობაში რამდენიმე დანადგარია თავმოყრილი.

პორტატიული ტიპის დოზიმეტრები არ არის დაკავშირებული რომელიმე რადიოლოგიურ განყოფილებასთან და შესაძლებელია მათი ხმარება ნებისმიერ დაწესებულებაში.

4. გამოთვლის მიხედვით დოზიმეტრების ერთი ჯგუფი დოზის პირდაპირი მაჩვენებელია. მეორე ჯგუფი კი დამატებით მოითხოვს სხვადასხვა მათემატიკური გამოთვლების ჩატარებას.

5. საზომი მოწყობილობების მიხედვით დოზიმეტრები არის ელექტრომეტრიანები, ელექტრონულნათურებიანი და ელექტრო-სტატიკური რელეთი.

ვიდრე გავარჩევდეთ დოზიმეტრების მოქმედების პრინციპებს, საჭიროდ მიგვაჩნია შევჩერდეთ საზომ ერთეულებზე, რომლებიც ამჟამად მიღებულია რენტგენოლოგიასა და რადიოლოგიაში.

სხივი წარმოადგენს ფოტონების ნაკადს; იგი პირდაპირ პროპორციულია გამოსხივების სიხშირისა და გამოიხატება ფორმულით:

$$E = h \nu \quad (1)$$

სადაც  $E$ —ფოტონის ენერგიაა,  $h$ —პლანკის მუდმივაა და უდრის  $6,62 \cdot 10^{-27}$  ერგ/წამ. პლანკის მუდმივას ხშირად უწოდებენ მოქმედების ქვანტს.

$\nu$ —ტალღის სიხშირეა, რომელიც უკუპროპორციულია ჯალღის სიგრძისა. ეს დამოკიდებულება ტალღის სიხშირესა და სიგრძეს შორის გამოისახება ასე:

$$\nu = \frac{C}{\lambda} \quad (2);$$

სადაც  $C$  სინათლის სხივის სიჩქარეა, იგი უდრის  $300.000 \cdot$  კმ/წამი, ხოლო  $\lambda$  ტალღის სიგრძეა. ფორმულაში  $E = h\nu$  ჩავსვათ  $\nu$  მნიშვნელობა

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (3)$$

ე. ი. თუ ვიცით ტალღის სიგრძე, შეგვიძლია, გამოვითვალოთ იმ ფოტონის ენერგია, რომელიც ქმნის სხივს.

ფოტონის ენერგია იზომება ერგებში. ამაში რომ დავრწმუნდეთ, მეორე ფორმულის მარჯვენა ნაწილში ჩავსვათ სიდიდეთა შესაბამისი განზომილებანი:

$$[E] = \frac{[h] \cdot [C]}{[\lambda]} = \frac{\text{ერგ} \cdot \text{სექ} \cdot \frac{\text{სმ}}{\text{სექ}}}{\text{სმ}} = \text{ერგ}$$

რადიოაქტიური გამოსხივების ტალღის სიგრძის საზომ ერთეულებად მიღებულია მილიმიკრონი (მკმ), რომელიც უდრის

$10^{-7}$  სმ; ანგსტრემი (Å), რომელიც უდრის  $10^{-8}$  სმ; X, რომე-

ლიც უდრის  $10^{11}$  სმ და ა. შ. გამოვიანგარიშოთ მწვეანე სხივის ფოტონის ენერგია.

მწვეანე სხივის ტალღის სიგრძე უდრის  $550\text{nm}$ , ე. ი.  $5.500 \text{ \AA}$ , ანუ  $5.500 \times 10^{-8}$  სმ.

შესამე ფორმულაში ჩავსვათ მოცემული სიდიდეები:

$$E \text{ მწვ. სხ. ფოტონისა} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62 \times 10^{-27} \times 3 \cdot 10^{10}}{5 \cdot 400 \times 10^{-10}} = 3,6 \times 10^{-12} \text{ ერგს.}$$

როგორც ვხედავთ, ფოტონის ენერგიის გამოსახვა ერგებში მოუხერხებელია. აღნიშნულ გამოსახულებათა გამარტივება შესაძლებელია მათი ელექტრონვოლტებში გადაყვანის გზით.

ელექტრონვოლტი ეწოდება ისეთ ენერგიას, რამელსაც შეიძენს ელექტრონი ელექტრონულ ველში, სადაც ერთ სმ მანძილზე პოტენციალთა სხვაობა უდრის ერთ ვოლტს (v). ასეთ ველში ელექტრონის ენერგია უდრის მუხტისა და პოტენციალთა სხვაობის ნამრავლს.

$$E = ev \tag{4}$$

ელექტრონის მუხტი უდრის  $4,8 \times 10^{-10}$  აბსოლუტურ ელექტროსტატიკურ ერთეულს, ერთი ვოლტი კი უდრის პოტენციალის აბსოლუტური ერთეულის  $\frac{1}{300}$ . თუ ჩავსვათ ამ მნიშვნელობებს, მივიღებთ:

$$E = \frac{4,8 \times 10^{-10}}{300} = 1,6 \times 10^{-12} \text{ ერგს.}$$

მაშასადამე, ერთი ელექტრონვოლტი უდრის  $1,6 \times 10^{-12}$  ერგს. თუ მიღებულ ერგთა რაოდენობას გაყოფთ  $1,6 \times 10^{-12}$  ერგზე, რომელიც ერთი ელექტრონვოლტის ტოლია, მაშინ ფოტონის ენერგია ელექტრონვოლტებში გამოისახება და ფორმულა (3) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$E = \frac{hc}{\lambda \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}} \tag{5}$$

ჩვენს მაგალითში მწვეანე სხივის ფოტონის ენერგია უდრის  $3,6 \times 10^{-12}$  ერგს. ელექტრონვოლტებში გადაყვანით კი მივიღებთ:

$$\frac{3,6 \times 10^{-12}}{1,6 \times 10^{-12}} = 2,2 \text{ ელექტრონვოლტი (ev)}$$

გამა და რენტგენის გამოსხივების საზომ ერთეულად მიღებულია „რენტგენი“ (r).

„რენტგენი“ ეწოდება გამოსხივების იმ დოზას, რომელიც ერთ სმ<sup>3</sup> მშრალ ჰაერში (1°C 770 მმ სინდიუსის სვეტის წნევის პირობებში ქმნის იონთა ისეთ რაოდენობას, რომელთა მუხტების ჯამიც იძლევა ერთ ელექტროსტატიკურ ერთეულს. საინტერესოა, იონების რა რაოდენობა წარმოიქმნება ერთ სმ<sup>3</sup> ჰაერში 0°C და ნორმალური ატმოსფერული წნევის პირობებში ერთი r დოზის მოქმედების შემდეგ.

ერთი იონის მუხტი უდრის  $4,8 \times 10^{-10}$  ელექტროსტატიკურ ერთეულს, ხოლო X რაოდენობა იონებისა უნდა იყოს მატარებელი ერთი ელექტროსტატიკური ერთეულისა, ე. ი.

$$X = \frac{1}{4,8 \times 10^{-10}} = 2,08 \times 10^9 \text{ იონს.}$$

ე. ი. ერთი „რენტგენი“ ენერჯიის ისეთი რაოდენობაა, რომელიც ერთ კუბურ სანტიმეტრ მშრალ ჰაერში შესაბამის პირობებში წარმოქმნის 2 მილიარდ წყვილ იონს.

მრავალი ექსპერიმენტით დადგენილ იქნა, რომ ჰაერში ერთი წყვილი იონის წარმოქმნისათვის საჭიროა 33 eV ენერჯიის დახარჯვა. თუ ეს ასეა, შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ ის ენერჯია, რომელსაც შთანთქავს 1 სმ<sup>3</sup> ჰაერი მასზე 1 r დოზის მოქმედების შედეგად. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, 1 r დოზის მოქმედების შედეგად 1 სმ<sup>3</sup> ჰაერში წარმოიქმნება 2 მილიარდი წყვილი იონი. თუ ერთი წყვილის წარმოქმნისათვის საჭიროა 33 ელექტრონ-ვოლტი, მაშინ ორი მილიარდი წყვილი იონის წარმოქმნისათვის დაიხარჯება 68,64 მილიარდი ელექტრონ-ვოლტი, ანუ  $68,64 \cdot 10^9 \times 1,6 \cdot 10^{-12} = 0,11$  ერჯი, ე. ი. ერთი სმ<sup>3</sup> ჰაერის მიერ ერთი რენტგენი დოზის მოქმედების დროს შთანთქმდება 0,11 ერჯი ენერჯია.

ერთ სმ<sup>3</sup> ჰაერში  $\alpha$  და  $\beta$  გამოსხივებით შესაძლებელია მიღებულ იქნას იონიზაციის ისეთი ინტენსიობა, რომელიც შეეფარდება გამა და რენტგენის სხივების ერთი რენტგენი დოზით მიღებულ რაოდენობას. გამოსხივების ამ რაოდენობას „რენტგენის ფიზიკური ექვივალენტი“ ეწოდება.

მიუხედავად იონთა რაოდენობრივი თანაფარდობისა, დოზა „რენტგენი“ და „რენტგენის ფიზიკური ექვივალენტი“ სხვადასხვა ბიოლოგიური ეფექტურობით ხასიათდება, კერძოდ  $\alpha$  გამოსხივების ერთი რენტგენის ფიზიკური ექვივალენტი 50-ჯერ ძლიერი ბიოლოგიური ეფექტურობით ხასიათდება, ვიდრე იგივე დოზა

გამა ან რენტგენის გამოსხივებისა. პრაქტიკაში ამ მოვლენას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება.

ლიტერატურაში გავრცელებულია ერთეული, „ქსოვილის რენტგენი“, რომელიც განსაზღვრავს ერთი და იგივე რაოდენობის რენტგენის დოზის მოქმედებას სხვადასხვა სიმჭიდროვის ქსოვილში, რამდენადაც მეტია დასხივებული ქსოვილის სიმჭიდროვე ჰაერისაზე, იმდენად მეტია ქსოვილის მიერ შთანთქმული ენერჯის რაოდენობა. ერთი რენტგენის მოქმედების შემდეგ 1 სმ<sup>2</sup> ჰაერი შთანთქავს 0,11 ერგ ენერჯიას. ქსოვილის სიმჭიდროვე თუ 770 ჯერ მეტია ჰაერის სიმჭიდროვეზე, მაშინ „ქსოვილის რენტგენი“ უდრის  $770 \times 0,11 = 85$  ერგს/სმ<sup>2</sup> ქსოვილში.

აქტივობის განმსაზღვრელ ერთეულებს რადიოლოგიაში საფუძვლად უდევს რადიოაქტიური გარდაქმნის სისწრაფე.

1930 წელს რადიუმის საერთაშორისო კომისიის მიერ რეკომენდირებული იქნა რადიოაქტიური ნივთიერების აქტივობის საზომი ერთეული „კიური“ (C). კიური ეწოდება რადიოაქტიური ნივთიერების ისეთ რაოდენობას, რომელშიც ერთი სეკუნდის განმავლობაში ადგილი აქვს  $3,7 \cdot 10^{10}$  რაოდენობა რადიოაქტიური ატომის გარდაქმნას. დოზა „კიური“ ძლიერ დიდი სიდიდეა და მისი აღრიცხვა შეუძლებელია ამჟამად არსებული დოზიმეტრებითა და დანადგარებით. რადიოლოგიაში მიღებულია „კიურიდან“ წარმოებული საზომი ერთეულები—„მილიკიური“ (mC)  $3,7 \cdot 10^7$  იმპულსი/სეკ., ანუ „კიურის“ მეთასედი ნაწილი და „მიკროკიური“ ( $\mu$ C)  $3,7 \cdot 10^4$  იმპ./სეკ., ანუ „კიურის“ მემილიონედი ნაწილი. გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, არსებობს დოზა „რეზერფორდი“ (rD). იგი რადიოაქტიური ნივთიერების ისეთი რაოდენობაა, რომელიც ერთ სეკუნდში იძლევა  $10^6$  ატომის რადიოაქტიურ გარდაქმნას. ხსნარსა და გაზებში რადიოაქტიური ნივთიერების კონცენტრაციის დასადგენად იხმარება საზომი ერთეულები „ემანი“ და „მახე“. „ემანი“ უდრის  $10^{-10}$  „კიური“/ლიტრი, „მახე“— $3,7 \cdot 10^{-10}$  კიური/ლიტრი.

სპეციალური ფორმულების საშუალებით შესაძლებელია რადიოაქტიური გამოსხივების გადაყვანა რენტგენექვივალენტში იმ შემთხვევაში, თუ ცნობილი იქნება შესაბამისი მონაცემები. კერძოდ, ბეტა-გამომსხივებლებისათვის დოზის გადასაყვანად რენტგენექვივალენტში გამოიყენება ფორმულა:

$$D_{\beta} = 88 \cdot E_{\beta T} \cdot \text{რენტ. ექვ.} (6)$$

ხოლო გამა გამომსხივებლებისათვის კი:

$$D\gamma = \frac{J\gamma \cdot m \cdot t}{r^2} \text{ რენტ. საათი} \quad (7)$$

აღნიშნულ ფორმულებში  $E\beta$  რადიოაქტიური ნივთიერების ენერგეტიკული მდგომარეობაა, რომელიც გამოიხატება მეგა-ელექტრონვოლტებში (MeV) და ვპოულობთ ცხრილებში.  $T$  ნახევრადდაშლის პერიოდია,  $J\gamma$  საიონიზაციო მუდმივაა, რომლის მნიშვნელობასაც აგრეთვე ცხრილებში ვპოულობთ,  $m$  რადიო-აქტიური ნივთიერების დოზაა  $mC$ -ში გამოსახული,  $t$ —დრო საათებშია გამოსახული, რომლის განმავლობაში ხდება ობიექტის დასხივება და  $r$  მანძილია გამომსხივებელსა და დასასხივებელ ობიექტს შორის  $cm$ -ში გაქოსახული.

მაგალითი № 1.

დავუშვათ, გვაქვს გამაგამომსხივებელი  $Co^{60}$  5 „კიურის“ რადიონობით. გამოვიანგარიშოთ გამოსხივების დოზა ამ წყაროდან 10 სმ დაშორებით, თუ მოქმედების დრო უდრის ერთ საათს. ცხრილებით ვპოულობთ, რომ  $J\gamma Co^{60}$  უდრის 13,5. ვინაიდან  $m$  გამოსახულია „მილიკიურებში“, ამიტომ 5 კიური გადავიყვანოთ მილიკიურებში ( $5 C=5000mC$ ). ეს მნიშვნელობანი ჩავსვათ ფორმულაში (7).

$$D\gamma = \frac{J\gamma \cdot m \cdot t}{r^2} = \frac{13,5 \cdot 5000 \cdot 1}{100} = 675 \text{ რ/საათში}$$

მაგალითი № 2.

ავილოთ იგივე რადიონობა  $J^{131}$  იგივე პირობებში:  $m=5C$ ,  $r=10$  სმ,  $t=1$  საათს და გამოვიანგარიშოთ გამოსხივების დოზა  $J^{131}$ -ის  $J\gamma$  უდრის 2,45.

$$D\gamma = \frac{2,45 \cdot 5000 \cdot 1}{100} = 120 \text{ რ/საათში.}$$

$J\gamma$ —მნიშვნელობა ზოგიერთი რადიოაქტიური იზოტოპებისათვის ოხილეთ 1 ცხრილში.

გამაგამოსხივების დოზის გამოსაანგარიშებელი ფიზიკური მონაცემები

ელემენტი	მასური რიცხვი	გამოსხივების სახეობა	ნახევრადდაშლის პერიოდი საათებში	Jγ
C	11	β <sup>+</sup> , 0	0,33	6,2
N	13	β <sup>+</sup> , 0	0,17	6,2
Na	22	β <sup>+</sup> , γ	26500	13,2
Na	24	β <sup>-</sup> , γ	14,7	19,1
Cl	38	β <sup>-</sup> , γ	0,62	7,6
K	42	β <sup>-</sup> , γ	12,4	1,95
S	46	β <sup>-</sup> , γ	2040	11,4
V	48	β <sup>+</sup> , K, γ	384	16,3
Mn	52	β <sup>+</sup> , K, γ	156	19,5
Mn	56	β <sup>-</sup> , γ	2,59	9,4
Fe	59	β <sup>-</sup> , γ	1128	6,55
Co	56	β <sup>+</sup> , γ	2040	17,95
Co	60	β <sup>-</sup> , γ	46500	13,5
Cu	61	β <sup>+</sup> K, 0	3,4	4,8
Cu	64	β <sup>-</sup> , β <sup>+</sup> , K, 0	12,8	1,2
Zn	63	β <sup>+</sup> , K, γ	0,65	6,9
Δs	76	β <sup>-</sup> , γ	26,8	2,2
Br	82	β <sup>-</sup> , γ	36	15,1
J	128	β <sup>-</sup> , γ	0,42	0,2
J	130	β <sup>-</sup> , γ	12,6	13,05
J	131	β <sup>-</sup> , γ	192	2,65
An	198	β <sup>-</sup> , γ	65	2,4

შენიშვნა: „სვეტში“ „გამოსხივების სახეობა“ „0“ მაჩვენებელია იმისა, რომ შესაბამის რადიოაქტიურ ნივთიერებას ატომგულური გამაგამოსხივება არა აქვს.

ბეტაგამოსხივების დოზირება. ქსოვილთა მიერ კორპუსკულარულ გამოსხივებათა ენერჯიის შთანთქმის დოზირებისათვის ჯერ კიდევ არ არსებობს დაზუსტებული საზომი ერთეული. მიუხედავად ამისა, იონიზაციის პროცესის აღრიცხვის საშუალებით დაახლოებით შესაძლებელი ხდება კორპუსკულარულ გამოსხივებათა დოზის გამოსახვა რენტგენეკვივალენტის ერთეულში.

შინაგანი დასხივების დროს ბეტაგამოსხივების დოზირებისათვის საჭიროა შემდეგი ფაქტორების გათვალისწინება:

1. გამომსხივებლის ორგანიზმში განაწილების ხასიათი (თანაბარი, არათანაბარი და ლოკალური);
2. დროის ერთეულში დაშლილ ატომთა რაოდენობა;

3. გამოსხივებულ ნაწილაკთა საშუალო ენერგეტიკული მდგომარეობა.

ქსოვილებში ბეტაგამოსხივების მაქსიმალური გამავლობა 19 ნმ არ აღემატება, საშუალოდ კი რამდენიმე მილიმეტრს უდრის. ნაკლები გამავლობის გამო ბეტა-სხივი მთელ ენერგიას გადასცემს იმ ორგანოს ან ქსოვილს, რომელშიაც იგი განაწილდა. თანაბარი განაწილების დროს მთელი ორგანიზმი თანაბრად განიცდის დასხივებას, ე. ი. ბეტაგამომსხივებელი თავის ენერგიას მთლიანად გადასცემს ორგანიზმს. როდესაც გამომსხივებელი ნაწილდება ზოგიერთ ორგანოში, აქაც, რასაკვირველია, ადგილი აქვს თანაბარ განაწილებას, მაგრამ არა მთელ ორგანიზმში, არამედ მხოლოდ იმ ორგანოებში, რომლებიც შეიცავენ რადიო-აქტიური იზოტოპის შესაბამის ქიმიურ ნივთიერებას.

რადიოაქტიური ნივთიერების განაწილების მიხედვით ვმსჯელობთ ქსოვილთა წონის შესახებ, რომელიც შედის რენტგენექვივალენტის დასადგენ სპეციალურ ფორმულებში. თუ რადიოაქტიური ნივთიერება თანაბრად ნაწილდება მთელ ორგანიზმში, მაშინ უკანასკნელის წონაზე ვყოფთ ორგანიზმში შეყვანილი რადიო-აქტიური ნივთიერების რაოდენობას და ვღებულობთ გრამწონაზე აქტივობის განაწილებას. იმ შემთხვევაში, როდესაც რადიო-აქტიური ნივთიერება ყველა ორგანოში არ ნაწილდება, საჭიროა დადგენა იმ ორგანოთა მიახლოებითი წონისა, რომლებშიაც მოსალოდნელია მოცემული რადიოაქტიური ნივთიერების განაწილება. მიახლოებითი წონის დადგენის შემდეგ მიღებულ წონაზე (და არა მთელი ორგანიზმის წონაზე) ვყოფთ ორგანიზმში შეყვანილი რადიოაქტიური ნივთიერების რაოდენობას და ვადგენთ ისევ გრამწონაზე აქტიობას, რომელიც შემდეგ შედის ფორმულაში, ე. ი. შინაგანი დასხივება იზოტოპის განაწილების მიხედვით შეიძლება იყოს ტოტალური და ლოკალური. მას შემდეგ, რაც და ვადგენთ გრამწონაზე იზოტოპის რაოდენობის განაწილებას (დაშლილ ატომთა რაოდენობას), საჭიროა ცხრილის მიხედვით დავადგინოთ მოცემული რადიოაქტიური იზოტოპის გამოსხივების საშუალო ენერგია ( $E_{\beta}$ ).

დავუშვათ, რომ ერთ გრამ ქსოვილში განაწილდა 1  $\mu\text{C}$  რადიოაქტიური ნივთიერების დოზა, რომელიც ერთი სეკუნდის განმავლობაში გამოყოფს 37.000  $\beta$  ნაწილაკს. აღნიშნულ ნაწილაკთა საშუალო ენერგიას თუ გამოვსახავთ ელექტრონვოლტებში, მაშინ ერთი გრამი ქსოვილი ერთ სეკუნდში მიიღებს  $37.000 \times E_{\beta} \times 10^6$  eV ენერგიას. ერთი რენტგენექვივალენტი შეეფარ-



დება ერთ გრამ ქსოვილში  $1,62 \times 10^{12}$  წყვილ იონთა რაოდენობას. თითო წყვილის წარმოსაქმნელად კი საჭიროა 32,2 ელექტრონ-ვოლტის დახარჯვა. აქედან გამომდინარე, რენტგენექვივალენტი, წარმოქმნილი ერთ გ ქსოვილში  $1 \mu\text{C}$  დოზის მიერ ერთ სეკუნდში, გამოისახება შემდეგნაირად:

$$\text{რენტგენექვივალენტი/სეკ. } \mu\text{Cg} = \frac{37.000 \times \bar{E}\beta \times 10^6}{1,62 \cdot 10^{12} \times 32,2} =$$

$$\approx 7,1 \cdot 10^{-4} \bar{E}\beta \quad (1)$$

რენტგენექვივალენტი წუთის განმავლობაში იგივე პირობებში უდრის:  $60 \times 7,1 \times 10^{-4} \cdot \bar{E}\beta = 4,25 \cdot 10^{-2} \cdot \bar{E}\beta$  (2) რადიოაქტიური იზოტოპებისათვის, რომელთა ნახევრადდაშლის პერიოდი 35 საათს აღემატება, მთელი სიზუსტით შეიძლება გამოვითვალოთ დოზა (საათის განმავლობაში, ერთი წუთისათვის მიღებული დოზის ( $4,25 \cdot 10^{-2}$ ) 60-ზე გამრავლებით, რაც უდრის  $4,25 \cdot 10^{-2} \bar{E}\beta \times 60 = 2,54 \cdot \bar{E}\beta$  საათი  $\mu\text{C}$  გრამზე. იმ შემთხვევაში, როდესაც რადიო-აქტიურ ნივთიერებათა ნახევრადდაშლის პერიოდი 35 დღეს აღემატება, დღე-ღამის დოზა უდრის  $61 \cdot \bar{E}\beta$  (4)

მთლიანი დაშლის პერიოდისათვის დოზა გამოიხატება შემდეგნაირად:

$$D\beta = 88 \cdot \bar{E}\beta \cdot T \quad (5)$$

ე. ი. ბეტაგამოსხივების რენტგენექვივალენტში გამოსახვა ერთი გრამი ქსოვილის მიმართ შესაძლებელია გამომსხივებლის ენერგეტიკული მდგომარეობის და ნახევრადდაშლის პერიოდის საშუალებით შემდეგნაირად: ერთი გრამი ქსოვილის მიერ მასზე ერთი მიკროკიური ბეტაგამოსხივების მოქმედების შედეგად შთაინთქმება:

$$D\beta - (\text{წუთისათვის}) = 4,25 \cdot 10^{-2} \bar{E}\beta - \text{ენერგია რენტგ./ექვ.}$$

$$D\beta - (\text{საათისათვის}) = 2,54 \cdot \bar{E}\beta \text{ რენტგ./ექვივ.}$$

$$D\beta - (\text{დღელამის}) = 61 \cdot \bar{E}\beta - \text{რენტგ./ექვივ.}$$

$$D\beta - (\text{მთელი დაშლის განმავლობაში}) = 88 \cdot \bar{E}\beta \cdot T - \text{რ./ექვივ.}$$

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ ფორმულები გათვალისწინებულია ერთი გრამწონისათვის რენტგენექვივალენტის დასადგენად. რადიოაქტიური ნივთიერება ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ თანაბრად განაწილდება არა მარტო ერთ გრამ ქსოვილში, არამედ მთელ ორგანიზმში, ანდა რომელიმე ორგანოში. აღნიშნული იყო ქსოვილთა იმ წონის მნიშვნელობა, რომელშიაც განლაგდება რადიოაქტიური იზოტოპი, კერძოდ საჭიროა წონა გაიყოს შეყვა-

წილ აქტივობაზე, რის შემდეგაც გრამწონისათვის ვაღვენთ აქტივობას.

მაგალითად, ორგანიზმში, რომლის წონა უდრის 35 კგ, შევიყვანეთ 10mC  $P^{32}$ . დაეუშვათ, მისი გამოყოფა არ ხდება და ადგილი აქვს თანაბარ განაწილებას. იზოტოპის კონცენტრაცია ერთ გრამ წონაზე იქნება  $\frac{10.000}{35.000} \mu\text{C/გ. № 2}$  ცხრილის მიხედვით

დავადგენთ რადიოაქტიური ფოსფორის  $E_{\beta} = 0,695 \text{ Mev}$ ,  $T = 14,3$ , საჭიროა დადგენილ იქნას მთლიანად დაშლის პერიოდის განმავლობაში ქსოვილის მიერ რენტგენექვივალენტის რაოდენობა  $D_{\beta} = 88.E_{\beta}.T$  (გრამისათვის).

ცხრილი 2

ბ—ნაწილაკების საშუალო ენერგეტიკული მდგომარეობა— $E_{\beta}$

ელემენტი	მასური რიცხვი	გამოსხივების სახეობა	ნახევრადდაშლის პერიოდის დღეებში	მილიელებული კტრონ ვოლტი
C	11	$\beta^+, O$	0,014	0,380
N	13	$\beta^+, O$	0,007	0,475
Na	22	$\beta^+, \gamma$	1100	0,225
Na	24	$\beta^-, \gamma$	0,61	0,540
P	32	$\beta^-, O$	14,5	0,695
Cl	38	$\beta^-, \gamma$	0,026	1,390
K	42	$\beta^-, \gamma$	0,515	1,395
Ca	45	$\beta^-$	180	0,1
S	46	$\beta^-, \gamma$	85	1,117
V	48	$\beta^-, K, \gamma$	16	0,175
Mn	52	$\beta^+, K, \gamma$	6,5	0,085
Mn	56	$\beta^-, \gamma$	0,108	0,890
Fe	59	$\beta^-, \gamma$	47	0,120
Co	50	$\beta^+, \gamma$	85	0,655
Co	60	$\beta^-, \gamma$	1940	0,099
Cu	61	$\beta, K, O$	0,142	0,433
Cu	64	$\beta, \beta^-, K, O$	0,53	0,120
Zn	63	$\beta, K, \gamma$	0,027	0,965
As	76	$\beta^-, \gamma$	1,12	1,170
Br	82	$\beta^-, \gamma$	1,5	0,150
Jn	114	$\beta^-, \gamma$	50	0,940
J	130	$\beta^-, \gamma$	0,525	0,270
J	131	$\beta^-, \gamma$	8	0,205

შენიშვნა: სვეტში „გამოსხივების სახეობა“ „O“ მაჩვენებელია იმისა, რომ შესაბამის რადიოაქტიურ ნივთიერებას ატომგულური გამაგამოსხივება არა აქვს.

$$D = \frac{10.000^*}{35.000} \times 88 \times 0,695 \times 14,3 = 262,69 \text{ ექვ./რენტ.}$$

ასეთია რენტგენექვივალენტში გამოსახული დოზა, რომელსაც მიიღებს მთელი ორგანიზმი აღნიშნული მოცემულობის დროს.

რადიოაქტიური იზოტოპების უმრავლესობა ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ არათანაბრად ნაწილდება. განაწილება ზოგან მაღალი ინტენსიობისაა, ზოგან კი დაბალი. ცალკეული ქსოვილის მიერ მიღებული დოზა რენტგენექვივალენტში გამოითვლება შემდეგნაირად: მაგალითად, ორგანიზმში, რომლის წონაც 70 კგ უდრის, შევიყვანეთ  $1\text{mC, Ca}^{45}$ . ცნობილია, რომ ამ იზოტოპის კონცენტრაცია 20-ჯერ მეტია ძვლებში, ვიდრე სხვა ქსოვილებში (რბილ ქსოვილებში). ძვლოვანი ქსოვილი ორგანიზმის წონის 0,1-ს შეადგენს, ქსოვილებში განაწილების ინტენსიობიდან გამომდინარე, შეყვანილი  $1\text{mC}$  კალციუმი ორგანიზმის 0,1 წონაში (ძვალში) განაწილდება 20-ჯერ უფრო მეტი ინტენსიობით, ვიდრე ორგანიზმის წონის 0,9 დანარჩენ ნაწილში, ე. ი. ძვლოვანი ქსოვილი (0,1 ნაწილი ორგანიზმის წონისა) შთანთქავს მთელი აქტიობის დაახლოებით  $\frac{2}{3}$  ნაწილს. ჩვენი მაგალითის მიხედვით ძვლოვანი ქსოვილის წონა უდრის 7 კგ, რომელშიც განაწილდება მთელი აქტიობის 0,667 mC, ანუ რადიოაქტიური 667  $\mu\text{C}$  კალციუმი. № 2 ცხრილის მიხედვით კალციუმის ბეტა-გამოსხივების ენერგეტიკული მდგომარეობა  $E_{\beta} = 0,100 \text{ MeV} = 140$  დღეს.

$$D_{\beta} \text{ (ძვლისათვის)} = \frac{677}{7000} \cdot 88 \cdot 0,1 \cdot 180 = 150 \text{ რენტგ./ექვ.}$$

### დოზიმეტრიული ხელსაწყოები

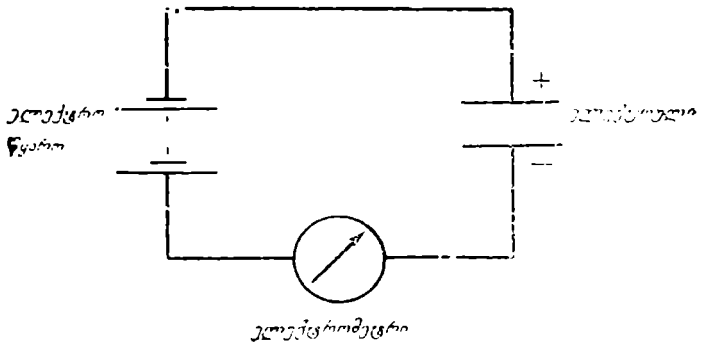
სანამ გავარჩევდეთ ცალკეულ დოზიმეტრებს, საჭიროდ მიგვაჩნია გავარჩიოთ დოზიმეტრების მუშაობის პრინციპები.

ზემოთ აღნიშნული იყო, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების ნივთიერებაზე მოქმედება გამოიხატება სხვადასხვა პროცესის წარმოებაში. განსაკუთრებით მნიშვნელოვან მოვლენად იონიზაციის პროცესი ითვლება, რომელზედაც დამყარებულია რადიოაქტიურ გამოსხივებათა დოზიმეტრია.

არსებობს ორი ტიპის დოზიმეტრი:

1. დოზიმეტრები, რომელთა მუშაობა დამყარებულია საიონიზაციო კამერებზე და
2. დოზიმეტრები, რომლებიც უშეიცავენ ჰეიგერ-მიულერის მეთლელეებს.

პირველი სახის დოზიმეტრების მთავარ ნაწილს წარმოადგენს საიონიზაციო კამერა. ეს არის ღრუ ცილინდრი, რომელშიც ჰაერია და ცენტრში მოთავსებულია ცილინდრის მასისაგან იზოლირებული ელექტროდი. რადიოაქტიური გამოსხივება ცილინდრის შიგნით მოთავსებულ ჰაერში გამოიწვევს იონიზაციას, თუ ამავდროს ელექტროდსა და ცილინდრს შორის მოდებულია პოტენ-



ნახ. 9.

ციალთა სხვაობა, ე. ი. შექმნილია ელექტრული ველი, მაშინ წარმოქმნილი უარყოფითი მუხტის მქონე იონები დალაგდება ელექტროდზე, რაც მოგვცემს მცირე, მაგრამ აღსარიცხავ დენს. ზეცირე დენების აღრიცხვისათვის კამერა დაკავშირებულია ელექტრომეტრთან. საიონიზაციო კამერა საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ იონიზაციის სუმარული დოზა.

9 ნახ. მოცემულია საიონიზაციო კამერების პრინციპზე მომუშავე დოზიმეტრების მარტივი სქემა. აღნიშნული კამერები ნაკლები სიზუსტით მუშაობენ, ვიდრე გეიგერის მთვლელების მუშაობაზე დამყარებული აპარატები. საიონიზაციო კამერების მუშაობის პრინციპზე დამყარებულ აპარატებს ეკუთვნიან: „ДКЗ“, „Кактус“, დოზიმეტრი „Дп-1“, კონდენსატორული დოზიმეტრი, УДГРИ და სხვ.

აღნიშნული დოზიმეტრები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან სხვადასხვა გაუმჯობესებით. გავარჩიოთ ზოგიერთი მათგანი.

დოზიმეტრი „მ.ს.ს.“ (დაცვის კონტროლის დოზიმეტრი). ამ დოზიმეტრის მუშაობა დამყარებულია იონიზაციური დენის გაზომვაზე, რომელიც წარმოიშვება საიონიზაციო კამერაში გამა და რენტგენის სხივების მოქმედების შედეგად. აღნიშნული დოზიმეტრი პორტატიული ტიპისაა და იკვებება მუდმივი დენით, მუდმივ დენს იგი ღებულობს ბატარეებიდან (სურ. 1).

დოზიმეტრს მმართველ დაფაზე მოწყობილი აქვს ნიკრო-ამპერმეტრი, გადამრთველი სახელური, პოტენციომეტრები წარ-



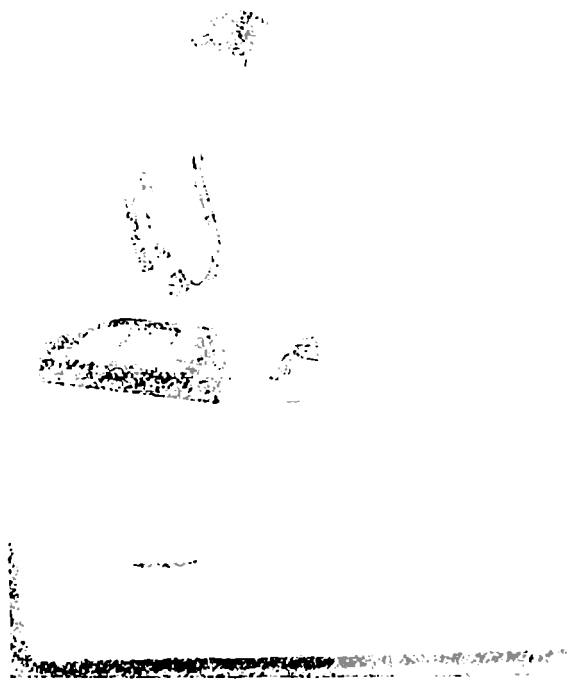
სურ. 1.

წერით—„ვარვარება“, „ანოდი“ და „კდომა“. უკანა ნაწილში მოთავსებულია სფერული ფორმის ათასი კუბური სანტიმეტრი ტევადობის საიონიზაციო კამერა, რომელსაც ზემოდან აქვს ჩამკეტი. ჩამკეტზე თითოთ დაჭერის დროს საიონიზაციო კამერის ელექტროდს და შემდგომ ნათურის ბადეს გადაეცემა უარყოფითი პოტენციალი.

დოზიმეტრის ხმარების წესი: მმართველ დაფაზე არსებული გადამრთველის სახელური „გამორთვის“ მდგომარეო-

4. რადიოაქტიური იზოტოპები

ბიდან გადაგვყავს „ვარვარების“ მდგომარეობაში. რის შემდეგაც რეოსტატით „ვარვარება“ მიკროამპერმეტრის ისარს ვაყენებთ სკალის წითელი დანაყოფის უკიდურეს მარჯვენა ნაწილში. ეს წერტილი შეესაბამება 50  $\mu$ A. ვადამრთველის სახელური გადაგვყავს „ანოდის“ მდგომარეობაში; ამ პირობებშიც მიკროამპერმეტრის ისარს ვაყენებთ სკალის იგივე ნაწილში (50  $\mu$ A), მხოლოდ ახლა პოტენციომეტრის საშუალებით. რომელსაც აქვს წარწერა

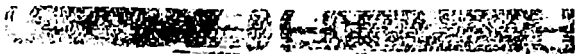


სურ. 2.

„ანოდი“. ამის შემდეგ ვადამრთველის სახელური გადაგვყავს შემდეგ მდგომარეობაში — „მუშაობა“. ერთდროულად თითს ვაჭერთ საიონიზაციო კამერის ჩამკეტს. დოზიმეტრს მარცხენა გვერდზე აქვს პოტენციომეტრი „ცდომა“, რომლის ბრუნვითაც მიკროამპერმეტრის ისარს დავაყენებთ სკალის მარცხენა ნაწილში. წითელი დანაყოფის დასაწყისთან. ჩამკეტს თითს მოვაშორებთ და დოზიმეტრი მზად არის მუშაობისათვის. თუ ირგვლივ არსებობს

გამოსხივება, საიონიზაციო კამერაში მოხდება ჰაერის იონიზაცია, რის გამოც მიკროამპერმეტრის ისარი იწყებს მოძრაობას მარცხნიდან მარჯვნივ. საჭიროა აღირიცხოს ისრის მიერ მიკროამპერმეტრის სკალაზე არსებული წითელი ხაზის გავლის დრო. ამ დროის მიხედვით სპეციალური გრაფიკით შესაძლებელია დადგენილ იქნას გამოსხივების, მიკრორენტგენი/სეკუნდში, ინტენსიობა.

დოზიმეტრი „ИЛ-1“. ეს დოზიმეტრი გათვალისწინებულია რადიოაქტიურ გამოსხივებათა სფეროში მომუშავე პერსონალის მიერ მიღებული დოზის გაზომვისათვის. მისი საშუალებით



სურ. 3.

შესაძლებელია გაიზომოს გამოსხივების სუბარული რაოდენობა 0,02—2,0 რენტგენის ფარგლებში.

დოზიმეტრის კომპლექტი შედგება ინდივიდუალური კონტროლის 20 ორმაგი კანერისაგან და დამმუხტავ—საზომი მოწყობილობისაგან (სურ. 2 და 3).

აღნიშნული ორი კამერიდან ერთი გათვალისწინებულია 0,02—0,2, ხოლო მეორე 0,2—2,0 რენტგენი დოზის აღრიცხვისათვის. დამმუხტავ—საზომ მოწყობილობას მმართველ დაფაზე აქვს აპარატის ჩამრთველ-ამომრთველი, ორი ღრუ წარწერებით—

„მუხტი“ და „გაზომვა“, ორი მცირე ზომის თანჯარა წარწე-  
რით—„ღიაპაზონი“ 0,2 და 2,0 რენტგენის მნიშვნელობით, სკა-  
ლა და სკალის ისრის მარეგულირებელი სახელური. II—1 მო-  
წყობილობა მარაგდება ცვალებადი დენით, რომლის ძაბვაც  
უდრის 220 ვოლტს. ჩართვის შემდეგ მოწყობილობა 5—10 წუთის  
განმავლობაში უნდა გახურდეს, რის შემდეგაც ინთება „ღიაპა-  
ზონი“—„2,0“. მმართველ დათაზე არსებული სახელურით რენტ-  
გენომეტრის ისარი დაყენებული უნდა იქნას მარცხენა უკიდურეს  
ხაზზე. საიონიზაციო კამერას თავსა და ბოლოში აქვს ხრახნები,  
რომლებიც უნდა მოვუშვათ და ცალ-ცალკე რამდენიმე სეკუნდის  
განმავლობაში მოვათავსოთ ღრუში წარწერით „მუხტი“. ამ დროს  
ხდება საიონიზაციო დიდი და მცირე კამერების დამუხტვა, რის  
შემდეგ ხრახნები ისევ უნდა მოვუქიროთ. ამის შემდეგ საიონი-  
ზაციო კამერა მზად არის დოზირების წარმოებისათვის. როგორც  
ზემოთ აღვნიშნეთ, საიონიზაციო კამერა აღრიცხავს მოქმედი  
გამოსხივების სუმარულ რაოდენობას. რადიოაქტიური ან რენტ-  
გენის სხივების მოქმედების შედეგად როგორც დიდი, ისე მცირე  
კამერა კარგავს მუხტს. კამერები ჩაიდგმება დამუხტავ-საზომი  
მოწყობილობის მმართველ დათაზე არსებულ ღრუში წარწერით  
„გაზომვა“. ამ დროს ხდება დაკარგული მუხტის გაზომვა, ისარი  
რენტგენომეტრის სკალაზე გადაინაცვლებს და გვიჩვენებს, თუ რა  
რაოდენობით იმოქმედა რადიოაქტიურმა გამოსხივებამ საიონი-  
ზაციო კამერაზე და ამის შედეგად, საიონიზაციო კამერის მატა-  
რებელ ინდივიდუუმზე.

დოზიმეტრი—„DII—1“ განკუთვნილია გამა- და ბეტა-  
გამოსხივების დოზის გასაზომად. იგი გვაძლევს საშუალებას გავ-  
ზომოთ გამაგამოსხივების დოზა 0,04-დან 400 r/საათში.

გაზომვის ღიაპაზონი დაყოფილია 4 ქვეღიაპაზონად:

პირველი ქვეღიაპაზონი—0,04—0,4 r/საათი

მეორე ქვეღიაპაზონი—0,4—4 r/საათი

მესამე ქვეღიაპაზონი—4—40 r/საათი

მეოთხე ქვეღიაპაზონი—40—400 r/საათი

აპარატის კვება წარმოებს მშრალი ელემენტებისა და ბატა-  
რებისაგან მიწოდებული დენით.

გამაგამოსხივების დოზის გაზომვა ხდება სპეციალური სკა-  
ლის საშუალებით, რომელიც დოზას უჩვენებს r/საათებში.

მუშაობის დაწყებამდე საჭიროა აპარატის მომზადება და  
შემოწმება. ამისათვის მთავარი გადამრთველი უნდა იყოს „გამორ-  
თვის“ მდგომარეობაში, ქვეღიაპაზონების გადამრთველი „11“.



მდგომარეობაში. ჩაირთვება კვების წყარო. ამის შემდეგ მთავარ გადამრთველს ვაყენებთ „ვარვარების“ მდგომარეობაში და „ვარვარების“ რეოსტატით სკალაზე ისარს ვაყენებთ Vn მდგომარეობაში. ამის შემდეგ მთავარი გადამრთველი გადაგვყავს „მუშაობის“ მდგომარეობაში. სახელურით „ნულის დაყენება“ ისარს ვაყენებთ ნულის მდგომარეობაში.

აპარატის ვარგისიანობის შემოწმებისათვის მას თან ახლავს სტანდარტი. რომ შევამოწმოთ აპარატის ვარგისიანობა, სტანდარტი უნდა მოვათავსოთ იმ კვადრატზე, რომელიც ყვითელი საღებავითაა დახაზული აპარატის ერთ-ერთ კედელზე. ამისათვის აპარატი ისე უნდა დავდგათ, რომ ყვითელი კვადრატი ზემოთ იყოს მოქცეული. თუ აპარატი ვარგისია, მაშინ ისარი უნდა გადაიხაროს დაახლოებით 4 დანაყოფზე (0,08 r/s); თუ ისარი არ გადაიხრება, მაშასადამე, აპარატი უვარგისია. თუ ისრის ჩვენება მკვეთრად გაწხნავდება 0,08 r/s-გან, მაშასადამე, დარღვეულია აპარატის გრადუირება და საჭიროა თავიდან მოვახდინოთ მისი გრადუირება ეტალონური წყაროს მიხედვით.

უნდა გვახსოვდეს, რომ საკონტროლო-სტანდარტული ნივთიერების აქტივობა დროის გასვლის მიხედვით კლებულობს, ამიტომ აპარატის ჩვენებაც ნაკლები იქნება. სტანდარტის აქტივობის ცვლილებანი პირვანდელ აქტივობასთან შედარებით 9%-ში მოცემულია აპარატის ტექნიკურ ფორმულებში. აპარატის-შემოწმების დროს საჭიროა ამ გრაფიკით გამოვითვალოთ პრეპარატის აქტივობა სამუშაო დღისათვის.

ამის შემდეგ აპარატი მზად არის აწარმოოს გამოსხივების დოზის გაზომვა.

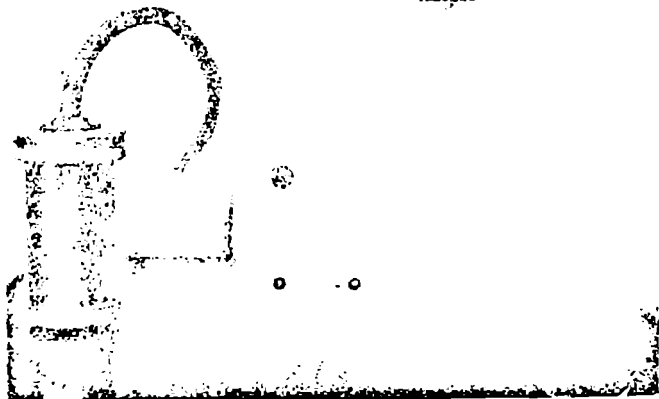
როცა იზომება გამაგამოსხივების დოზა, საჭიროა დაიხუროს აპარატის ძირზე მოთავსებული სარკმელი. დიაპაზონების გადამრთველი უნდა დავაყენოთ „ $\times 1000$ “ მდგომარეობაში. თუ გამოსხივების დოზა მცირეა და აპარატი ვერ ითვლის მას, მაშინ ქვედიაპაზონების გადამრთველს ვაყენებთ „ $\times 100$ “, „ $\times 10$ “ და „ $\times 1$ “ მდგომარეობაში თანმიმდევრობით. ყოველ ქვედიაპაზონზე საჭიროა შევამოწმოთ ისრის ნულოვანი მდგომარეობა, რისთვისაც თითს ვაჭერთ ლილაკს—„ნულის დაყენება“ და ვნახავთ, დგას თუ არა ისარი ნულზე. თუ არ დგას, მაშინ სახელურით—„ნულის დაყენება“ ისარს დავაყენებთ ნულის მდგომარეობაში და ამის შემდეგ მოვაცილებთ თითს ლილაკს—აპარატი გვიჩვენებს რადიო-აქტიური გამოსხივების დოზას.

გაზომის დროს საჭიროა აპარატი მიწის ზედაპირიდან დაცი-  
 ლებული იყოს 0,7—1,0 მეტრის მანძილით.  $\beta$  გამოსხივების დო-  
 ზის დაახლოებითი გამოანგარიშებისათვის საჭიროა დავიხსოვოთ:  
 აპარატის ჩვენება ღია და დახურული სარკმლის პირობებში,  
 ჩვენებათა შორის სხვაობა გავამრავლოთ 10-ზე. მიღებული სიდიდე,  
 იქნება  $\beta$  გამოსხივების სიმძლავრე გამოსახული r/საათებში.  
 მაგალითად, ღია სარკმლის დროს აპარატის ჩვენება უდრის:  
 20 r/საათში, ხოლო დახურული სარკმლის დროს—15-ს, მაშინ,  
 $\beta$  გამოსხივების სიმძლავრე უდრის:

$$[20 - 15] \times 10 = 50 \text{ r/საათში.}$$

გაზომვის შემდეგ საჭიროა აპარატი გამოირთოს და დაიხუ-  
 ხროს აპარატის კორპუსის ძირზე მოთავსებული სარკმელი.

მოწყობილობა „КАКТУС“ (სურ. 4). წარმოადგენს  
 დანადგარს, რომელიც რადიოაქტიური გამოსხივების სფეროში:



სურ. 4.

ადგენს გამოსხივების სუმარულ დოზას. იგი შედგება საიო-  
 ნიზაციო კამერისაგან, რომელიც ეკრანირებული კაბელით დაკავ-  
 შირებულია აღმრიცხველ მოწყობილობასთან.

მოწყობილობას მძართველ ზედაპირზე, მარჯვენა ზემო კუ-  
 თხეში, აქვს დანადგარის ქსელში ჩამრთველი. მისი „ჩართვის“  
 მდგომარეობაში გადაყვანის შემდეგ ინთება ლურჯი ნათურა.  
 ამავე მხარეზე, ქვემო კუთხეში, გადამრთველია მოწყობილი წარ-  
 წერით „ქველიაპაზონები“  $\times 1$ ,  $\times 10$ ,  $\times 100$ ,  $\times 1000$ ,  
 $\times 10000$ . ამ გადამრთველს ვაყენებთ  $\times 1$ -ზე. მძართველ და-

ფაზე, შუა ნაწილში, ზემოთ, მოწყობილია მიკრორენტგენომეტრი დანაყოფებით 0-დან—2,0 მიკრორენტგენამდე\*. „ქვედიაპაზონის-გადართვის მიხედვით მოწყობილობა ითვლის დოზას 0-დან 20.000 მიკრორენტგენამდე წამში. როდესაც გადამრთველი—წარწერით „ქვედიაპაზონები“—გადაყვანილი იქნება X—10,000-ზე, მიკრორენტგენომეტრის ქვემოთ მოთავსებული გადამრთველი წარწერით—„0“-ის დაყენება\* და „მუშაობა“ დანადგარის ჩართვის შემდეგ გადაგვკავს მდგომარეობაში „0“-ის დაყენება\* და რეოსტატის საშუალებით მიკრორენტგენომეტრის ისარს ვაყენებთ რომელიმე დანაყოფზე იმის მიხედვით, თუ რომელ დოზაზე გვსურს შევწყვიტოთ მუშაობა. მარცხენა ზემო კუთხეში არსებულ გადა-

სურ. 5.

ნორთველს ვაყენებთ მდგომარეობაში „ჩართვა“, რის შემდეგ ხრანის მოძრაობით, რომელსაც აქვს წარწერა „სასიგნალო სისტემა“, ისრის მდებარეობას შეუუპარდებთ ზარის რეკვას. ამის შემდეგ მიკროამპერმეტრის ქვემოთ არსებულ გადამრთველს გადავიყვანთ მდგომარეობაში „ნუშაობა“, მიკროამპერმეტრის ისარი გადაინაცვლებს სკალის „0“ დანაყოფზე.

ამ პირობებში დანადგარი მზად არის მუშაობისათვის.

საიონიზაციო კამერას ვათავსებთ იმ ოთახში, სადაც ჩვენ ვიწყებთ მუშაობას, იმის შემდეგ, რაც მუშაობის პროცესში საიონიზაციო კამერა აითვისებს რადიოაქტიურ გამოსხივებას იმ რაოდენობით, რომელსაც შეესაბამება მოცემული დოზა, დანადგარის სასიგნალო სისტემა მძლევა ნიშანს ზარის რეკვის სახით.

კონდენსატორული დოზიმეტრი (სურ. 5). დოზიმეტრი შედგება 3 ნაწილისაგან:

1. სათითის ფორმის საიონიზაციო კამერა;
2. მიკროსკოპი (სკალით და გამანათებელი სისტემით);
3. დამმუხტავი მოწყობილობა;

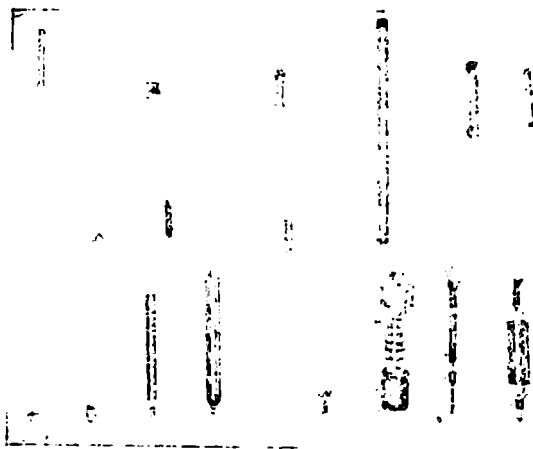


ჰეიგერის მთელელის სქემა.

მიკროსკოპის სკალა შეიცავს დანაყოფებს აღნიშვნებით 0-დან 25-მდე. დანაყოფის „25“ ქვევით არის აღნიშვნა „Z“. გარედან დოზიმეტრს მოწყობილი აქვს ორი ღილაკი; ერთი სკალის განათებისათვის, მეორე კი განმუხტვისათვის. მუშაობის დაწყების წინ თითო ვაქერთ ორივე ღილაკს და სკალაზე ძაფი დგება „Z“ აღნიშვნაზე. ამის შემდეგ ზემო ღილაკს ვაცილებთ თითო და დამმუხტავი მოწყობილობის სახელურის ბრუნვის საშუალებით ვაწარმოებთ საიონიზაციო კამერის დამუხტვას, რის გამოც სკალაზე ძაფი მოძრაობას იწყებს. ამ პროცედურას ვაგრძელებთ იქამდე, მანამ ძაფი არ მიაღწევს დანაყოფს „0“ აღნიშვნით. დამუხტვის შემდეგ დოზიმეტრის მარცხენა ღრუდან გამოვიღებთ სათითის ფორმის საიონიზაციო კამერას და შევიტანთ საპროცედურო ოთახში რენტგენის მილის ქვეშ, საპროექციო არეში ნებისმიერ მანძილზე—20, 30, 40 და ა. შ. სმ დაცილებით. ერთავთ რენტგენის დანადგარს და 0,5 ან 1 წუთის განმავლობაში ვასხივებთ დასხივების შემდეგ სათითისებურ კამერას ისევ ვათავსებთ დოზიმეტრის მარცხენა ღრუში. თითო ვაქერთ ქვემო ღილაკს, რის შემდეგაც მიკროსკოპში ინთება სკალა და ძაფი „0“ დანაყოფიდან გადაინაცვლებს რომელიმე დანაყოფზე, რაც მიგვიითობს რენტგენის დოზის რაოდენობაზე მოცემული დროის ერთეულისა

და მანძილისათვის. ცალკეული მანძილისა და დროის ერთეული-სათვის გამოთვლა საჭიროა თავიდან ჩატარდეს. ერთ-ერთი მონა-ცემით ხელმძღვანელობა და მისგან მანძილის კვადრატის მიხე-დვით დოზის გადათვლა აკრძალულია.

ნ. გ. იუ შჩენკოს გამა- და რენტგენის სხივების დოზიმეტრი წარმოადგენს ხელსაწყოს, რომელიც საიონიზაციო კამერაში წარმოქმნილ დენს აძლიერებს და აღრიცხავს ნათურიანი ელექტრომეტრით. ხელსაწყო შედგება საიონიზაციო კამერისაგან, იონიზაციური დენის გამაძლიერებელი და აღმრიცხველი ელექტრომეტრისაგან და ნალაღიზოლირებული ელექტროგამტარისაგან. იმის გამო, რომ დოზიმეტრს საში სხვადასხვა მოცულობის საიონიზაციო კამერა და შესაუერი სიროთულის დანაყოფიანი (80)



სურ. 6.

სკალა გააჩნია, მისი საშუალებით შესაძლებელია დოზების სიმ-ძლავრე საკმაოდ დიდ საზღვრებში გაიზომოს. მაგალითად, პირ-ველ და მეორე დიაპაზონზე მუშაობის დროს შესაძლებელია 0—40  $\mu\text{r}$ /წამისა და 0—200r/წამის ფარგლებში ვაწარმოთ გა-ზომვა; მესამე და მეოთხე დიაპაზონზე მუშაობის დროს—0—40 და 0—200r/წუთს შორის; მესამე დიაპაზონზე მუშაობის დროს, თუ მცირე კამერას ჩაერთავთ (მოცულობა  $v=0,3 \text{ სმ}^3$ ), შესაძლე-ბელია დოზიმეტრის სკალის ზღვარი 600r/წუთამდე გაიზარდოს. ვაზომვის შეცდომები არ აღემატება  $\pm 3\%$ .

სანამ გადავიდოდეთ ჰეიგერ-მიულერის მთვლელების მუშაობის პრინციპზე დამყარებული აპარატების გარჩევაზე, საჭიროდ მიგვაჩნია შევჩერდეთ ჰეიგერ-მიულერის მთვლელის აღნაგობასა და მის მუშაობაზე.

ჰეიგერ-მიულერის მთვლელი წარმოადგენს მეტალის ან შუშის ცილინდრს (სურ. 6, სქემა 1), რომლის ორივე ბოლო ჰერმეტიკულად არის დახშული. მის შუაგულში მთელს სიგრძეზე გაკიმულია ფოლადის, ალუმინის ან ვოლფრამის წმინდა, კორაჟისისაგან იზოლირებული მავთული. ცილინდრიდან ჰაერი გამოტუმბულია (10—20 მმ სინდიყის სვეტის სიმაღლის წნევამდე) დამის მაგივრად მოთავსებულია არგონისა და სპირტის აირები (დასაშვებია სხვა აირებიც). ცილინდრის შუაგულში გაკიმული ძაფი ანოდის მოვალეობას ასრულებს, მასზე მოდებულია მაღალი ძაბვის მუდმივი დენი სპეციალური სტაბილიზატორიდან. ცილინდრის კორპუსი დამიწებულია. შუშის მილების შემთხვევაში მილის კედელი გამოფენილია სპილენძის თხელი ფენით, რომელიც გამტარიტაა დამიწებული. პოტენციალთა გრადიენტი ასობით და ათასობით ვოლტებში გამოისახება, ამიტომ ასეთ ელექტრულ ველში მოხვედრილი რადიოაქტიური გამოსხივების მიერ წარმოშობილი იონები სისწრაფით მიემართებიან ანოდისაკენ და ქმნიან დიდი რაოდენობის მეორად იონებს, იონთა ეს ნაკადი იძლევა მკირე დენს, რომელიც გამაძლიერებელთა საშუალებით გადაეცემა გადამთვლელ და აღმრიცხველ მოწყობილობას.

აღნიშნული პრინციპი საფუძვლად უდევს მთელ რიგ დანადგარებს, რომლებმაც პრაქტიკაში ფართო გამოყენება პოვეს.

გამოსხივებათა სახეობის მიხედვის დოზიმეტრები იყოფა ალფა, ბეტა და გამადოზიმეტრებად. არსებობს აგრეთვე აპარატები, რომლებსაც შეუძლიათ აითვისონ ალფა, ბეტა- და გამადამოსხივება ერთდროულად.

განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი:

დანადგარი „ს“. დანადგარი „ს“ განკუთვნილია ბეტა და გამადამოსხივებათა აღრიცხვისათვის და შედგება 4 ძირითად ნაწილისაგან:

1. ჰეიგერის მთვლელის ბლოკი (БГС);
2. გადამთვლელი სქემა (ПС—64);
3. მაღალი ძაბვის ტრანსფორმატორი (ВВТ—2500);
4. ელექტრომექანიკური მთვლელი.

კვება წარმოებს ცვლადი დენის 110, 127 და 220 ძაბვის ქსელიდან. დანადგარი გათვალისწინებულია ხანგრძლივი და შეუ-

წყვეტილი მუშაობისათვის. მუშაობის დაწყებამდე საჭიროა გამოკვლეული იქნას ქსელში ძაბვა და იმის მიხედვით გადაირთოს დანადგარის ტრანსფორმატორები, ეკრანირებული კაბელების საშუალებით ერთმანეთს შეუერთდეს დანადგარის ოთხივე ნაწილი და ბოლოს მოხდეს მისი დამიწება. ამის შემდეგ დანადგარი ჩაირთვება ქსელში.

ზოგადად გავეცნოთ ცალკეული შემადგენელი ნაწილის დანიშნულებას.

1. ჰეიგერის მთვლელის ბლოკი (BPC) წარმოადგენს მთვლელი მილიდან მიღებულ იმპულსთა გამაძლიერებელს, იგი მალაღ ძაბვას ღებულობს მაღალი ძაბვის დენის ტრანსფორმატორიდან და ატარებს მთვლელი მილისაკენ.

2. მაღალი ძაბვის დენის ტრანსფორმატორი (BBC—2500) იძლევა მაღალი ძაბვის ნულმივ დენს 2500 ვოლტამდე. მმართველ დაფაზე მას აქვს ქსელში ჩამრთველი და სახელური ძაბვის მოსამატებლად. ძაბვის სიდიდეს გვიჩვენებს კილოვოლტმეტრი.

3. გადამთვლელი სქემა (HC—64) აწარმოებს ჰეიგერის ბლოკიდან მიღებულ იმპულსთა რეგისტრაციას. წინა ზედაპირზე, მარჯვენა ზემო კუთხეში, მას აქვს ქსელში ჩამრთველი, ხოლო მარცხენა ქვემო კუთხეში—აპარატის მუშაობის ჩამრთველი. მარცხენა ზემო კუთხეში მოწყობილია აპარატის მუშაობის და შემოწმების გადამრთველი. გადამთვლელ სქემას აქვს ნეონის ნათურები; პირდაპირ, ქვემო ნაწილში, მის წინა ზედაპირზე განლაგებულია ოთხი ჩამრთველი, გადათვლის კოეფიციენტები  $\times I$ ,  $\times 4$ ,  $\times 16$  და  $\times 64$ .

უნდა აღინიშნოს, რომ ერთეული სუსტი იმპულსების გაძლიერება ჰეიგერის მთვლელის ბლოკში ხდება რადიოგამაძლიერებელთა საშუალებით, მაგრამ როდესაც საკმე გვაქვს დიდი ინტენსიობის გამომსხივებელ ნივთიერებასთან, იმპულსების რაოდენობა იქნება დიდი და ამის გამო მთვლელი ვერ მოასწრებს მათ რეგისტრაციას. ამ შემთხვევაში დახმარებას გვიწევს თანამედროვე რადიოტექნიკა. ელექტროული სქემა ისეთი აღნაგობისაა, რომ მექანიკურ მთვლელზე აღირიცხება ყოველი მე-4, მე-16 ან 64-ე იმპულსი იმის მიხედვით, თუ რომელი კოეფიციენტი იქნება ჩართული. თითოეული იმპულსი გადამთვლელი სქემის მიერ აღირიცხება ნეონის ნათურის ნათებით. როდესაც იმპულსების რაოდენობა რიცხობრივად ტოლი გახდება იმ კოეფიციენტისა, რომელზედაც აპარატი არის ჩართული, ელექტრომექანიკურ მთვლელზე ისარი გადაინაცვლებს ერთ დანაყოფზე. ასეთ პირობებში საშუალება გვექნება დიდი აქტივობის მქონე ნივთიერებების გა-

მოსხივება გამოვითვალათ. აპარატის ქსელში ჩართვისას ინთება ლურჯი ნათურა. აპარატს ვაცდით გახურებას 5—10 წუთის განმავლობაში. ზემოთა მარცხენა ტუმბლერი გადამთვლელ სქემაზე გადაგვყავს „შემოწმების“ მდგომარეობაში. მორიგეობით ვრთავთ გადამთვლელ კოეფიციენტებს (X1, X4, X16, X64). თუ აპარატი ვარგისია მუშაობისათვის, მაშინ თითოეულმა სქემამ წუთში უნდა მოგვცეს იმპულსთა რაოდენობა 3000-ის ფარგლებში (დანადგარი „შემოწმებაზე“ ჩართვის დროს ითვლის პერიოდებს სკვებავი ელექტროქსელისას).

აპარატის შემოწმების დროს, მართალია, მაღალი ძაბვა არ არის საჭირო, მაგრამ აპარატის გახურებისა და დროის ეკონო-



სურ. 7 დანადგარი „ბ“.

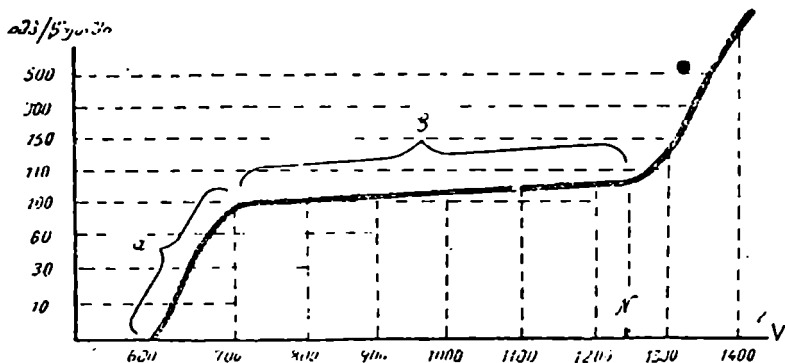
მისათვის ქსელში ვრთავთ მაღალი ძაბვის სტაბილიზატორს. ჩართვის დროს ინთება წითელი ნათურა.

შემოწმების შემდეგ გადამთვლელი სქემის მარცხენა ზემო ტუმბლერი გადაგვყავს მუშაობის მდგომარეობაში. ამ პირობებში ხდება გარემოში არსებული რადიოაქტიური გამოსხივების აღრიცხვა იმპულსების სახით. ყოველ მთვლელ მილს თან ახლავს პასპორტი, სადაც აღნიშნულია, თუ რომელი ძაბვიდან იწყებს იგი იმპულსების აღრიცხვას, ამიტომ მაღალი ძაბვის სტაბილიზატორზე (BBC—2500) არსებული სახელურით ვოლტმეტრის ისარს



დავყენებთ შესაბამის დანაყოფზე, ე. ი. მთვლელი ღებულობს ისეთ დაბვას, რომელზედაც მას შეუძლია აითვისოს რადიო-აქტიური გამოსხივება. შესაძლებელია, მთვლელმა დაიწყოს ერთეული იმპულსების აღრიცხვა, მაგრამ არ არის გამორიცხული ისეთი შემთხვევაც, როცა მთვლელი, მიუხედავად საპასპორტო მონაცემებისა, არ იწყებს აღრიცხვას. ამისათვის საჭიროა თანდა-თანობით მოვუმატოთ დაბვა და ვიპოვოთ აღრიცხვის დასაწყისი მომენტი. ამ დაბვას საწყისი პოტენციალი ეწოდება (V<sub>m</sub>—ნახ. 10).

სქემიდან ჩანს, რომ დაბვის მატება დასაწყისში იწვევს იმპულსების რაოდენობის მომატებას, მაგრამ ამ დროს მთვლელი ჯერ



ნახაზი 10 .

კიდევ არ ითვლის მასში მოხვედრილ ყველა იმპულსს (მონაკვეთი ა). დაბვის შემდგომი ზრდა დროის ერთეულში იმპულსთა რაოდენობის ცვალებადობას, თითქმის, არ იწვევს. მიღებულ სწორ ხაზს (მონაკვეთი ბ) პლატო ეწოდება. პლატოს ფარგლებში მთვლელი აწარმოებს მასში მოხვედრილი ნაწილაკების 99%-ზე მეტის ათვლას. კარგ მთვლელებში პლატოს სიგრძე 100 ვოლტის ფარგლებშია, ხოლო მისი დაქანება არ უნდა აღემატებოდეს 2—3°-ს 100 ვოლტზე. N წერტილის შემდეგ თვლის სისწრაფე ძლიერ მატულობს, რაც გამოწვეულია თვითნებურ განმუხტვათა რიცხვის ზრდით (ეგრეთ წოდებული „ქორონა“). პლატოს აგება ნიშნავს სამუშაო დაბვის დადგენას. ამის შემდეგ ერთ-ერთ დაბვაზე ვითვლით ირგვლივ არსებულ რადიოაქტიურ გამოსხივებას, რომელსაც „ფონი“ ეწოდება. „ფონის“ დადგენის შემდეგ გამო-

საკვლევ პრეპარატს ვდგამთ მთვლელთან და ვადგენთ მის აქტივობას. დანადგარის მიერ აღრიცხულ იმპულსთა საერთო რაოდენობას ვაკლებთ „ფონს“; იმპულსთა დარჩენილი რიცხვი წარმოადგენს გამოსაკვლევ პრეპარატის აქტივობას.

დანადგარ „ს“-ს შეუძლია ცალ-ცალკე აითვალოს იმპულსები, რომელთა შორის ინტერვალის უდრის 50 მიკროსეკუნდს. მაქსიმალური „თვლის უნარი“ საშუალოდ უდრის 6400 იმპულს/სეკ.

„თვლის უნარი“ ეწოდება გადათვლის კოეფიციენტისა ( $\times 1$ ,  $\times 4$ ,  $\times 16$ ,  $\times 64$ .) და ელექტრომექანიკური მთვლელის მაქსიმალური სისწრაფის (100) ნამრავლს, ე. ი. გადათვლის კოეფიციენტი  $\times 16$ -ზე ჩართვის დროს „თვლის უნარი“ იქნება 1600 იმპ./სეკ., ხოლო  $\times 64$ -ზე კი—6400 იმპ./სეკ. და ა. შ.

დანადგარის გადათვლის კოეფიციენტის ამორჩევის დროს უნდა შევარჩიოთ ისეთი „თვლის უნარი“, რომელიც 3—5-ჯერ აღემატება მოსალოდნელ იმპულსთა რიცხვს სეკუნდში.

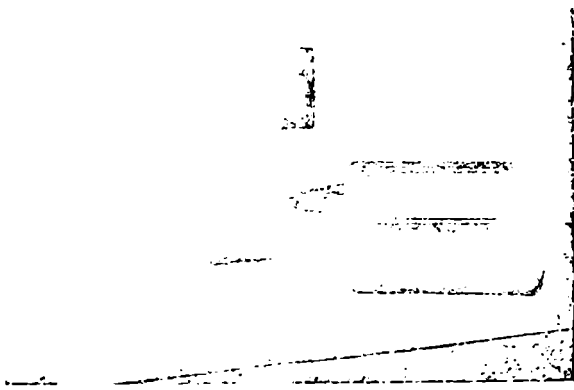
იმპულსთა რაოდენობის გამოანგარიშების დროს გადათვლის კოეფიციენტისა და ელექტრომექანიკური მთვლელის ჩვენებათა ნამრავლს უნდა დავუმატოთ იმპულსთა რიცხვი, რომელსაც გვაძლევს გადამთვლელ სქემაზე ანთებულ ნათურათა ჯამი (სურ. 7).

დანადგარი „ФНДЖКМ“ (სურ. 8). დანადგარი გათვალისწინებულია ბეტა- და გამაგამოსხივებათა აღსაზრცხავად. იგი იკვებება 110, 127 და 220 ვოლტის ძაბვის პირობებში. გამოთვლა ხდება ელექტრომექანიკური მთვლელის, ანდა გამოსხივების რაოდენობის პირდაპირი მაჩვენებელი სკალის მიხედვით. აღნიშნული სკალა გრადუირებულია და შესაძლებელია იმპულსების რაოდენობის აღრიცხვა ერთიდან 60.000-მდე წუთში. დანადგარი გათვალისწინებულია ხანგრძლივი სისტემატური მუშაობისათვის. ძირითადი ნაწილებია: 1) გამოსხივებათა „ИФ“ ტიპის მიმღები, 2) „БТ“ ტიპის მთვლელი მოწყობილობა, 3) „BBC“ ტიპის მაღალი ძაბვის გამასწორებელი, 4) ელექტრომექანიკური მთვლელი და 5) წამმზომი.

გამოსხივების მიმღები შედგება პარალელურად ჩართული სამი „АММ—11“ ტიპის გაზოვანი მთვლელისაგან. აღნიშნული მთვლელები მაღალ ძაბვას ღებულობენ მაღალი ძაბვის გამასწორებლიდან. მთვლელი მოწყობილობა აწარმოებს გამოსხივებათა ათვლას როგორც ელექტრომექანიკური მთვლელით, ასევე პირდაპირმაჩვენებელი მოწყობილობის მიხედვით.

ელექტრომექანიკური მთვლელი იხმარება ისეთი აქტივობის გამოსათვლელად, როდესაც გამოსხივების რაოდენობა საშუალოდ უდრის 100 იმპულსს სეკუნდში.

პირდაპირმაჩვენებელი მოწყობილობა ჩაირთვება მაშინ, როდესაც გამოსხივების რაოდენობა იზრდება და უდრის 1000 იმპ/სექ. ერთი დიაპაზონიდან მეორეზე გადასვლა წარმოება სკალების გადამრთველის საშუალებით. პირდაპირმაჩვენებელ მოწყობილობას გამოთვლის ოთხი დიაპაზონი გააჩნია: 1/0—200; 2/0—600, 3/0—2000, 4/0—6000. დანადგარს მმართველ ზედაპირზე აქვს ტუმბლერი, რომელიც შეიძლება ერთ შემთხვევაში გადაყვანდეს იქნას  $\times 1$ -ზე, ხოლო მეორე შემთხვევაში  $\times 10$ -ზე. ეს ამას ნიშნავს, რომ პირდაპირმაჩვენებელი მოწყობილობის ჩვენება



სურ. 8.

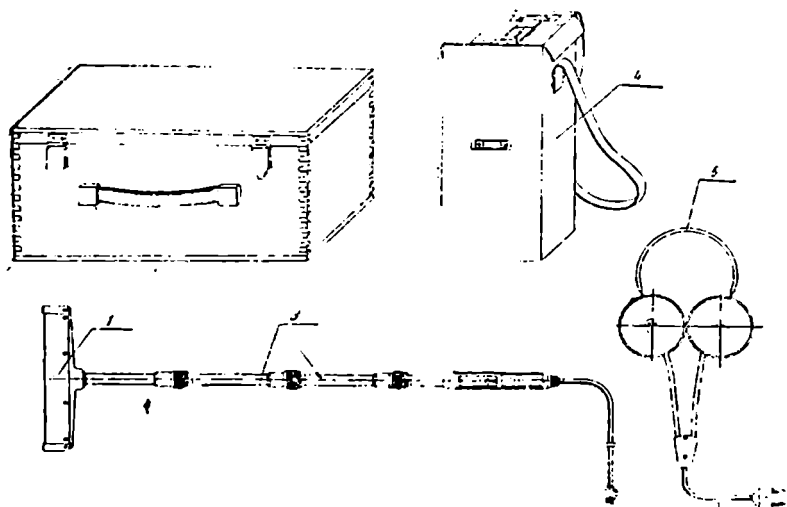
უნდა გადამრავლდეს ტუმბლერის შესაბამის მაჩვენებლებზე. ნამრავლი გვიჩვენებს იმპულსთა რაოდენობას დროის ერთეულში.

ხმარების წესი:

დანადგარში ტრანსფორმატორებზე არის გადამრთველები, რომელთა საშუალებითაც ქსელის ძაბვას შევუდარდებთ დანადგარის ელექტრულ სქემას. ეკრანიკებული კაბელის საშუალებით დანადგარს შეუერთდება მიმღები, ხოლო, მეორეს მხრივ—მექანიკური მთვლელი. ამის შემდეგ დანადგარი ჩაირთვება ქსელში (ინთება წითელი და ლურჯი ნათურები). 5 წუთის განმავლობაში საჭიროა დანადგარის გახურება. მმართველ ზედაპირზე ტუმბლერი „ $\times 1$ — $\times 10$ “ გადაგვყავს  $\times 10$  მდგომარეობაში. მთვლელის პასპორტის მაჩვენებლის მიხედვით ვოლტმეტრის ისარს ვაყენებთ სამუ-

შპო ძაბვაზე. დიაპაზონთა გადამრთველის მიხედვით აღრიცხვას. იწყებს ან ელექტრომექანიკური მთვლელი ან პირდაპირმაჩვენებელი მოწყობილობა.

ლაბორატორიებში და სავლე პირობებში გამაგამომსხივებლებით გაბინძურების აღმოსაჩენ საშუალებათა შორის თავისი მარტივი აღნაგობით და ხმარებით გამოირჩევა „რადიოჩუპი“, რომელიც პორტატიული მოწყობილობაა და მუდმივი დენით იკვებება ГБ—СА—45 ბატარებიდან. მოწყობილობა შედგება გამოსხივების მიმღებისაგან, რომელსაც აქვს სახელური ჩამრთველ-ამომრთველით (საჭიროების დროს მისი დაგრძელება შეიძლება.



ნახაზი 11

სპეციალური ღეროების საშუალებით), ჩანთისაგან, რომელშიაც მოთავსებულია ბატარეა. ეს მოწყობილობა კაბელით დაკავშირებულია გამოსხივების მიმღებთან და ყურმილთან. ტრანსპორტირების დროს იგი იშლება მცირე ზომის ნაწილებად და ლაგდება სპეციალურ კოლოფში. „რადიოჩუპს“ შეუძლია აღმოაჩინოს გამა გამომსხივებლის არსებობა ერთი მეტრის მანძილზე, როდესაც დოზა აღემატება ერთ მილიკიურის (ნახ. 11.).

ზემოთ აღნიშნული ნაწილების ერთმანეთთან შეერთების შემდეგ საჭიროა თითი დაეაჭიროთ სახელურზე არსებულ დამკერს; ყურმილში გავიგონებთ კაკუნს. ეს კაკუნი წარმოადგენს

რადიოაქტიური გამოსხივების „ფონს“, რომელიც მუდმივად არსებობს ზენს ირგვლივ. როდესაც მიმღებს შევიტანთ რადიო-აქტიური ნივთიერებით გაბინძურებულ უბანში, კაქუნი გაძლიერდება და უწყვეტი გახდება (ნახაზი 11).

აღფაგამოსხივების სათვლელ მოწყობილობებს ეკუთვნის: ალფა რადიომეტრი „ირისი“, დანადგარი „ДБ—49“, დანადგარი „Ж“, „ЕЛН“ და სხვა.

სხვადასხვა დანადგართა შორის აღსანიშნავია დანადგარი „ТНС“—უნივერსალური ლაბორატორიული გადასატანი ალფა, ბეტა, გამა რადიომეტრი, რომელიც გათვალისწინებულია გაბინძურების დასადგენად. მოქმედების დიაპაზონი განისაზღვრება 150 სმ<sup>2</sup> ფართობში 100000 იმპულსის ათვისებით.

ბეტა და გამა აქტივობის გამოსაკვლევი გადასატანი დანადგარებიდან აღსანიშნავია რადიომეტრი „სევანი“, რომელიც ითვლის ბეტაგამოსხივების 30—50.000 იმპულსს. კვადრატული სანტიმეტრი ფართობიდან და გამაგამოსხივების დოზას—0,02—30 მილიონენტგენს საათში. ამ მოწყობილობის კვება ბატარეებით ხდება.

გარდა საზომი მოწყობილობებისა, მნიშვნელობას არ არის მოკლებული ისეთი ხელსაწყოები, რომლებიც მიგვითითებენ გამოსხივების არსებობაზე იმ უბანში, სადაც მუშაობა გვიხდება. ასეთებია სპეციალური სათვალეები, რომლებშიც მინა იწყებს ფლუორესცირებას მათზე სხივების მოქმედების შემდეგ. ასეთივე პრინციპია გამოყენებული „ბექდებში“, რომლებიც მომსახურე პერსონალს უკეთია თითზე მუშაობის დროს. თუ სხივებისაგან დაცვა არასაკმარისი ხდება, ბექდის ზედაპირი სხივების მოქმედების შემდეგ იწყებს ნათებას, რაც გამოსხივების სფეროში ყოფნის მაჩვენებელია.



## თავი II

### რადიოაქტიურ გამოსხივებათა ბიოლოგიური მოქმედება

#### პირველადი იონიზაციური პროცესი

ყოველი რადიოაქტიური გამოსხივება ნივთიერებებში გავლის დროს გამოიწვევს განსაზღვრული რაოდენობის ატომებისა და მოლეკულების იონიზაციას.

ნივთიერებათა ატომებისა და მოლეკულების იონიზაცია ზოგ შემთხვევაში რადიოაქტიურ გამოსხივებათა მათზე უშუალო ზემოქმედებით განვითარდება ან მეორადი (არაპირდაპირი) გზით წარმოიქმნება.

რადგან რადიოაქტიური გამოსხივება ნივთიერებებში გავლის დროს ატომებისა და მოლეკულების იონიზაციას იწვევს, ამიტომ მას მაიონიზირებელ გამოსხივებას უწოდებენ. მაიონიზირებელი გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტის შეფასებისას მხედველობაში იღებენ: რადიოაქტიური გამოსხივების დოზას, სხივების ნივთიერებებში შეღწევის უნარს, ნივთიერებაში წარმოქმნილი იონიზაციური პროცესის თავისებურებას, თვით დასხივებული ბიოლოგიური სუბსტანციების შემადგენლობას და სხვა. რადიოაქტიური გამოსხივებით გამოწვეული იონიზაცია საკმაოდ განსხვავდება ელექტროლიტური დისოციაციისაგან. ჩვეულებრივი ელექტროლიტური დისოციაციის დროს ხსნად ელექტროლიტურ ნივთიერებათა მოლეკულები ცალკე იონებად ნაწილდება. როდესაც ხსნარში ჩაშვებული ელექტროდები დენის წყაროსთან შეერთდება, აღნიშნული იონები საწინააღმდეგო მუხტის მქონე პოლუსებისაკენ მიემართებიან. მოლეკულების ნაწილებს, რომლებიც ამ დროს ხსნარში იმყოფებოდა და ელექტროდებისაკენ მიიზიდებიან, „იონები“ ეწოდება. „იონი“ ბერძნულად ნიშნავს მიმავალს (მოდრავს). მეტალებისა და წყალბადის იონებს, რომლებიც კათოდი-საკენ (—) მიემართებიან, „კათიონები“ ეწოდება, ხოლო მეთაების ნაშთებს (მეტალოიდები და სხვა), რომლებიც ანოდისაკენ (+) მოძრაობენ, „ანიონებს“ უწოდებენ.

აღნიშნულ მოვლენას რადიოაქტიური გამოსხივების შედეგად წარმოქმნილი იონიზაციის დროს ადგილი არა აქვს. ამ შემთხვე-

ვაში საქმე გვაქვს თითოეული ნებისმიერი ატომის ან მოლეკულის დადებით ან უარყოფით იონად გადაქცევასთან, რაც გამოწვეულია რადიოაქტიური ნაწილაკების ურთიერთქმედებით ნივთიერებაში შემავალ ნებისმიერ ატომებთან ან მოლეკულებთან.

მაიონიზირებელი სხივის ზემოქმედების გამო წარმართული ყოველი პროცესის შედეგად ბიოლოგიურ სუბსტანციებში წყვილი იონები წარმოიქმნება. ამგვარად, გამოდის, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების შედეგად განვითარებული იონიზაცია დაკავშირებულია ატომის მიერ ერთი ან რამდენიმე ელექტრონის დაკარგვასთან, ე. ი. იმ შემთხვევაში, როდესაც ატომი კარგავს ერთ ელექტრონს, ვლუბულობთ დადებითი მუხტის მქონე ატომს, ანუ დადებით იონს. თუ ამგვარი პროცესის შედეგად ატომმა ორი ელექტრონი დაკარგა, მისი მუხტი იქნება 2, თუ სამი, მაშინ—3 და ა. შ. ეს იმართომ, რომ ატომიდან გამოტყორცნილ ელექტრონებს თან მიაქვთ თავიანთი უარყოფითი მუხტები და, ამგვარად, ელექტრო-ნეიტრალური ატომი იქცევა დადებითი მუხტის მქონე იონად.

როდესაც ატომიდან გამოტყორცნილი თავისუფალი ელექტრონი შეუერთდება რომელიმე ნეიტრალურ ატომს, ეს ატომი გადაიქცევა უარყოფითი მუხტის მატარებელ ატომად, ანუ უარყოფით იონად, რაც აგრეთვე, იმის გამო ხდება, რომ მის მიერ მიერთებული უარყოფითი მუხტის მქონე ელექტრონი აღნიშნულ ნეიტრალურ ატომს შესძენს ზედმეტ უარყოფით მუხტს,

გამოდის, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად შესაძლებელია ყოველი სახის ელემენტთა ნეიტრალური ატომების გადაქცევა დადებით და უარყოფით იონებად, ანუ ელექტროლიტური დისოციაციისაგან განსხვავებით ამ შემთხვევაში, განურჩევლად ელემენტის სახეობისა, შესაძლებელია ყოველი ნებისმიერი ელემენტის ატომი გადაიქცეს ე. წ. „კათიონად“ ან „ანიონად“ და აგრეთვე სხვა სახის ნაწილაკებად.

იონების წარმოქმნა უფრო ხშირად ატომის პერიფერიულ ელექტრულ ორბიტზე მყოფი ელექტრონების გამოვარდნის შედეგად ვითარდება, რასაც ძირითადად სხვადასხვა ორბიტებზე მყოფი ელექტრონების ენერჯიათა სხვაობა უდევს საფუძვლად.

იონიზაციის თითოეული პროცესის გამოწვევისათვის მაიონიზირებელი ნაწილაკი ხარჯავს განსაზღვრულ ენერჯიას. იონიზაციის ეფექტურობა ძირითადად დამოკიდებულია მაიონიზირებელი ნაწილაკის ენერჯიის სიდიდეზე.

მაგალითად, ჰაერში თითო წყვილი იონის წარმოსაქმნელად საჭიროა მაიონიზირებელი გამოსხივების მიერ 32,5eV ენერჯის დახარჯვა, ქსოვილში—35eV და სხვ. ამგვარი განსხვავება იმის მაჩვენებელია, რომ თითო საიონიზაციო პროცესის გამოსაწვევად სხვადასხვა სიმკვრივის ნივთიერებაში სხვადასხვა სიდიდის ენერჯის დახარჯვაა საჭირო.

რადიოაქტიური გამოსხივების შედეგად წარმოქმნილი იონიზაციის პროცესი ნივთიერებაში იწვევს შემდგომი იონიზაციური ცვლილებების განვითარებას. ზოგ შემთხვევაში, თუ მოლეკულებისა და ატომების იონები ერთმანეთს შეუერთდნენ, შეიძლება წარმოიქმნას ნეიტრალური მოლეკულა ან, თუ განთავისუფლებული ელექტრონი შეიერთა რომელიმე დადებითმა იონმა, რომელსაც აკლდა ელექტრონი, ადგილი ექნება სტაბილური ფორმის აღდგენას. ამ შემთხვევაში იონიზაციური პროცესი რეკომბინაციას, ანუ ნეიტრალურ ატომებად აღდგენას განიცდის. იონიზაციური პროცესი შეიძლება ძლიერ მრავალფეროვნად მიმდინარეობდეს. რადიოაქტიური გამოსხივების შედეგად წარმოქმნილი თითოეული იონის სიცოცხლის ხანგრძლიობა ძლიერ მცირეა და  $10^{-6}$  სეკუნდს უდრის.

მაიონიზირებელი გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად წარმოქმნილ იონიზირებულ ატომთა ელექტრული შრეებიდან გამონატყორცნი თავისუფალი ელექტრონები ხშირად თვით ამჟღავნებენ მეზობელი ატომების ელექტრონებზე ზემოქმედებას. იმ შემთხვევაში, როდესაც მათ საკმაო ენერჯია გააჩნიათ დამხვედრი ელექტრონების გამოძევებით, ისინი განაპირობებენ ახალი წყვილი იონების წარმოქმნას. ასეთ შემთხვევაში პირველადი იონები კარგავენ თავიანთ ენერჯიას. ენერჯიის ამგვარ დაკარგვას ენერჯიის „საიონიზაციო“ დაკარგვას უწოდებენ. არჩევნ, აგრეთვე, ენერჯიის „რადიაციულ“ დაკარგვას: როდესაც იონიზირებული ატომიდან გამოტყორცნილი თავისუფალი ელექტრონი რომელიმე მეზობელი ატომის მიერ ელექტრულ გარსზე ჩაიჭირება, მაშინ აღნიშნული ელექტრონი ელექტრულ ორბიტზე შეჩერების დროს გამოსხივებს თავის კარბ ენერჯიას სხივის სახით. მის მიერ წარმოქმნილ სხივებს კი, შედარებით მცირე ენერჯიის გამო, მეორადი იონიზაციური პროცესის გამოწვევა არ შეუძლიათ, მაგრამ ზოგიერთი ჩამკერი ატომი მათ აგზნებულ მდგომარეობაში მოყავთ.

საერთოდ, მაიონიზირებელი „ელემენტარული“ ნაწილაკებისა და სხივების (ფოტონების) ნივთიერების ატომებზე მოქმედება ძლიერ მრავალფეროვან სურათს იძლევა და მათი ენერჯიების



და შესაბამისი მასების გადასვლა ერთი ფორმიდან მეორეში უსასრულო ცვლილებებს განიცდის.

ცნობილია, რომ თითო წყვილი იონის წარმოსაქმნელად საშუალოდ იხარჯება 30—35 ელექტრონვოლტი (eV). ცნობილია, აგრეთვე, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების შედეგად მიღებული  $\alpha$  ნაწილაკების ენერგია დაახლოებით უდრის  $4-9 \times 10^6$  ელექტრონვოლტს და რომ ყოველი  $\alpha$  ნაწილაკის ენერგია თითქმის თანაბარია.

ყოველივე ამის გამო, ცხადია, თითო  $\alpha$  ნაწილაკს შეუძლია იონთა წყვილების დიდი რაოდენობით წარმოქმნა. მაგალითად, ერთ  $\alpha$  ნაწილაკს 11111 მანძილში შეუძლია დაახლოებით 30.000-მდე იონთა წყვილების წარმოქმნა.  $\alpha$  ნაწილაკის განარბენ გზაზე წარმოქმნილი წყვილი იონები საკმაოდ მჭიდროდ განლაგდებიან.  $\alpha$  ნაწილაკის განარბენი მანძილი სხვა მაიონიზირებელ ნაწილაკებთან შედარებით მცირეა, მაგალითად, ქსოვილში იგი რამდენიმე ათეულ მიკრონს არ აღემატება, მაგრამ ნაწილაკების მიერ წარმოქმნილ იონთა წყვილების რაოდენობა მათ მიერ განარბენი მანძილის თითოეულ მონაკვეთში გაცილებით მეტია სხვა მაიონიზირებელ ნაწილაკთა მიერ წარმოქმნილ იონთა წყვილების რაოდენობასთან შედარებით. აღსანიშნავია, აგრეთვე, რომ რაც უფრო ნაკლებია  $\alpha$  ნაწილაკების ენერგია, მით უფრო მეტია იონთა წყვილების სიმჭიდროვე მათ მიერ განარბენ გზაზე. ამასთანავე, რაც უფრო შორს შეიკრება ქსოვილში  $\alpha$  ნაწილაკი, მით უფრო კარგავს იგი საწყის ენერგიას და ქსოვილში მისი გავლის შესაბამისად მატულობს წარმოქმნილ იონთა წყვილების რაოდენობაც.  $\alpha$ -ნაწილაკები ვრცელდებიან სწორხაზოვნად, ქმნიან ბილიკს, რომელსაც „ტრეკი“ ეწოდება. თითოეული  $\alpha$  ნაწილაკის მიერ გავლილი გზის გასწვრივ წარმოქმნილ იონთა წყვილების განლაგების (მწკრივის) დიამეტრი დაახლოებით 0,1 მიკრონს უდრის.

$\beta$  ნაწილაკების ენერგია საშუალოდ 3 მილიონ ელექტრონვოლტს (MeV) უდრის.  $\beta$  ნაწილაკები, ანუ ელექტრონები ( $e^-$ ) და პოზიტრონები ( $\beta^+$ ) ქსოვილში განარბენი გზის თითოეულ მილიმეტრში ქმნიან დაახლოებით 10-დან 100-მდე იონთა წყვილებს. მათი ნივთიერებაში შეღწევის უნარი  $\alpha$  ნაწილაკებთან შედარებით დაახლოებით ათასჯერ მეტია.  $\beta$  ნაწილაკის მიერ ქსოვილის (ნივთიერების) თითოეულ მონაკვეთში წარმოქმნილ იონთა წყვილების რაოდენობა  $\alpha$  ნაწილაკების მიერ წარმოქმნილ იონთა წყვილების რაოდენობაზე გაცილებით ნაკლებია. მის მიერ წარ-

მოქმნილი იონთა წყვილები მკიდრო მწკრავს („ტრეკს“) არ-  
ქმნიან, მათ ახასიათებთ უსწორმასწორო გავრცელება. რაც უფრო  
მეტად შეაღწევს β ნაწილაკი ქსოვილში, მით უფრო მეტია წარ-  
მოქმნილ იონთა წყვილების რაოდენობა. მისი ამგვარი თვისება  
α ნაწილაკთან შედარებით გაცილებით მეტად არის გამოხატუ-  
ლი, რის გამოც β ნაწილაკის მიერ გამოწვეული ბიოლოგიური  
მოქმედება მისი განარბენი მანძილის ბოლო მონაკვეთში გაცილე-  
ბით მეტია.

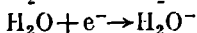
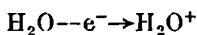
გამა (γ) სხივების ნავთიერებებში შეღწევალობის დიდი  
უნარის გამო მათი მავნე ბიოლოგიური მოქმედება საკმაოდ დიდ  
მანძილზე ვრცელდება. მათ მიერ გამოწვეული ბიოლოგიური მო-  
ქმედება დამოკიდებულია მათი ენერჯის გადაცემაზე ატომების  
ელექტრული გარსების ელექტრონებისადმი, რის გამოც ნეიტრა-  
ლური ატომები ხშირად აგზნებულ მდგომარეობაში მოდიან და  
რომელიმე ელექტრონის მიერ მიღებული ჰარბი ენერჯის გამო  
შესაძლებელია მათი ატომის მიზიდულობის სფეროდან გამოვარდ-  
ნა. ამგვარად, განთავისუფლებული ელექტრონები თავის მხრივ  
წარმოქმნიან მეორად იონიზაციურ პროცესებს მეზობელ ატო-  
მებში.

რაც შეეხება სხვა მაიონიზირებელ ნაწილაკებს, მათ მიერ  
გამოწვეული ბიოლოგიური ეფექტის შეფასებისას მხედველობაში  
იღებენ მათ მასას და ამის შესაბამისად ენერჯიას, ელექტროსტა-  
ტიკური მუხტის არსებობასა და მის სიდიდეს, გამოსხივების  
ინტენსიობას და სხვ.

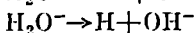
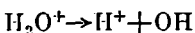
ამგვარად, ყოველი მაიონიზირებელი გამოსხივებისათვის და-  
მახასიათებელი ყოფილა მათი ნივთიერებაში გარბენის სხვადასხვა  
მანძილი (ანუ შეღწევალობის უნარი); მათი ენერჯის და მასის  
შესაბამისად წარმოქმნილ იონთა წყვილების განლაგების სხვადა-  
სხვა სიმკიდროვე, რაოდენობა და სხვა თვისებები. ყველა აღნი-  
შნული თვისება საკმაოდ უნდა იყოს გათვალისწინებული გამოსხი-  
ვების მიერ წარმოქმნილი ბიოლოგიური ეფექტის შესწავლისას.

თუ რომელიმე ნივთიერების მოლეკულაში ერთი ან რამდენ-  
იმე იონიზირებული ატომი იმყოფება, მაშინ ასეთმა მოლეკულამ  
შესაძლებელია აქტიური ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნები განიცა-  
დოს. მაგალითისათვის განვიხილოთ წყლის მოლეკულა. თუ მაიო-  
ნიზირებელი გამოსხივების ზემოქმედებით წყლის მოლეკულის  
რომელიმე ატომიდან (უფრო ხშირად ჟანგბადის ატომიდან) გამო-  
დევნილი იქნა ერთი ელექტრონი, მაშინ ერთი უარყოფითი მუხ-  
ტის დაკარგვის გამო წყლის ნეიტრალური მოლეკულა ერთი

დადებითი მუხტის მქონე იონად გადაიქცევა. თუ ამგვარი მოლეკულიდან განთავისუფლებული ელექტრონი წყლის რომელიმე მეზობელი ნეიტრალური მოლეკულის მიერ იქნა ჩაჭერილი, მაშინ ეს უკანასკნელი გადაიქცევა ერთი ზედმეტი უარყოფითი მუხტის მატარებელ იონად. ასეთი პროცესის შედეგად მივიღებთ წყლის მოლეკულების დადებით და უარყოფით იონებს (ანუ წყვილ იონებს), ამგვარი იონები არასტაბილურ—აგზნებულ მდგომარეობაში იმყოფებიან და მოსალოდნელია შემდეგი შედარებით რთული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების განვითარება, რაც შეიძლება ამგვარად წარმართოს:



შემდეგ



ამგვარი რეაქციის შედეგად ვღებულობთ  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  იონებსა და  $\text{H}$ ,  $\text{OH}$  თავისუფალ რადიკალებს. თავისუფალი რადიკალები ისეთ ატომებს ან ატომთა ჯგუფებს ეწოდება, რომლებიც ელექტრულ მუხტს არ ატარებენ. თავისუფალი რადიკალები აქტიური ვალენტობის ქიმიურ შენაერთებს წარმოადგენენ.

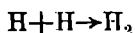
ზემოთ აღნიშნული პროცესის შედეგად წარმოქმნილი  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  და სხვა სახის იონები, რომლებიც დაკარგავენ შეძენილ ელექტრონებს ან, პირიქით, შეიძენენ დაკარგულის სამაგიერო ელექტრონებს, თავისუფალ რადიკალებად გარდაიქმნებიან. მაგალითად:  $\text{H}^+ + e^- \rightarrow \text{H}$  და სხვა.

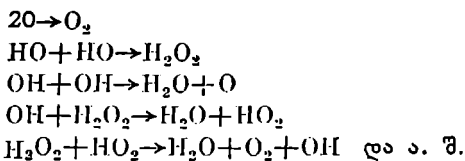
ამგვარი პროცესი არ გამორიცხავს იმის შესაძლებლობას, რომ თავისუფალი რადიკალის რომელიმე ატომი ისევ აგზნებულ მდგომარეობაში არ იმყოფება.

თავისუფალი რადიკალების დამოუკიდებლად ყოფნა ძლიერ ხანმოკლეა და მათი სიცოცხლის ხანგრძლიობა უდრის  $2 \cdot 10^{-7}$  სეკუნდს, რომლის განმავლობაში ისინი შედიან რომელიმე ქიმიურ სტრუქტურულ კავშირში.

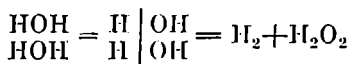
აღნიშნულ შემთხვევაში რეკომბინაციის პროცესი (ანუ უკუგანვითარებისა და აღდგენის პროცესი) საკმაოდ იშვიათად ვითარდება.

მაგალითად, შემთხვევათა დიდ უმეტესობაში შესაძლებელია ამგვარი რეაქციების განვითარება:





ასევე შესაძლებელია ორი აგზნებული წყლის მოლეკულიდან, გარეშე ატომებისა და რადიკალების არარსებობის დროს, მოლეკური წყალბადისა და წყალბადის ზეიანგის წარმოქმნა:



ამგვარად, როდესაც ორგანიზმზე მოქმედებს შემღწევი რადიოაქტიური გამოსხივება, ქსოვილებში წარმოებს წყლის მოლეკულური სტრუქტურების დაშლა და ისეთი ვალენტურად მაძლარი ატომებისა და რადიკალების წარმოქმნა, რომლებსაც საკმაოდ დიდი რეაქტიულობის უნარი გააჩნიათ.

ცნობილია, რომ წყლის რაოდენობა როგორც მცენარეულ, ისე ცხოველურ ორგანიზმში საკმაოდ დიდია. ქსოვილთა სითხეში იმყოფება ბიოსუბსტრატის თითქმის ყველა რთული მოლეკულური სტრუქტურა, რომლებიც გარემომცველ გარემოსთან სისტემატურად აწარმოებენ ნივთიერებათა ცვლის პროცესებს. ორგანიზმზე მომქმედი რადიოაქტიური გამოსხივების შედეგად ქსოვილთა სითხეში წარმოქმნილი თავისუფალი ატომები და რადიკალები (OH, HO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> და სხვა), რომლებსაც ძლიერი ჟანგვითი და აღდგენითი თვისებები გააჩნიათ, აქტიურად მოქმედებენ ქსოვილოვან (ორგანულ და არაორგანულ) შენაერთებთან. ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჟანგვითი პროცესების მკვეთრი მომატება OH და HO<sub>2</sub> რადიკალების ხარჯზე. გარდა ამისა, ასეთ შემთხვევაში ბიოსუბსტრატში ხშირად მოსალოდნელია ისეთი ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების განვითარება, რომლებსაც ნორმალურ პირობებში სრულებით არა აქვთ ადგილი.

ორგანიზმზე რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების გამო, ქსოვილებში მიმდინარე იონიზაციის პროცესების გარდა, შესაძლებელია აგრეთვე ქსოვილოვან ნივთიერებათა ატომგულების გაოდაქმნებიც, ანუ ბირთვული რეაქციები. მაგალითად, სითხური ან ნელი ნეიტრონების ზემოქმედების შედეგად შესაძლებელია წყალბადის ატომგულების მიერ მათი ჩაპერა, რის შედეგად წარმოიქმნება მძიმე წყალბადი. მაგალითად, ქსოვილოვანი აზოტის ატომგულებთან ნეიტრონების ურთიერთმოქმედების დროს წარ-

მოქმნება რადიოაქტიური ნახშირბადის ( $C^{14}$ ) ატომგული და თავისუფალი პროტონი. ამგვარადვე შესაძლებელია რადიოაქტიური იზოტოპების წარმოქმნა ორგანიზმში შემავალი სტაბილური იზოტოპებიდან. ისინი თავის მხრივ განიცდიან ინტენსიურ რადიოაქტიურ გარდაქმნებს და, ამგვარად, განაპირობებენ შესაფერის მავნე ზემოქმედებას ქსოვილის ნივთიერებათა ატომებსა და მოლეკულებზე.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან ნათლად ჩანს, რომ ზიონიზირებელი და ბირთვული პროცესების შედეგად ცოცხალი ორგანიზმის ქსოვილში მოსალოდნელია ღრმა ფიზიკურ-ქიმიური ცვლილებების განვითარება; ამას შესაძლებელია მოყვეს არა მარტო ცალკეული უჯრედების ან მათი ჯგუფების და ზოგიერთი ორგანოს დაზიანება, არამედ სხივური დაავადების განვითარებაც საკმაოდ მძიმე ფორმით, რაც შესაძლებელია ორგანიზმის სიკვდილით დამთავრდეს. ყოველივე ეს ძირითადად დამოკიდებულია შემლწყვი განოსხივების იმ ფიზიკური სიდიდისაგან, რომელსაც ორგანიზმი მიიღებს.

რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შემდეგ ყოველგვარ ბიოლოგიურ გარდაქმნებს, უპირველეს ყოვლისა, შემადგენელი ნივთიერების ერთი ნაწილის იონიზაცია უძღვის წინ. შემდეგში კი აღნიშნულ ნივთიერებაში მოსალოდნელია მეორადი ნრავალფეროვანი ფიზიკურ-ქიმიური გარდაქმნები, რასაც მასში წარმოქმნილი აქტიური ქიმიური სტრუქტურები აწარმოებენ. მაგალითად, წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებანი იონიზაციური პროცესების შედეგად გაცილებით მეტად განიცდიან დაზიანებას, ვიდრე მშრალ პირობებში მყოფნი. ცხადია, ქსოვილოვან სითხეში წარმოქმნილი იონები და აქტიური რადიკალები ურთიერთმოქმედებენ მასში „გახსნილი“ ორგანული ნივთიერებების მოლეკულებთან და განსაკუთრებით აქტიურად ცილის მოლეკულებთან.

ამ მხრივ აღსანიშნავია, რადიოაქტიურ გამოსხივებათა ზემოქმედების შედეგად წარმოქმნილი შენაერთების მოქმედება, პირველ რიგში, ისეთ მაღალმოლეკულურ შენაერთებთან, როგორცაა ცილები, ნუკლეოპროტეიდები, ნუკლეინის მჟავები, გლუკოპროტეიდები და სხვ. მათთან აქტიური ურთიერთმოქმედების შედეგად ხდება ამ უკანასკნელთა მაკრომოლეკულების დაშლა (დარღვევა) (ე. გ. პლიშევსკაია, ლ. ვილისი, ნ. ბ. სტრაჟევსკაია და სხვანი). თითქმის ასეთივე შედეგს ვიღებთ უმარტივეს ორგანიზმებზე ჩატარებული ცდების დროსაც. მაგალითად, თამბაქოს

მოზაიკური დაავადების გამომწვევი ვირუსის დასაშლელად მშრალ მდგომარეობაში საჭიროა 100.00ჯ.—1.000.000ჯ, მაშინ როდესაც წყალხსნარში მის დასაშლელად მხოლოდ 100ჯ საჭირო. გარდა აღნიშნულისა, თუ იგივე ვირუსი შედარებით კონცენტრირებულ ხსნარშია მოთავსებული, მისი ინაქტივაციისათვის გაცილებით მეტი დოზის გამოყენებაა საჭირო, ვიდრე წყალში არსებობის დროს. ასეთივე სურათია მიღებული ბაქტერიოფაგების მხრივაც, რომლებიც ნაკლებად კონცენტრირებულ ხსნარში უფრო სწრაფ ინაქტივაციას განიცდიან, ვიდრე მაგალითად, კონცენტრირებულ ჟელატინიან სუსპენზიებში. ცხადია, ამ დროს აქტიური ქიმიური რადიკალების ზემოქმედების უნარი შედარებით მშრალ მდგომარეობაში და კონცენტრირებულ ხსნარებში მყოფი ორგანული ნივთიერებების მიმართ ნაკლებად არის გამოხატული. შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ამგვარი პროცესის ერთ-ერთი მიზეზი ის არის, რომ შედარებით მშრალ და აგრეთვე კონცენტრირებულ ხსნარებში შემღწვევი რადიოაქტიური გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად განვითარებული იონიზაციური პროცესების დროს წარმოქმნილი იონთა წყვილები და აქტიური რადიკალები ნაკლებად გავრცელებიან და ადგილობრივად განიცდიან რეკომბინაციულ პროცესებს.

რადიოაქტიური გამოსხივების ზემოქმედებისას ბიოსუბსტრატებში შემაჯალ ქიმიურ წარმონაქმნებში შემჩნეულია როგორც ჟანგვითი, ასევე აღდგენითი პროცესების მიმდინარეობა. ძირითადად კი აღინიშნება ჟანგვითი პროცესების არსებობა (დომინირება). მაგალითად, ფეროიონი გადაიქცევა ფერი-იონად, ოქსიპემოგლობინი მეტჰემოგლობინად და სხვა.

რენტგენის სხივების მოქმედების შედეგად ბიოსუბსტრატებში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენითი პროცესების შესწავლის დროს აღმოჩნდა, რომ გლუთათიონის ან ცისტეინის თანაარსებობისას ფერმენტ კატალაზას მოქმედება (აღნიშნულ პირობებში) ძლიერდება, ხოლო იგივე დაჟანგული გლუტათიონისა და ცისტეინის არსებობისას, პირიქით, მისი აქტივობა შესუსტებულია. აღნიშნული ფაქტი საყურადღებოა აგრეთვე იმ მხრივ, რომ თუ, მაგალითად, ცნობილია რომელიმე ნივთიერების თვისებები, რომლებიც აღნიშნულ პირობებში აძლიერებენ ან ასუსტებენ რომელიმე ფერმენტის ან სხვა ორგანული წარმონაქმნების ცხოველმყოფელობას, მაშინ შესაძლებელია შედარებით ნებისმიერად გაძლიერდეს ან შესუსტდეს მათიონიზირებელი გამოსხივების გამანადგურებელი მოქმედება.

მთელი რიგი ცდებით დამტკიცდა, რომ ზოგიერთი ცოცხალი ორგანიზმის ირგვლივ რაც უფრო ნაკლებად იმყოფება-ქანგბადი, იგი მით უფრო მეტად გამოხატულ გამძლეობას იჩენს მაიონიზირებელი გამოსხივებისადმი. მაგალითად, Bact. Coli ანაერობულ მდგომარეობაში გაცილებით ნაკლებად მგრძნობიარე აღმოჩნდა, ვიდრე ქანგბადით მდიდარ გარემოში. ამ ბაქტერიის აზოტისა და წყალბადის გარემოში მოთავსებისას მისი აბსოლუტური სასიკვდილო დოზა 6.500 რ-დან 10.000 რ-მდე გაიზარდა, ე. ი. ასეთ პირობებში მისმა გამძლეობამ რადიოაქტიური გამოსხივებისადმი ერთიორად მოიმატა.

ასეთივე სურათი მიიღეს მაშინაც, როდესაც ცდები შედარებით მაღალი განვითარების საფეხურზე მდგომ ექსპერიმენტულ ცხოველებზე ჩატარეს, რომლებსაც ხელოვნურად შეუქმნეს ანოქსიის ან ნაწილობრივი ანოქსიის მდგომარეობა. ასეთი ცდების დროს აღმოჩნდა, რომ ანოქსიის პირობებში მყოფი ცხოველების 100% ცოცხალი გადარჩა იმ მომენტში, როდესაც საკონტროლო ჯგუფის ცხოველები დაიხოცნენ.

ზ. ი. ბარბაშოვას მიერ ექსპერიმენტულ ცხოველებზე ჩატარებული იყო ცდები, რომლებსაც იგი გაიშვიათებულ ატმოსფერულ პირობებში ათავსებდა და შემდეგ მათზე უსიხვებით მოქმედებდა. გამოიჩვენა, რომ ექსპერიმენტული ცხოველების (თაგვების) წინასწარი აკლიმატიზაციით ქრონიკული ჰიპოქსიის პირობებში იზრდება მათი გამძლეობის უნარი შემლწევი რადიაციის მიმართ. მათ მიერ ჩატარებული ცდების მიხედვით ირკვევა, რომ 690 რ დოზის მიღებისას აკლიმატიზირებული თაგვების სიკვდილიანობა ორჯერ ნაკლები იყო, ვიდრე საკონტროლო ჯგუფისა. მხოლოდ 1100 რ დოზის მიღების დროს აღინიშნებოდა ყველა აკლიმატიზირებული თაგვის სიკვდილიანობა, მაგრამ იმ განსხვავებით, რომ ამას ადგილი ჰქონდა მათზე შემლწევი რადიაციის მოქმედებიდან 7 დღის გავლის შემდეგ, მაშინ როდესაც საკონტროლო ჯგუფის თაგვები იხოცებოდნენ 3 დღის შემდეგ.

ცნობილია, რომ როდესაც ცოცხალი ორგანიზმის მიმართ რადიოაქტიური გამოსხივების საკმაოდ დიდი დოზით მოქმედებას აქვს ადგილი, მაშინ ორგანიზმის უჯრედებსა და ქსოვილებში ღრმად გამოხატული ფუნქციურ-მორფოლოგიური ცვლილებები ვითარდება, რის გამოც მძიმე შემთხვევებში შესაძლებელია ორგანიზმის სიკვდილიც. მაგალითად, საშუალო სასიკვდილო დოზა ძალღებისათვის უდრის დაახლოებით 500 რ. ასეთი დოზით მიღებული შემლწევი რადიაციის ზოგადი მოქმედების დროს ძალი

ალუპება მიუხედავად იმისა, რომ მისი ქსოვილის მოცულობის თითოეულ ერთეულში წარმოქმნილი იონების რიცხვი არც თუ ისე დიდია. ამ შემთხვევაში ქსოვილის 1 კუბურ სანტიმეტრზე მოდის დაახლოებით  $10^{15}$  იონი. თუ აღნიშნული დოზით მოქმედებისას იგივე მოცულობის სუბსტრატად წყალს ვიგულისხმებთ, მაშინ წყლის 10 მილიონი მოლეკულიდან მხოლოდ ერთი მოლეკულა განიცდის იონიზაციას. დაახლოებით ასეთივე სურათი განვითარდება ცილის მოლეკულების მიმართაც.

როდესაც რადიოაქტიური გამოსხივების ორგანიზმზე ზემოქმედების დროს მის მიერ გამოყოფილ სითბურ ექვივალენტს განვიხილავთ, აქაც საგრძნობლად მცირე სიდიდესთან გვექნება საქმე. აგალითად, ადამიანის ორგანიზმზე რადიოაქტიური გამოსხივების ტოტალურად მოქმედების დროს 500 r წარმოადგენს სასიკვდილო დოზას. თუ ასეთ შემთხვევაში ადამიანის სხეულის წონა უდრის 70 კილოგრამს, მაშინ მიღებული დოზის მიხედვით მთელ სხეულში გამოიყოფა დაახლოებით 50 მცირე კალორია, რაც ერთი ჩაის კოვზი თბილი წყლის კალორატს უდრის. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ მთელი ორგანიზმისათვის გამოყოფილი სითბური ექვივალენტი ძლიერ უმნიშვნელო ფაქტორს წარმოადგენს.

ზემოთ აღნიშნული ფაქტების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ქსოვილებში მაღალი ტემპერატურის წარმოქმნა ხდება ქსოვილის მხოლოდ იმ მცირე რაოდენობის ნაწილაკებში (შედარებით მთელ ორგანიზმთან), რომლებიც უშუალოდ განიცდიან იონიზაციას. ე. წ. „წერტილოვან“ მოცულობაში ხდება შთანთქმული ენერგიის ქიმიური აქტივაციის ენერგიად გარდაქმნა, რის გამოც სუბსტრატის მოლეკულები ძლიერ ქიმიურ აქტივობას შეიძენენ და სწორედ ამგვარი ქიმიურად აქტიური მოლეკულების არსებობა ქსოვილებში განაპირობებს მათში შემდგომ განვითარებულ შორს-წასულ ძვრებს.

### იონიზაციური პროცესის შედეგად განვითარებული ცვლილებები ცოცხალ ორგანიზმში

ქსოვილთა ცილოვანი სუბსტანციის შესწავლისას გამოირკვა, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შედეგად ცილოვანი შენაერთები დენატურირებას განიცდიან, რასაც შემდეგში მათი კოაგულაცია მოყვება. ასეთი მოვლენა დადასტურდა იმით, რომ ცილოვან სუბსტანციებზე „მაიონიზირებელი“ გამოსხივების დიდი დოზებით ზემოქმედებისას ცილების დიდი რაოდენობით



დაშლის საბოლოო პროდუქტები შედარებით ნაკლები რაოდენობით წარმოიქმნება. ამგვარად, „მაიონიზირებელი“ ნაწილაკების ზემოქმედებით რთული ცილოვანი მოლეკულები სრულ დაშლასკი არ განიცდიან, არამედ უფრო ხშირად თვით მოლეკულის შიგნით წარმოებს სტრუქტურული გადაჯგუფება.

ცდების საფუძველზე გამოირკვა, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შედეგად უჯრედების ციტოპლაზმა შეშუპებას განიცდის. მაგალითად, ერიტროციტებზე რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შედეგად მათ ციტოპლაზმაში მიმდინარე გარდაქმნების შემდეგ ოსმოსური წონასწორობა ირღვევა, რის გამოც უჯრედის შეშუპება ვითარდება. უჯრედების დაშლა იწვევს მათში მყოფი მალაღმოლეკულური ცილების დაშლას. ასეთი პროცესი შესაძლოა შემდეგნაირად განვითარდეს: უჯრედებზე შემლწვევი რადიაციის მოქმედების შემდეგ ვითარდება მათი ცილოვანი შენაერთების დენატურაცია და კოაგულაცია, ხოლო წყლის გამოდევნის გამო უჯრედები შექმუხნას განიცდიან. შემდეგში კი მალაღმოლეკულური ცილოვანი შენაერთების დაშლისას ირღვევა ოსმოსური წნევა და უჯრედთა შეშუპება ვითარდება. უჯრედთა შეშუპებითი მოვლენები, გარდა ერიტროციტებისა, აღნიშნულია აგრეთვე სხვა სახის ცხოველურ და მცენარეულ უჯრედებშიც.

მთელი რიგი ექსპერიმენტული დაკვირვებების შედეგად საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი ის მორფოლოგიური და ფუნქციური პროცესები, რომლებიც ვითარდება ცხოველურ და მცენარეულ უჯრედებში შემლწვევი რადიაციის მოქმედების შედეგად.

უჯრედთა მორფოლოგიური ცვლილებების შესწავლისას აღმოჩნდა, რომ მათი ბირთვები, უპირველეს ყოვლისა, პიკნოზს განიცდიან. ამგვარად განვითარებული უჯრედთა ბირთვების პიკნოზი შეიძლება ქრომატინის კოაგულაციით აიხსნას. პიკნოზის განვითარება შემლწვევი გამოსხივების მოქმედების პირველსავე წუთებშია შესამჩნევი. შემდეგში უჯრედის პიკნოზური ბირთვი დაშლას განიცდის და მისი ნაწილები უჯრედის ციტოპლაზმაში მიმოიფანტება (კარიორექსისი). შემდგომში მოსალოდნელია ციტოპლაზმაში ცხოველმყოფელური პროცესის დარღვევა, ანუ უჯრედის სრული სიკვდილის განვითარება.

იმ შემთხვევაში, თუ შემლწვევი გამოსხივების მოქმედება უჯრედის მთლიან სიკვდილს არ გამოიწვევს, მაშინ მისი ფუნქციური როლი ნაწილობრივ მაინც შენარჩუნებულია იმისდა მიხედვით, თუ რა პათოლოგიური შედეგი გამოიღო მათზე შემლწვევი რადიაციის მოქმედებამ. შესაძლებელია უჯრედის ზრდის პროცესის

შენელება ან სრულებით შეწყვეტა. ასევე სუსტდება მოძრაობის ან გამრავლების უნარი და სხვა.

ვოინო-იასენეცკის მიერ შესწავლილია რადიოაქტიური კობალტის  $\gamma$ -სხივების მოქმედება ბაყაყის გამრავლების პროცესებზე. ავტორი აღნიშნავს, რომ 6.800—7.500 r დოზით მოქმედებისას უფრო მკვეთრად ირღვევა გამრავლების საბოლოო პროცესი—ემბრიოგენეზი, მაშინ როდესაც ოკულაციისა და განაყოფიერების პროცესები ამგვარ დარღვევას არ განიცდიან. გამოირკვა, აგრეთვე, რომ ემბრიოგენეზისა და საერთოდ გამრავლების პროცესების დარღვევის ერთ-ერთ მიზეზად ჰიპოთეზის ფუნქციური მოშლილობა უნდა ჩაითვალოს.

მთელი რიგი დაკვირვებების შემდეგ აღმოჩნდა, რომ ნებისმიერი სახისა და განვითარების უჯრედს რადიოაქტიური გამოსხივების მიმართ თანაბარი მგრძნობელობა არ გააჩნია. მაგალითად, აღმოჩნდა, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შედეგად ავთვისებიანი (სიმსივნური) წარმონაქმნების შემადგენელი უჯრედები გამრავლების უნარს კარგავენ და საერთოდ დაშლას განიცდიან მაშინ, როდესაც იგივე სახის ქსოვილთა შემადგენელი ნორმალური უჯრედები ამგვარ ცვლილებებს შედარებით ნაკლებად ან თითქმის არ განიცდიან.

სიმსივნური წარმონაქმნების ამგვარი მგრძნობელობის უნარი შემლწვევი რადიაციის მიმართ სამედიცინო პრაქტიკაში საკმაოდ დიდი ხანია, რაც ცნობილია.

ამ მხრივ თანამედროვე მედიცინაში დიდი კვლევა-ძიება მიმდინარეობს რადიოაქტიური ელემენტების საშუალებით ავთვისებიან წარმონაქმნებთან ბრძოლის საქმეში და საკმაოდ კარგი შედეგებიცაა მიღებული. ამ მიზნით ნახმარია მრავალი ბუნებრივი და ხელოვნური რადიოაქტიური იზოტოპი, მაგალითად რადიუმი (ურანის დაშლის პროდუქტები). ხელოვნური რადიოაქტიური იზოტოპებიდან მედიცინაში იხმარება: ნახშირბადი  $C^{14}$ , ნატრიუმი  $Na^{24}$ , ფოსფორი  $P^{32}$ , გოგირდი  $S^{35}$ , სტრონციუმი  $Sr^{89}$ , რკინა  $Fe^{59}$ , კობალტი  $Co^{60}$ , დარიშხანი  $As^{76}$ , ბრომი  $Br^{82}$ , იოდი  $I^{131}$ , ოქრო  $Au^{198}$  და სხვა.

განსაზღვრული რადიომგრძნობელობით ხასიათდებიან ქსოვილთა ახალგაზრდა უმწიფარი უჯრედები, რომლებიც თავიანთი პროლიფერაციული უნარის გამო გარემოსთან გაცხოველებულ ნივთიერებათა ცვლის პროცესებს აწარმოებენ და აგრეთვე შედარებით ნაზი სტრუქტურით ხასიათდებიან.

ორგანიზმზე მაიონიზირებელი გამოსხივების ბიოლოგიური მოქმედების შეფასებისას მნიშვნელობა აქვს თვით ორგანიზმის

სახეობას, შემღწევი რადიაციის მიღებულ დოზას, სერიოზული უურადლება ექცევა იმას, თუ ორგანიზმის რომელ ნაწილზე მოხდა რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედება, ზემოქმედების ფართობს (ტოტალური თუ ნაწილობრივი) და სხვა. რადიოაქტიური გამოსხივების ადამიანის ორგანიზმზე ტოტალური ზემოქმედების დროს საშუალო სასიკვდილო დოზად მიღებულია 400რ, ე. ი. ისეთი დოზა, რომლისაგანაც ადამიანთა 50% იღუპება.

ადამიანის აბსოლუტური მინიმალური სასიკვდილო დოზა უდრის 600 რ, ე. ი. რადიოაქტიური გამოსხივების ამ დოზის ორგანიზმზე ტოტალური მოქმედების ყველა შემთხვევა ადამიანის სიკვდილით თავდება.

ექსპერიმენტის დროს ვირთაგვების მინიმალური სასიკვდილო დოზა უდრის 350 რ, ე. ი. ტოტალურად მოქმედების დროს მხოლოდ ერთეული ცხოველი კვდება. ვირთაგვებისათვის საშუალო სასიკვდილო დოზა უდრის 600 რ, ე. ი. ცხოველთა 50% იხოცება. მათი მაქსიმალური სასიკვდილო დოზა უდრის 800 რ, ე. ი. ყველა შემთხვევა სიკვდილით მთავრდება.

გარდა ცხოველთა სახეობის მიხედვით არსებული რადიომგრძობელობისა, ცნობილია, აგრეთვე, თითოეული სახეობის ცხოველთა ინდივიდუალური რადიომგრძობელობაც. მაგალითად, როდესაც ვირთაგვებზე რადიოაქტიური გამოსხივების 350 რდოზით მოქმედებენ, იხოცება დაახლოებით 10%, დანარჩენები კი ცოცხალი რჩებიან. ვირთაგვების დაახლოებით 5% უძლებს 700რ. როდესაც ვირთაგვების მიერ 800 რ დოზის მიღება ხდება, მათი უმეტესობა (დაახლოებით 90%) მე-7—12 დღეს იღუპება, შედარებით მგრძობიარენი კი—მე-3—4—დღეს (იხ. ცხრილი № 3).

### ცხრილი 3

ზოგიერთი ორგანიზმის ხაშუალო სასიკვდილო დოზა

ორგანიზმის სახეობა	საშუალო სასიკვდილო დოზა (რენტგენებში)	ორგანიზმის სახეობა	საშუალო სასიკვდილო დოზა (რენტგენებში)
ადამიანი	400 რ	Bact. Coli	14.000 რ
შინაური კურდღელი	600 რ	"          "	70.500 რ
ხღუს გოჭი	2000 რ	ობის სოკო	150—50 რ
ვირთაგვა	500 რ	Penicillini	
თაგვი	500 რ	(სპორები)	100.000 რ
ბაყაყი	1.000რ	ბ ა ქ ტ ე რ ი ო ფ ა გ ე ბ ი	
		Coli	150.000 რ
		Dysenteria	50.000 რ
		Subtilis	90 000 რ

მთელი რიგი ცდების მიხედვით გამოირკვა, რომ ორგანიზმზე რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების დროს გარკვეული მნიშვნელობა აქვს როგორც მის ზოგად ან ნაწილობრივ მოქმედებას, ასევე მის ერთჯერად ან მრავალმომენტიან მოქმედებასაც. მაგალითად, როდესაც ძალის ორგანიზმზე ყოველდღიურად მოქმედებენ მაიონიზირებელი გამოსხივების 10 r დოზით, მაშინ ძალის მიერ მიღებულ სასიკვდილო დოზათა ჯამი დაახლოებით 10-ჯერ გაიზრდება. ამ შექმნილებაში მიღებული სუბარული დოზის სიდიდე მიაღწევს დაახლოებით 5.000—6000 r.

შემღწევი რადიაციის ორგანიზმზე ზოგადი ან შერჩევითი სხეულის რომელიმე ნაწილზე მოქმედების დროს გამოირკვა, რომ ვირთაგვების მხოლოდ თავზე ზემოქმედებისას მინიმალური აბსოლუტური სასიკვდილო დოზა უდრის 2.000 r, მაშინ როდესაც ტოტალურად მოქმედებისას—600 r-ია. თუ სხივური ზემოქმედება ვირთაგვების სხეულის სხვა ნაწილებზე ხდება, რომელთა ფართობი დაახლოებით იმდენია, რამდენიც მათი თავის ფართობი, იღებენ შემდეგ მონაცემებს: მუცლის ზემოთა ნაწილზე შემღწევი რადიაციის მოქმედების დროს ვირთაგვების მინიმალური აბსოლუტური სასიკვდილო დოზა უდრის 5.000 r, მუცლის ქვედა ნაწილზე მოქმედებისას—3000 r, გულმკერდის არეზე—10.000 r. ამავე ცდის მიხედვით გამოირკვა, რომ ვირთაგვას სხეულის რომელიმე ნაწილზე მაიონიზირებელ გამოსხივებათა მოქმედების დროს ყველაზე ნაკლები დოზა იხარჯება მაშინ, როდესაც მხოლოდ თავის არეზე მოქმედებენ, ე. ი. მათ ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. ამგვარი ზემოქმედების დროს ცხოველის ორგანიზმისათვის შედარებით მეტი საფრთხე არსებობს. საკმაოდ ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე წარმოებული მთელი რიგი ცდების მიხედვით დადასტურდა, რომ შემღწევი მაიონიზირებელი გამოსხივება შედარებით მაღალი განვითარების საფეხურზე მყოფ ცხოველთა ორგანიზმებზე მოქმედების დროს განსაკუთრებით მათ ცენტრალურ ნერვულ სისტემას აზიანებს.

ორგანიზმის შიგნით მოხვედრილი რომელიმე რადიოაქტიური ელემენტის ბიოლოგიური მოქმედება დამოკიდებულია ელემენტთა რაოდენობაზე, მათ ნახევრადდაშლის პერიოდზე, გამოსხივების სპექტრზე, ორგანიზმში განაწილების თვისებებზე და სხვა. რადიოაქტიური იზოტოპების ორგანიზმში განაწილება და გამოყოფა თითოეული იზოტოპის ქიმიურ თვისებებზეა დამოკიდებული.

ისეთი გაზისებური რადიოაქტიური ელემენტები, როგორცაა ნეონი, ქაენონი და რადონი, სწრაფად გამოიყოფა ორგანიზმიდან. მათი ფილტვებში შესუნთქვისა და გამოყოფის სისწრაფე თიჯქმის ისეთივეა, როგორიც ჩვეულებრივი ჰაერისა.

თუ ორგანიზმში მოხვედრილი რომელიმე რადიოაქტიური ელემენტის ნახევრადდაშლის პერიოდი ხანმოკლეა, მაშინ ორგანიზმისათვის ნაკლები საფრთხეა მოსალოდნელი. რა თქმა უნდა, ამ შემთხვევაშიც მნიშვნელობა აქვს ელემენტთა იმ რაოდენობას, რომელიც ორგანიზმში მოხვდება.

ზოგიერთი რადიოაქტიური ნივთიერება წარმოადგენს ისეთი ქიმიური ელემენტების იზოტოპებს, რომლებიც ცოცხალი ორგანიზმის ქსოვილებში, ჩვეულებრივ, საკმაოდ დიდი რაოდენობით იმყოფება და მათში მიმდინარე ნივთიერებათა ცვლის პროცესში აქტიურად მონაწილეობენ (მაგალითად ფოსფორი, ნახშირბადი, იოდი, ნატრიუმი, გოგირდი და მრავალი სხვა). უნდა ვიფიქროთ, რომ ამგვარი რადიოაქტიური ელემენტების ორგანიზმში დიდი რაოდენობით მოხვედრა გაცილებით მეტი ზიანის მომტანია, ვიდრე ისეთი ელემენტებისა, რომლებიც ცხოველის ორგანიზმისათვის უცხოა. მაგალითად, მძიმე ელემენტები ორგანიზმისათვის უცხო ელემენტებია; ისინი ორგანიზმში მოხვდებიან შედარებით ადვილად და სწრაფად ჩაინაცვლებიან, რაც განაპირობებს, აგრეთვე, ორგანიზმიდან მათ შედარებით ადვილსა და სწრაფ გამოდევნას.

ზოგიერთი რადიოაქტიური ელემენტი ამჟღავნებს ორგანობსა და ქსოვილებში არჩევითი განლაგების თვისებებს, რაც მათი ბიოლოგიური მოქმედების შესწავლისას საკმაოდ დიდ და მრავალმხრივ ინტერესს იწვევს.

## დაცვითი თვისებები ცოცხალ ორგანიზმებში

მეცნიერთა მიერ ჩატარებულია მრავალი კვლევითი მუშაობა იმ მიზნით, რომ შეესწავლათ, თუ როგორი დაცვითი მოვლენები ვითარდება რადიოაქტიური გამოსხივებით წარმოქმნილი იონიზაციური პროცესის დროს თვით ორგანიზმში ან რა მეთოდით შეიძლება ხელი შეეწყოს ამგვარ დაცვით მოვლენებს.

განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი. ერთ-ერთი ცდის დროს აღმოჩნდა, რომ გარკვეული სახის ნივთიერებათა მეშვეობით ზოგიერთი ბაქტერია საკმაოდ გამოხატულ დაცვით უნარს იჩენს. მაგალითად, თუ *propioni-bacterium pentosocuum*-ის წყლიან ბაქტერიალურ სუსპენზიაში შერეულია ცისტეინი, მაშინ განსაზღვრული რადიოაქტიური იზოტოპები

ზღვრული დოზით მოქმედებისას ინაქტივაციას გადაარჩება ბაქტერიების — 45%, თუ შერეულია თიოგლუკოლის მჟავა — 25%, თიოშარდოვანა — 22%. შარდოვანა — 2%, გლიკოკოლი — 2%. მკვლევართა აზრით, ასეთ შემთხვევებში დაცვისათვის ყველაზე უფრო ეფექტური სულფაიდრილური ჯგუფის წარმომადგენლები აღმოჩნდნენ. თუ მათ მოლეკულურ სტრუქტურებში შედის არა ერთი, არამედ ორი სულფაიდრილური ჯგუფი, მაშინ მათი დაცვითი ეფექტურობა საგრძნობლად იზრდება.

ცისტეინის ამგვარი დაცვითი ეფექტურობა გამოიმკვრივდა აგრეთვე სხვა ორგანიზმების მიმართაც, მაგალითად, E. Coli-ს მიმართ ცისტეინი უფრო მეტად გამოხატულ დაცვით ეფექტურობას ამჟღავნებს, ვიდრე 2—3 დიმერკაპტოპროპინოლი.

შემღწევი მაიონიზირებელი გამოსხივების დროს იგივე ცისტეინის დაცვითი ეფექტის მისაღებად ცდები ჩატარებულია ზღვის გოკებზედაც. ზღვის გოკის ზურგში, მის ერთ მხარეზე, კანქვეშ შეიყვანეს 2—5 მილიგრამი ცისტეინი, ხოლო მეორე მხარეზე (სიმეტრიულად) — სტერილური ფიზიოლოგიური ხსნარი. ცდის შედეგად დადასტურდა, რომ ზღვის გოკებზე რენტგენის სხივებით ზემოქმედებისას თმის ფოლიკულები განსაკუთრებით ძლიერ იმ ადგილებზე დაზიანდა, სადაც ცისტეინი არ იყო შეყვანილი. აღმოჩნდა, აგრეთვე, რომ ცისტეინის შეყვანა ზღვის გოკის ორგანიზმში საერთოდ აძლიერებს ცხოველის დაცვით უნარს და რომ ცისტეინის დიდი დოზებით ორგანიზმში შეყვანის შემდეგ ცხოველთა დალუპვისაგან გადაარჩენა შესაძლებელია მაშინაც კი, როდესაც მათ მაიონიზირებელი გამოსხივების სასიკვდილო დოზა აქვთ მიღებული.

ზოგიერთი ცდით გამოირკვა, რომ ცისტეინის ცხოველის ორგანიზმში შეყვანა მას შემდეგ, რაც ცხოველზე შემღწევი რადიოაქტიური გამოსხივება იმოქმედებს, დაცვის ეფექტურობას აღარ ამჟღავნებს. ამგვარი ცდების შედეგად მეცნიერ-მკვლევარებმა დაასკვნეს, რომ უშუალოდ შემღწევი მაიონიზირებელი გამოსხივების მოქმედების დროს ორგანიზმში ხდება ტოქსიკური პროდუქტების გამომუშავება.

ზოგიერთი მკვლევარის აზრით, ცისტეინთან შედარებით უკეთეს დაცვით ეფექტურობას ამჟღავნებს გლუთათიონი, რაც განსაკუთრებით მაშინ არის გამოხატული, როდესაც იგი ორგანიზმში ვენური გზით არის შეყვანილი. ამგვარ მოვლენას ხსნიან იმით, რომ გლუთათიონს გააჩნია ქსოვილებში დიდი რაოდენობით განლაგების თვისება, მაშინ როდესაც ამგვარი თვისება ცისტეინის

ტენის შვირედ აქვს გამოხატული. გარდა აღნიშნულისა, ქსოვი-  
ლებში ფერმენტებით მოქმედების შედეგად გლუთათიონი ნაკლე-  
ბად განიცდის დაშლას, ვიდრე ცისტეინი. მაგალითად, ფერმენტი  
ცისტეინ-დისულფურაზა გოგირდწყალბადს ცისტეინის მოლეკუ-  
ლურ სტრუქტურას ჩამოაცილებს, ხოლო გლუთათიონს კი—არა.

გარდა აღნიშნული დაცვითი ეფექტურობის მქონე ნივთიე-  
რებებისა, ორგანიზმზე შემღწევი რადიაციის შედეგად გამოწვეუ-  
ლი პროცესებისაგან დაცვის ეფექტურობით გამოირჩევა აგრეთვე  
ნატრიუმის ციანიდი (განსაზღვრული დოზებით), ცისტეინამინი  
( $\beta$  მერკაპტოეთილამინი) და სხვ.

მრავალრიცხოვანი დაკვირვების შედეგად გამოირკვა, რომ  
ორგანიზმის რეზისტენტობა საიონიზაციო პროცესების მიმართ  
მატულობს იმ შემთხვევებში, როდესაც ორგანიზმი ქანგბადის  
შეღარებით ნაკლებობას განიცდის.

საყურადღებოა აგრეთვე, რომ თუ ორგანიზმის რომელიმე  
ნაწილს შეუწყვეტეთ კვება, მაგალითად ლახტის გადაქერით და  
სხვა მეთოდებით, მაშინ აღნიშნულ ნაწილშიც მატულობს რადიო-  
რეზისტენტობა.

ლორწოვანი გარსების ადგილობრივი რადიომგრძობელო-  
ბის დაქვეითების მიზნით (ქარგი შედეგებით) ნახმარია ადრე-  
ნალინი. ცნობილია რომ, ამ დროს არტერიული სისხლის ძარ-  
ღები სპაზმურ შევიწროებას განიცდიან.

ზოგიერთი ცდის შედეგად გამოირკვა, რომ საერთოდ ორ-  
განიზმში ცილების ნაკლებობისას ქვეითდება მისი ქსოვილების  
რადიორეზისტენტობა. ორგანიზმის რადიორეზისტენტობას ამცო-  
რებს ისეთი ნივთიერებების ხმარება, როგორიცაა: სპილენძი,  
ვერცხლი, ორგანული და არაორგანული იოდოვანი შენაერთები,  
ბრილიანტის მწვანე, ფლუორესცენინი, ნეიტრალური მწვავე, კონ-  
გო-წითელი და სხვ.

მთელი რიგი დაკვირვებების შედეგად ნათელი გახდა, რომ  
განვითარების მაღალ საფეხურზე მყოფ ორგანიზმებში რადიორეზი-  
სტენტობისა და მასთან დაკავშირებული პროცესების რეგულაცია  
ძირითადად მათ ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზეა დამოკე-  
დებული. ამ მხრივ მრავალი კვლევა-ძიებაა ჩატარებული და ზო-  
გიერთ მათგანს უფრო დაწვრილებით შემდეგ განვიხილავთ.

წარმოებებსა და ლაბორატორიებში, სადაც იყენებენ რა-  
დიოაქტიურ ნივთიერებებს, გამოსხივების დასაშვებ დოზად სამუ-  
შაო დღის განმავლობაში მიჩნეულია 0,05 R, ცალკეულ შემთხვე-

ვებში დღიური დოზა შეიძლება გადიდდეს, მაგრამ მისი საერთო ჯამი ერთი კვირის განმავლობაში არ უნდა აღემატებოდეს 0,3 r.

ცოცხალ ორგანიზმზე ზელწვეის დიდი უნარიანობის მქონე რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედებას შედეგად (გარკვეული დოზებით) ვითარდება პათოლოგიური ძვრების კომპლექსი, ე. წ. სხივური დაავადება.

ადამიანის მთელ სხეულზე დაახლოებით 100—200 r გამოსხივების ერთჯერადი ზემოქმედების შედეგად შეიძლება განვითარდეს მწვავე სხივური დაავადების იოლი ფორმა. დაახლოებით 300 r ერთჯერადმა ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს საშუალო სიმძიმის სხივური დაავადება, ხოლო 300—500 r—დაავადების მძიმე ფორმა.

სხივური დაავადება შეიძლება განვითარდეს რადიოაქტიური ნივთიერების ორგანიზმზე მოქმედების შედეგად მასში მოხვედრის გზით (ჩასუნთქვა, ჩაყლაპვა). ზოგიერთ შემთხვევაში სხივური დაავადება შეიძლება განვითარდეს რადიოაქტიური ნივთიერების ორივე გზით ორგანიზმზე მოქმედების შედეგად, მაგალითად, ატომური და თერმოატომური ბომბის აფეთქების დროს.

სხივური დაავადების სიმძიმეს, მიმდინარეობას და პროგნოზს ძირითადად განსაზღვრავს სხივური ენერგიის წყარო, გამოსხივების სახეობა, რაოდენობა, ცოცხალ ორგანიზმზე გამოსხივების ზემოქმედების ხანგრძლიობა, მანძილი სხივური ენერგიის წყაროსა და ცოცხალ ორგანიზმს შორის და ზემოქმედების ადგილის ფართობი. არანაკლები მნიშვნელობა აქვს ორგანიზმის რეაქციულობას, ინდივიდუალურ მგრძობელობას, სქესს, ასაკს, ორგანიზმის საერთო მდგომარეობას; მაგალითად, ახალგაზრდა ორგანიზმი განსაკუთრებულად მგრძობიარეა რადიოაქტიური ნივთიერების ზემოქმედებისადმი. ასევე მალალია ორგანიზმის მგრძობელობა გაძლიერებული ცხოველმოქმედების დროს.

გარკვეულ როლს სხივური დაავადების განვითარებაში ასრულებს გარემოს ისეთი ფაქტორებიც, როგორცაა ჰაერის ტემპერატურა, სინოტივე, ჰაერის მოძრაობის სიჩქარე. ცნობილია, რომ ცოცხალ ორგანიზმზე ატომური ბომბის ზემოქმედების რადიუსი იონიზაციური ეფექტის მხრივ ბევრად მეტია წვიმიან ამინდში, ვიდრე მშრალ ამინდში, ხოლო შუქური ეფექტი კი, პირიქით—კარგ ამინდში. რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე იწვევს მნიშვნელოვან ძვრებს მრავალ ორგანოსა და ორგანოთა სისტემაში.



სანამ სხივური დაავადების აღწერას შევუდგებოდეთ, საჭიროდ მიგვაჩნია მოკლედ შევეხოთ იმ პათოლოგიურ ძვლებს, რომლებიც ვითარდება სხივური ენერჯის ზემოქმედების შედეგად ნერვულ სისტემაში, სისხლში და სხვა ორგანოებში.

მრავალი ცდით დადგენილია ნერვული სისტემის და სისხლში მდებარე ქსოვილების ზემოქმედება მაიონიზირებელი გამოსხივებისადმი იმდენად, რომ სხივური დაავადების დიაგნოსტიკაში ნერვული სისტემის და სისხლის მხრივ ცვლილებები წარმოადგენენ ძირითად და წამყვან არგუმენტებს, „სარკმელს“, რომლის დახმარებით აღვილადაა შესაძლებელი შედარებით ზუსტად გამოვიცნოთ მთელი ორგანიზმის მდგომარეობა.

---

### თ ა ვ ი III

## რადიოაქტიურ გამოსხივებათა მოქმედება ზოგნიერთ ორგანოსა და სისტემაზე

### რადიოაქტიურ გამოსხივებათა მოქმედება ნივთულ სისტემაზე

ექსპერიმენტული და კლინიკური შრომებით დადასტურდა, რომ რადიოაქტიური ნივთიერებებით ცოცხალი ორგანიზმის მოწამვლის შემთხვევაში ვითარდება ნერვული სისტემის ფუნქციური და ორგანული მოშლილობა. ამგვარი მოშლილობის ხარისხი დამოკიდებულია რადიოაქტიური ნივთიერებით მოწამვლის ინტენსიობასა და გარედან მომქმედი მაიონიზირებელი გამოსხივების დოზისაგან. რადიოაქტიური ნივთიერების ზემოქმედების შედეგად ნერვული სისტემის მხრივ თითქმის ყველა ცხოველს უვითარდება აგზნების მოვლენები, რომლებიც შემდეგში გადადის დეპრესიაში, ანუ შეკავებაში.

პირველი გამოკვლევები ცოცხალ ორგანიზმზე მაიონიზირებელი გამოსხივების მოქმედების შესახებ ჩატარებული აქვს ცნობილ ფიზიოლოგს ივანე რომანის ძე თარხნიშვილს 1896 წლის დასაწყისში.

რენტგენის სხივების აღმოჩენიდან რამდენიმე თვის შემდეგ თარხნიშვილმა ბაყაყებზე ჩატარა მთელი რიგი ცდები და დაკვირვებები, რომლებიც შეეხებოდა ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე რენტგენის სხივების მოქმედებას.

ი. რ. თარხნიშვილმა პირველმა შეისწავლა რენტგენის სხივების გავლენა ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. მან დაადგინა, რომ რენტგენის სხივებით შესაძლებელია არა მარტო ფოტოგრაფირება და ღიაგნოსტიკება, არამედ ორგანიზმში მიმდინარე ცხოველმყოფელურ პროცესებსა და მათი მთავარი რეგულატორის—ცერებრო-სპინალურ ცენტრზე მოქმედებაც.

ი. რ. თარხნიშვილის ექსპერიმენტული შრომების საფუძველზე დამტკიცდა, რომ ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე რენტგენის სხივების მოქმედება იწვევს ცხოველის რეფლექსური

მექანიზმის და საერთოდ ცხოველმყოფელური პროცესების მკაფიო ცვლილებას. თავის ერთ-ერთ შრომაში ი. რ. თარხნიშვილი აღწერს ცდას, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: საცდელი ბაყაყის სხეული, ერთი უკანა კიდეურის გარდა, მთლიანად დაფარული იყო ტყვიის ფურცლით, რომელიც რენტგენის სხივებს არ ატარებდა. სხეულის რენტგენიზაცია ტარდებოდა  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  საათის განმავლობაში; ამგვარად, სხივების ზემოქმედებას განიცდიდა მხოლოდ ერთი უკანა კიდეური. რენტგენიზაციის შემდეგ შემოწმებული იყო მჟავების გავლენა რეფლექსურ პროცესებზე; გამოირკვა, რომ რენტგენის სხივებით ზემოქმედების შემდეგ უკანა კიდეურების რეფლექსები არ შეიცვალა; ორივე უკანა კიდეურის რეფლექსები, რომელთაგან ერთი იმყოფებოდა რენტგენის სხივების ზეგავლენის ქვეშ, ხოლო მეორე — დაუტული იყო ტყვიის ფურცლით, არ განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან. ამ ცდით პირდაპირ დამტკიცდა, რომ რეფლექსური პროცესები იცვლება არა პერიფერიული ნერვული სისტემის რენტგენიზაციით, არამედ თვით თავის ტვინის, უფრო სწორად, თავისა და ზურგის ტვინის ცენტრების დასხივების გამო.

ი. რ. თარხნიშვილის მიერ დადგენილია საკმაოდ საინტერესო ფაქტი: თუ ცხოველი წინასწარ დასხივებულია რენტგენის სხივებით, მასში სტრიქინის შეყვანა კრუნჩხვებს აღარ იწვევს. ამ მოვლენას ცნობილი ფიზიოლოგი იმით ხანიდა, რომ რენტგენის სხივებით მოქმედების შემდეგ ცენტრალური ნერვული სისტემის აგზნებადობის პროცესი დაქვეითებულია, რის გამოც დასხივებულ ცხოველში სტრიქინი ვეღარ იწვევს დამახასიათებელ კრუნჩხვებს.

ი. რ. თარხნიშვილისა და შემდეგში სხვა მეცნიერების მიერ ჩატარებული ცდებით დამტკიცდა, რომ სხივური ენერჯის მოქმედების შედეგად ცენტრალური ნერვული სისტემის მხრივ აღინიშნება ფუნქციური მოშლილობანი, რომლებიც შემდეგ თავს იჩენს სხვა ორგანოებსა და სისტემებში.

ლ. მ. გოროვიც-ვლასოვა თავის მიერ ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე ასკენის, რომ შემლწვევი რადიაციის მიმართ მგრძობილობის ნიხედვით ქსოვილები და ორგანოები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად. ყველაზე მგრძობიარეთა ჯგუფში შედის ნერვული სისტემა, სასქისო ჯირკვლები, ლიმფოიდური ორგანოები და კანი.

სხივური ენერჯის ნერვულ ქსოვილზე გავლენის შესწავლის საქმეში დიდი დამსახურება მიუძღვის ლონდონს (1903 წ.), ნემიონოვსა და კუპალოვს (1934—36 წ.).

ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე რადიოაქტიურ ნივთიერებათა გავლენის საკითხს შემდეგში მიეძღვნა მრავალი შრომა. ერთ-ერთი ცდით დამტკიცებული იქნა, რომ ცხოველების დასახივება რადონის მასიური დოზებით იწვევს კრუნჩხვის მოვლენებს. გამოირკვა აგრეთვე, რომ დასახივების შემდეგ პერიფერიულ ნერვულ სისტემაში განვითარებული ფუნქციური და მორფოლოგიური ცვლილებები ძირითადად ვითარდება ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე რადიოაქტიური გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად.

ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე რენტგენის სხივების გავლენის საკითხის გარშემო დაგროვილი მასალიდან ჩანს, რომ შემღწვევი რადიაცია, მიღებული დოზის შესაბამისად, პირველ რიგში იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებას, რაც შედეგ ვლინდება ორგანიზმის დანარჩენ ორგანოთა და სისტემათა ფუნქციური და მორფოლოგიური ცვლილებების სახით.

#### სისხლის და სისხლმბადი ორგანოების რეაქცია რადიოაქტიური გამოსხივებისადმი

რადიოაქტიურ გამოსხივებათა ორგანიზმზე გარედან მოქმედება ან ორგანიზმში რადიოაქტიური ნივთიერების მოხვედრა უშუალოდ არ იწვევს ღრმა პათოლოგიურ ძვრებს სისხლსა და სისხლმბად ორგანოებში. მათში არსებული ცვლილებები არ წარმოადგენს პირველად პროცესს. ისინი მხოლოდ ნაწილია ორგანიზმში მომხდარი საერთო ცვლილებებისა და დაპოკიდებულია ცენტრალური ნერვული სისტემის მდგომარეობისა და მისი რეგულაციის უნარისაგან.

სისხლში და სისხლმბად ორგანოებში მიმდინარე მნიშვნელოვანი პათოლოგიური ცვლილებები რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების დროს უნდა განვასხვავოთ იმ პირველადი იონიზაციური ცვლილებებისაგან, რომლებიც ვითარდება ქსოვილებში რადიოაქტიური გამოსხივების ორგანიზმზე უშუალო ზემოქმედების პერიოდში. სუბსტანციაში განვითარებული იონიზაციის პროცესების მიმდინარეობა ადგილობრივია მხოლოდ განსაზღვრული დროის მანძილზე; ამ პროცესებს შემდეგ მოჰყვება სათანადო ძვრები მთლიანად მთელ ორგანიზმში და, განსაკუთრებით, ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში.

სხივური ენერჯის მიმართ საკმაოდ „მგრძობიარე“ აღმოჩნდნენ სისხლის ახალგაზრდა უჯრედები და, განსაკუთრებით, ლიმფოციტური რიგის უჯრედები.

სსიკური ზემოქმედების შემდეგ სისხლის ელემენტებისათვის დამახასიათებელი მორფოლოგიური ცვლილებების განვითარება და, განსაკუთრებით, მათი რაოდენობრივი მერყეობა დამოკიდებულია ნაწილობრივ თვით ფორმირებადი ელემენტების სიცოცხლის ხანგრძლიობისაგან და იმ ცხოველმყოფელური პროცესებისაგან, რომლებსაც ეს ელემენტები აწარმოებენ. როგორც ცნობილია, ერთცროციტების სიცოცხლის ხანგრძლიობა, ჩვეულებრივ, უდრის 120 დღეს. სისხლის სხვა ფორმირებადი ელემენტების ხანგრძლიობა ერთცროციტებთან შედარებით გაცილებით მცირეა. მაგალითად, თრომბოციტების სიცოცხლის ხანგრძლიობა დაახლოებით უდრის 4—5 დღეს, გრანულოციტებისა—3—5 დღეს, ლიმფოციტებისა კი—რამდენიმე საათს.

თუ გავითვალისწინებთ სისხლის ფორმირებადი ელემენტების სიცოცხლის ხანგრძლიობას და აგრეთვე იმ ფიზიკურ-ქიმიურ ბერებებს, რომლებსაც ადგილი აქვს ორგანიზმში შემღწევი რადიაციის მოქმედების შედეგად, მაშინ ცხადი გახდება, რომ სისხლის ის ელემენტებია შედარებით „მგრძობიარე“, რომლებსაც სიცოცხლე ხანმოკლე აქვთ.

ახლგანარდა და ნაკლებად დიფერენცირებული ელემენტების ლაბილობა ნაიონიზირებელი გამოსხივების მიმართ საკმაოდ კარგი შედეგებით გამოიყენება ლეიკემიებისა და ერთრემიების სხივური ენერგიით მკურნალობისას.

როგორც გამოიკვია, ორგანიზმზე რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შემდეგ ლიმფოციტების რაოდენობა ძლიერ სწრაფად იკლებს და ადვილი შესაძინებია უკვე 50 r დოზით მოქმედების დროს. ამასთანავე, რაც უფრო ინტენსიურია რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედება ორგანიზმზე, მით უფრო სწრაფად და დიდი რაოდენობით კლებულობს ლიმფოციტების რიგის უჯრედები. 800r დოზით მოქმედების დროს ცხოველთა სისხლში ლიმფოციტების რაოდენობა დღე-ღამის განმავლობაში დაახლოებით 90%-ით კლებულობს.

საერთოდ, რაც უფრო მეტია მოქმედი რადიოაქტიური სხივების დოზა, მით უფრო მეტად უახლოვდება სისხლში ლიმფოციტების გაქრობის პერიოდი მათი სიცოცხლის ხანგრძლიობის პერიოდს. აღნიშნული მოვლენა შეიძლება აიხსნას იმით, რომ ლიმფოციტების წარმოშობის პროცესი ორგანიზმზე რადიოაქტიური გამოსხივების ზემოქმედების შემდეგ ძლიერ მკვეთრად მცირდება, მაგრამ მთლიანად არ წყდება. სხეულზე რადიოაქტიური

გამოსხივების მოქმედების შემდეგ ლიმფოციტების შესამჩნევი რეგენერაცია იწყება დაახლოებით 50 დღემდე.

რაც შეეხება გრანულოციტური რიგის ლეიკოციტებს, ცხოველებზე რადიოქტიური გამოსხივების მოქმედებისას 24—48 საათის შემდეგ ადგილი აქვს მათ მომატებას. უფრო მოგვიანებით სისხლში მყოფი გრანულოციტების რაოდენობა კლებულობს და 4—5 დღის შემდეგ, მიღებული დოზის მიხედვით, მინიმუმამდე მცირდება. მათი რეგენერაციის პერიოდი შედარებით მცირეა და, ჩვეულებრივ, იწყება 10—15 დღის შემდეგ.

გრანულოციტური ჯგუფის უჯრედთა მორფოლოგიური ძვრების მხრივ ხშირად ადგილი აქვს ნეიტროფილთა ბირთვების ფორმულის მარჯვნივ გადახრას და, საერთოდ, ჰიპერსეგმენტოზს. ა. პ. ეგოროვის მიერ აღწერილია ნეიტროფილთა ბირთვების ფორმულის მარჯვნივ გადახრა დასხივების პირველ-მეორე დღეს. მისი აზრით, ამგვარი მოვლენა წარმოადგენს ორგანიზმის დაცვითი რეაქციის ერთ-ერთ ნიშანს.

რაც შეეხება ეოზინოფილებს და ბაზოფილებს, მიუხედავად იმისა, რომ ნორმალურ სისხლში ისინი მცირე რაოდენობით იმყოფებიან (1—4%), მათ მიმართ კანონზომიერების გამონახვა შედარებით დიდ მასალას მოითხოვს და საბოლოოდ დაზუსტებული არ არის.

როგორც ცნობილია, ეოზინოფილები, ისევე როგორც ნეიტროფილები, წარმოადგენენ ერთი რიგის (გრანულოციტური წარმოშობის) უჯრედებს. სხივური და აგრეთვე სხვა დაავადებების დროს ხშირად ადგილი აქვს ეოზინოფილების მომატებას და დაკლებას, მაშინ როდესაც შესაძლოა ნეიტროფილები განიცდიდნენ საწინააღმდეგო რაოდენობრივ მერყეობას. საერთოდ, ამგვარი ცვლილებები მკიდრო კავშირში უნდა იყოს ცენტრალური ნერვული სისტემის ნეირო-ჰუმორულ იმპულსებთან.

რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შემდეგ სისხლში ყველაზე ნაკლებად კლებულობს ერითროციტების რაოდენობა. ეს მოვლენა შეიძლება ნაწილობრივ აიხსნას მათი სიცოცხლის ხანგრძლიობითა და აგრეთვე მათი რაოდენობრიობით.

ზოგიერთი მკვლევარის აზრით თუ, მაგალითად, ძვლის ტვინში მთლიანად შეწყდა ერითროპოეზი, მაშინ ადამიანის ორგანიზმი უოველდღიურად დაკარგავს ერითროციტების მთელი მასის მხოლოდ 0,83%. ერითროციტებზე დაკვირვების მიზნით შინაური კურდღლის სისხლში შეიყვანეს რადონი 10-დან 435 მკ რაოდენობით (სასიკვდილო დოზა უდრის 130 მკ). გამოირკვა, რომ

ერთროციტების რაოდენობა უმნიშვნელოდ შემცირდა. დადგენილია, რომ ერთროპოეზური რიგის უჯრედები, დანარჩენებთან შედარებით, ამქლავებენ საკმაოდ მაღალ რეზისტენტობას. ან მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია მომწიფებული უბირთვო ერთროციტები.

ი. პ. სიპოვსკის მონაცემებით, ერთროციტების დაკლების პროცესში მნიშვნელობა აქვს რენტგენის სხივების დოზას. კერძოდ, ერთროციტების დაკლება შესაძლებელია ცხოველთა ორგანიზმზე რენტგენის მხოლოდ ლეტალური ან სუბლეტალური დოზის მოქმედების შემდეგ. რაც შეეხება ჰემოლიზურ პროცესს. ა. პ. ეგოროვის მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტების მიხედვით, ცხოველებს ჰემოლიზი არ განუვითარდა 30000 r დოზით დასხივების შედეგადაც კი.

მასიური დოზებით ცხოველთა დასხივების შემდეგ ანემია შედარებით ნელა ვითარდება და მაქსიმალურად გამოხატულია დაახლოებით მე-15—20 დღეს.

რადიოაქტიური გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად თრომბოციტებს რაოდენობრივი ცვლილებების მიხედვით დაახლოებით საშუალო ადგილი უკავია ლეიკოციტებსა და ერთროციტებს შორის. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ მათი დედობრივი უჯრედი—მეგაკარიოციტი გაცილებით რადიოლაბილური აღმოჩნდა, ვიდრე თვით თრომბოციტები.

პ. ვ. სიპოვსკის, ა. ა. ოხოტსკის და სხვათა დაკვირვებებიდან გამოიკვია, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შედეგად ძვლის ტვინში მკვეთრად კლებულობს მეგაკარიოციტების რაოდენობა.

რაც შეეხება სისხლის ფერადობის მაჩვენებლის ცვლილებებს მაიონიზირებელი დასხივების დროს, ლიტერატურაში აღწერილია მისი მომარტება შემთხვევათა დიდ უმეტესობაში, განსაკუთრებით რენტგენის სხივებით მკურნალობის დროს. ლიტერატურაში აღწერილია აგრეთვე, რომ ცხოველებზე რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შედეგად პირველ დღეებში ვითარდება რეტიკულოციტების დაკლების რეაქცია, რომელიც შემდეგ იცვლება რეტიკულოციტების რაოდენობის თანმიმდევრული მომატებით. აღნიშნული პროცესი წარმოადგენს ძვლის ტვინში მიმდინარე მზარდი ერთროპოეზური პროცესის გამოვლინებას. შორეულ პერიოდში კი რეტიკულოციტების რაოდენობა ისევ ჩორმას უბრუნდება.

რადიოაქტიური დასხივების შემდეგ სისხლმბადი ორგანოების შესწავლის საფუძველზე გამოიკვია, რომ ისევე როგორც სხვა დაავადების დროს, სისხლის აღდგენა ძირითადად დამოკიდებულია ძვლის ტვინის ჰემოპოეზური უნარისაგან.

სხივეური დაავადების მიმდინარეობის მიხედვით ადრეულ პერიოდში ძვლის ტვინში ადგილი აქვს ნეიტროფილური რიგის ახალგაზრდა უჯრედების რაოდენობის შემცირებას. პერიფერიულ სისხლში პარალელურად აღინიშნება ნეიტროფილურ უჯრედთა პირავეების ფორმულის მარჯვნივ გადახრა; შემდეგ იწყება ძვლის ტვინიდან ნეიტროფილური უჯრედების ქარბი რაოდენობით განმოსვლა პერიფერიულ სისხლში.

ხიროსინისა და ნაგასაკინი ატომური ბომბის აფეთქების შედეგად დასხივებულ იაპონელთა ძვლის ტვინის შესწავლით დადგენილი იქნა, რომ დასხივების მეორე დღეს ძვლის ტვინის უჯრედების 5%-ს წარმოადგენს ლიმფოციტები, 29% — ჰისტოციტები, 19% — პლაზმური უჯრედები; უჯრედების 44% კი ღრმა მორფოლოგიური ცვლილებების გამო ვერ იქნა შეცნობილი. დასხივების შემდეგ მე 7—10 დღემდე ადგილი ჰქონდა რეტიკულური რიგის უჯრედების რეგენერაციას. ძვლის ტვინში თანმიმდევრულად მატულობდა გრანულოციტები, ლიმფოციტები, ერითროპოეზური და მეგაკარობლასტური რიგის უჯრედები. აგრეთვე აღმოჩენილი იქნა, რომ ლეიკოპოეზური რიგის უჯრედთა აღდგენა გაცილებით სწრაფად ხდებოდა, ვიდრე ერითროპოეზური რიგის უჯრედებისა. გარდა ამისა, უმეტეს შემთხვევაში მე-7—8 დღეს მიელოპოეზური რეაქცია უკვე ნორმალურად მიმდინარეობდა, მაშინ როდესაც ერითროპოეზური რეაქცია მაქსიმალურად გამოხატული იყო და დასხივების მხოლოდ მე-10—12 კვირას. ძვლის ტვინი ნორმალურ მდგომარეობას უბრუნდებოდა 12—16 კვირის შემდეგ და უფრო გვიანაც.

უნდა აღინიშნოს, რომ რადიოაქტიური დასხივების დროს სისხლმბადი ორგანოების დაზიანება არ ხდება ერთნაირი სისწრაფით და ინტენსივობით; მაგალითად, ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ შინაურ კურდღელში რადონის შეყვანისას (10—435 მილიკიური) ელენთა და ლიმფური კვანძები უფრო ნეტად და სწრაფად ზიანდება, ვიდრე ძვლის ტვინი.

რადიოაქტიური დასხივების შედეგად სისხლის ფორმიანი ელემენტების რაოდენობრივ ცვლილებებთან ერთად აღსანიშნავია მორფოლოგიური გარდაქმნები. ამ მხრივ აღსანიშნავია ლიმფოციტების დეგენერაციული ფორმების სწრაფი გაჩენა: მათი ბირთვები ხშირად განიცდიან პიკნოზს, კარიორექსისს და შემდეგ კარიოლიზს. პერიფერიულ სისხლში ხშირად გვხვდება ფაგოციტური უჯრედები, რომელთა პროტოპლაზმაში შეიძლება შევამჩნიოთ ჩაყლაპული ერითროციტებიც. საერთოდ კი, ლიმფო-



ციტები ხშირად შეიცავენ უცხო უჯრედთა ბირთვების ნაგლეჯებს. ლეიკოციტური რიგის უჯრედთა ციტოპლაზმა ხშირად ზედმეტად ბაზოფილურია, მათში ხშირად ვამჩნევთ სხვადასხვა ტოქსიკურ მარცვლოვანებს და ვაკუოლებს.

რაოდენობრივი შემცირების გარდა, თრომბოციტები განიცდიან ატიპიურ მორფოლოგიურ გარდაქმნებს, ხშირია გიგანტური ჰიპერქრომული თრომბოციტების გაჩენა.

გარკვეულ ინტერესს იწვევს აგრეთვე რადიოაქტიური გამოსხივების ძვირე დოზების ორგანიზმზე ქრონიკულად მოქმედების დროს განვითარებული სისხლმბადი ორგანოების შორეული პათოლოგიური ცვლილებები, რომლებიც ვარგად არის შესწავლილი რადიოლოგებსა და რენტგენოლოგებზე. ა. პ. ეგოროვის მიხედვით აღნიშნული ცვლილებები შეიძლება დაიყოს ოთხ სხვადასხვა ტიპად:

1. მკაფიოდ გამოხატული აპლასტური ანემია;
2. მკვეთრი ლეიკოპენია აბსოლუტურ ნეიტროლიმფოპენიასთან ერთად;
3. მიელოიდური ან ლიმფოიდური ლეიკემიები.
4. ჰემორაგიული სინდრომის სურათი.

საერთოდ, ორგანიზმზე რადიოაქტიური ნივთიერების მოქმედების დროს ჰემატოლოგიური ძვრების ზუსტი და სისტემატური ცოდნა ექიმისათვის წარმოადგენს მძლავრ საკონტროლო საშუალებას.



## სხივეური დაავადება

სხივეური დაავადება ნერვულ-დისტროფიული პროცესია; იგი ვითარდება რადიოაქტიური სხივების ორგანიზმზე მოქმედების შედეგად.

მიმდინარეობის მიხედვით სხივეური დაავადება არსებობს მწვავე და ქრონიკული ფორმის. ქრონიკული სხივეური დაავადება წარმოადგენს მწვავე ფორმის გამოსავალს ან ვითარდება დამოუკიდებლად. რაც შეეხება ქვემწვავე ფორმას, იგი უფრო გარდამავალ ხასიათს ატარებს და ნაკლებად არის აღწერილი.

### სხივეური დაავადების ქრონიკული ფორმა

მიმდინარეობის მიხედვით არჩევენ სამი ხარისხის სხივეურ დაავადებას. ასეთი კლასიფიკაცია წარმოდგენას გვაძლევს ავადმყოფის მდგომარეობასა და დაავადების ინტენსივობაზე, აადვილებს მკურნალობის საკითხის გადაწყვეტას, მის სწორად წარმართვას.

პირველი ხარისხის სხივეური დაავადების ამოცნობა მოითხოვს ავადმყოფის გულდასმით გამოკითხვას, რადგან ხშირად მას არ აქვს აქტიური ჩივილები. მეორე მხრივ, ჩივილები არ არის სპეციფიკური. ამიტომ საჭიროა ჩივილების ხანდაზმულობის დადგენა და ანამნეზის დაზუსტება (ახლო წარსულში გადატანილი დაავადებები, ფსიქიკური ტრავმა, ნერვული გადაძაბვა), რაც საშუალებას მოგვცემს გამოვლინებული სუბიექტური და ობიექტური სიმპტომები მივაწეროთ ადამიანის ორგანიზმზე რადიოაქტიური გამოსხივების მავნე ზემოქმედებას.

პირველი ხარისხის ქრონიკული სხივეური დაავადების დროს ავადმყოფს აწუხებს უხალისობა, საერთო სისუსტე, თავის იშვიათი ხასიათის ტკივილი, მადის დაქვეითება. ობიექტურად ყველაზე შესამჩნევ ცვლილებებს ვნახულობთ პერიფერიულ სისხლში. მაგ-

რამ აღნიშნული ცვლილებები იმდენად სუსტად არის გამოხატული, რომ მათი სწორი შეფასებისათვის აუცილებელია ავადმყოფის ჰემატოლოგიური მონაცემების ცოდნა მის დაავადებამდე, უფრო სწორად, რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის დაწყებამდე. ეს გარემოება ხაზს უსვამს რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მომუშავეთა წინასწარ საექიმო, კერძოდ ჰემატოლოგიური შესწავლის მნიშვნელობას სხივური დაავადების ადრეული დიაგნოსტიკის საქმეში.

ქრონიკული სხივური დაავადების დროს ადრეულ პერიოდში სისხლის მხრივ აღსანიშნავია რეტიკულოციტოზი; გარდა ამისა, დასაწყისში ადგილი აქვს ლეიკოციტოზს ლიმფოციტოზით, რომელიც შემდეგ გადადის ლეიკოპენიასა და ლიმფოპენიაში. პარალელურად მცირდება თრომბოციტების რაოდენობაც.

ჰემატოლოგიური ცვლილებების გარდა, ობიექტურად აღინიშნება ვეგეტოდისტონიის მოვლენები: ოფლიანობა, კარგად გამოხატული წითელი დერმოგრაფიზმი, პილომოტორული და მყესთა რეფლექსების გაძლიერება, გულის მუშაობის ლაბილობა, მახჯის სიხშირის რყევადობა. როგორც ვხედავთ, არც აღნიშნული სიმპტომები შეიძლება ჩაითვალოს სპეციფიკურად სხივური დაავადებისათვის. ამიტომ სანამ ამ მოვლენებს რადიოაქტიური გამოსხივების ზემოქმედებას მივაწერდეთ, საჭიროა ვეგეტოდისტონიის სხვა შესაძლებელი მიზეზების გამორიცხვა.

ავადმყოფის მუშაობის სტატიის ზრდასთან ერთად ძლიერდება ვეგეტოასთენიური მოვლენები და ამავე დროს თავს იჩენს სხვა ორგანოთა დაზიანების ნიშნები. ასეთ შემთხვევაში უკვე საქმე გვაქვს მეორე ხარისხის ქრონიკულ სხივურ დაავადებასთან.

მეორე ხარისხის ქრონიკული სხივური დაავადების დროს ნერვული სისტემის ფუნქციური მოშლის მოვლენები შედარებით კარგად არის გამოხატული. ავადმყოფი უჩივის მოღუწებას, ადრე დაღლას, შრომის უნარის შემცირებას, ადვილად აგზნებას, მეხსიერების დაქვეითებას. ამავე დროს ავადმყოფს აწუხებს ვესტიბულური აპარატის ფუნქციის მოშლის ნიშნები — თავბრუ და გულისრევა და აგრეთვე მოვლენები საქმლის მომწელებელი ტრაქტის მხრივ: ბოყინი, სიმძიმის გრძნობა და ტკივილი ეპიგასტრიუმის მიდამოში, კუჭის სეკრეციის დაქვეითება.

პერიფერიულ სისხლში ლეიკოპენია მეტად არის გამოხატული, ვიდრე პირველი ხარისხის ქრონიკული სხივური დაავადების დროს; მცირდება ლიმფოციტების აბსოლუტური რიცხვი.

ადგილი აქვს აგრეთვე თრომბოპენიას და გრანულოციტების შორ-  
ფოლოგიურ ცვლილებებს.

თუ ამ პერიოდში ავადმყოფი შეწყვეტს მუშაობას რადიო-  
აქტური გამოსხივების პირობებში და ამავე დროს მიმართავს  
სათანადო მკურნალობას, დაავადების ნიშნები თანდათან შემცირ-  
დება და შეიძლება სრულიად გაქრეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში  
კი დაავადება პროგრესულობს: ასთენიული მოვლენები ძლიერდე-  
ბა, ავადმყოფს ცუდად ძინავს, აწუხებს თავბრუ, წონასწორობის  
დარღვევა სიარულის დროს, ტკივილი ნერვული ღეროების მი-  
მართულებით, კუნთებსა და ძვლებში, განსაკუთრებით ბრტყელ  
ძვლებში; მაგალითად, მკერდის ძვალი მტკივნეულია მასზე მსუ-  
ბუქი დარტყმის დროსაც კი. ძვლების ტკივილი დაკავშირებულია  
ძვლის ტვინში მიმდინარე სისხლის პათოლოგიურ-რეგენერაციულ  
პროცესებთან. ნერვული ღეროების მტკივნეულობასთან ერთად  
აღინიშნება კანის მგრძობელობის მოშლა კიდურების დისტალურ  
ნაწილში (პოლირადიკულონევრიტის სინდრომი).

კუჭის სეკრეციის დაქვეითების პროგრესულობასთან და მა-  
დის დაკარგვასთან ერთად ავადმყოფი ხდება და კიდევ უფრო  
სუსტდება.

მეორე ხარისხის ქრონიკული სხივური დაავადების დროს  
ზოგჯერ ვითარდება დერმატიტი, კანის ჰიგმენტაცია, შეშუპება,  
ფრჩხილების მტვრევადობა და სხვ.

მესამე ხარისხის ქრონიკული სხივური დაავა-  
დების დროს ყურადღებას იპყრობს ჰემორაგიული სინდ-  
რომის განვითარება, რომელიც დაკავშირებულია სისხლის შე-  
დედების უნარის დაქვეითებასთან და სისხლძარღვთა კედლების  
დაზიანების გამო მათი განვლადობის გაძლიერებასთან. წვრილ  
სისხლძარღვთა დაზიანების შედეგად ვითარდება ტელანგეიქტა-  
ზიები.

ამავე პერიოდში ავადმყოფს ეწყება ჰემორაგიული გინგივი-  
ტის მოვლენები: სისხლდენა ღრძილებიდან, კბილების რყევა, ცუ-  
დი გემო პირში. გინგივიტთან ერთად ზოგჯერ ავადმყოფს უვი-  
თარდება სტომატიტის და გლოსიტის მოვლენები (გინგივიტი და-  
კავშირებულია სისხლძარღვთა განვლადობის გაძლიერებასთან),  
ასეთივე წარმოშობის პეტექიალური გამონაყარი კანზე, ზოგჯერ  
ლორწოვან გარსებზე (საქმლის მომწელებელი ტრაქტი, სასუნთქი  
სისტემა), რასაც თან სდევს სისხლდენა შინაგანი ორგანოებიდან.

მესამე ხარისხის ქრონიკული სხივური დაავადების დროს  
ცვლილებები სისხლმზად ორგანოებში მკვეთრად არის გამოხატუ-  
ყვ

ლი. ადგილი აქვს როგორც ლეიკოპოზის, ისე ერითროპოზის და აგრეთვე თრომბოციტების წარმოშობის პროცესის დარღვევას. ამის შედეგად ვითარდება ჰიპორეგენერაციული და ზოგჯერ არეგენერაციული ანემია. პერიფერიულ სისხლში ხშირად ვხვდებით პათოლოგიური რეგენერაციის პროდუქტებსაც. ლეიკოპენია ძირითადად ვითარდება ლიმფოციტების ხარჯზე, რადგან ყველაზე ადრე ქვეითდება ლიმფოციტების წარმოშობის ფუნქცია. ლეიკოციტების რაოდენობა მცირდება 4000—3000-მდე. ავადმყოფის მძიმე მდგომარეობის დროს ლეიკოციტების რაოდენობა შეიძლება შემცირდეს 3000-მდე.

შინაგან ორგანოებში აღინიშნება მიოკარდიუმის დაზიანების ნიშნები: გულის ტონების მოყრუება, საზღვრების გადიდება. დაავადების ამ პერიოდში არც ენდოკრინული სისტემა რჩება დაუზიანებელი. ხშირია საკვერცხეების ფუნქციის მოშლა (დისმენორეა, ამენორეა, მენორაგია), ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის გაძლიერების ან დაქვეითების მოვლენები, ნახშირწყლების ცვლის დარღვევა პანკრეასის ფუნქციის მოშლის გამო და სხვა. ასეთი პოლიენდოკრინული დისფუნქციის შედეგად ავადმყოფს აწუხებს აღინამიურობა, შრომის უნარის დაქვეითება, წონაში დაკლება, ნერვულ-ფსიქიური ლაბილობა და სხვა.

ბუნებრივია, რომ ავადმყოფის ორგანიზმში ასეთ ღრმა ძვრებს თან სდევს მისი იმუნობიოლოგიური პროცესების დაკნინება, ბრძოლის უნარის დაქვეითება და ინფექციურ-სეფსისური პროცესების განვითარება. ამასთან დაკავშირებით ხშირია სუბფებრილური სიცხე. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ სხეულის ტემპერატურის ცვლილებებს განაპირობებს, აგრეთვე, თერმორეგულაციის მოშლა თავის ტვინის დიენცეფალური ნაწილისა და ქერქქვეშა კვანძების დიფუზური დაზიანების გამო.

### სხივური დაავადების მკვლევარ ფოკსა

მწვავე სხივური დაავადება ვითარდება მთელ სხეულზე რადიოაქტიური გამოსხივების დიდი დოზის ერთჯერადი მოქმედების ან მისი განმეორებითი ზემოქმედების შედეგად. სხივური დაავადების მწვავე ფორმა საგრძნობლად განსხვავდება ქრონიკული ფორმისაგან.

მწვავე სხივურ დაავადებას ახასიათებს პერიოდულობა. პერიოდთა რაოდენობა ოთხია.

პირველი პერიოდი იწყება ადამიანის ორგანიზმზე რადიოაქტიური გამოსხივების დიდი დოზების ზემოქმედებიდან რამდენიმე საათის შემდეგ. რაც უფრო ინტენსიურია რადიოაქტიური გამოსხივება, მით უფრო სწრაფად ვითარდება დაავადება და მით უფრო მძიმეა მისი მიმდინარეობა. ავადმყოფს ეწყება თავის ტკივილი, თავბრუ, გულისრევა, პირღებინება, ძილიანობა ან უძილობა, საერთო სისუსტე, უმადობა, წყურვილი და სხვა. აღნიშნულ პერიოდს ფუნქციონალური ცვლილებების განვითარების პერიოდი ეწოდება, ამის შემდეგ დგება „მოჩვენებითი გამოჯანსაღების“ — „ლატენტური“, ანუ მეორე პერიოდი.

მეორე პერიოდი მით უფრო ხანმოკლეა, რაც უფრო ძლიერია რადიოაქტიური გამოსხივება. უნდა აღინიშნოს, რომ მეორე პერიოდი შეიძლება ჩაითვალოს ლატენტურ პერიოდად, რადგან მიუხედავად ავადმყოფის საერთო კარგი მდგომარეობისა, ადგილი აქვს გარკვეულ ძვრებს უმაღლეს ნერვულ მოქმედებაში და, აგრეთვე, ცვლილებებს სისხლის მხრივ; სახელდობრ, ხანმოკლე ლეიკოციტოზის შემდეგ ვითარდება ლეიკოპენია ლიმფოციტების ხარჯზე და გრანულოციტების მორფოლოგიური ცვლილებები. ხშირად ადგილი აქვს თრომბოპენიასაც.

მესამე პერიოდში ავადმყოფს ისევ ეწყება ძლიერი თავის ტკივილი, თავბრუ, გულისრევა, პირღებინება, ფაღარათი, გინგივითის და სტომატიტის მოვლენები, მატულობს სხეულის ტემპერატურა. სისხლძარღვების კედლების განვლადობის გაძლიერებისა და სისხლის შეღებების დაქვეითების გამო კანზე ჩნდება პეტეჩიური გამონაყარი, ხოლო ღრუ ორგანოებიდან (კუჭ-ნაწლავი, ფილტვები) იწყება სისხლდენა. ამ პერიოდში ხშირია ზედდართული ინფექციები. სეფსისის მოვლენები იმდენად ძლიერად არის გამოხატული, რომ სრულიად ფარავს დაავადების სხვა მოვლენებს. ამავე დროს ვითარდება პარენქიმული ორგანოების დაზიანება (სეფსისური ენდოკარდიტი, ელენთის გაღიღება, ალბომინურია, ცილინდრურია და სხვ.).

აღსანიშნავია, რომ სისხლძარღვთა კედლების განვლადობის მომატების გამო ვითარდება სისხლჩაქცევები ისეთ მნიშვნელოვან სასიცოცხლო ორგანოებში, როგორცაა გული და განსაკუთრებით თავის ტვინი.

ცენტრალური ნერვული სისტემის მხრივ მოსალოდნელია, აგრეთვე, მენინგეალური სინდრომი, ოპტიკო-ვესტიბულარული ხასიათის ფსიქოსენსორული მოშლილობანი, რეტელექსური სფეროების დარღვევა და ა. შ.

გარდა ამისა, ადგილი აქვს ენდოკრინული ჯირკვლების (თირკმელზედა, ფარისებური, ტინის დანამატი, სასქესო ჯირკვლები და სხვ.) ღრმა ფუნქციურ დაზიანებას.

კანის მხრივ, უპირველეს ყოვლისა, აღსანიშნავია მისი ტროფიკის დარღვევა. კანი ხშირად გაშრობასა და პიგმენტაციას განიცდის; საკმაოდ ხშირია თმის დაცეცხა.

იმ შემთხვევაში, როდესაც რადიოაქტიური გამოსხივების საკმაოდ დიდი დოზები მოქმედებენ კანის რომელიმე ნაწილზე, ვითარდება ლოკალური ანთებითი სიღამშვრის მსგავსი მოვლენები, რაც შესაძლებელია დამთავრდეს ღრმად წასული ნეკროზული პროცესებითა და ზოგჯერ კი სხეულის რომელიმე ნაწილის (მაგალითად, რომელიმე კიდურის) განგრენით.

ხშირია, აგრეთვე, იშემიური მოვლენები კანის რომელიმე დაზიანებულ ნაწილზე.

საერთოდ, ასეთ შემთხვევებში განვითარებული წყლულები მძიმედ შეხორცდება, რადგან ახალგაზრდა ქსოვილთა ზრდის, ანუ პროლიფერაციის პროცესი საკმაოდ არის შეფერხებული.

ნერვული და სისხლძარღვთა ტროფიკის დარღვევის შედეგად შესაძლებელია სხვადასხვა ორგანოს მრავალფეროვანი პათოლოგოლოგიური გადაგვარებანი და ნეკროზი.

ამ პერიოდში, ორგანოების ინერვაციისა და კვების მოშლის, თანდაოთული ინფექციური გართულებებისა და სისხლის დიდი რაოდენობით დაკარგვის გამო, შესაძლოა ავადმყოფის დაღუპვა. სხივური დაავადების დროს განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება საქმლის მომწივლებელი სისტემის დაზიანებას, რაც პირველ პერიოდში იძლევა ფუნქციონალური ხასიათის ცვლილებებს, კერძოდ პერიტალტიკის დაქვეითებას ან სავსებით მოსპობას, სეკრეციის გაძლიერებას და შემდეგ შემცირებას; მიღებული საკვების კუჭში დიდი ხნით შეჩერება იწვევს მის ხრწნას, რასაც თან სდევს სხვადასხვა ინფექციის განვითარება პარატიფების სახით და სხვ. გარდა ფუნქციონალური ცვლილებებისა, ადგილი აქვს აგრეთვე მორფოლოგიური ცვლილებების განვითარებას სისხლჩაქცევების და წყლულების განვითარების სახით. წყლულები ხშირად განაპირობებენ პერიფორაციას და პერიტონიტებს.

თუ ამ პერიოდში ავადმყოფი არ დაიღუპა, იწყება დაავადების მეოთხე პერიოდი, ანუ გამოჯანსაღების პერიოდი.

მეოთხე პერიოდი საკმაოდ დიდხანს, კვირათაობით, ზოგჯერ თვეობით გრძელდება. ავადმყოფის მდგომარეობა თანდათან უმჯობესდება, თუმცა გამორიცხული არ არის დაავადების პერიოდული გამწვავება.

უნდა აღინიშნოს, რომ მწვავე სხივური დაავადების დროს ყოველთვის არ ხდება ავადმყოფის სრული გამოჯანსაღება და დაავადება იღებს ქრონიკულ მიმდინარეობას. ასეთ შემთხვევაში ავადმყოფს საგრძნობლად უქვეითდება შრომის უნარი. გარდა ამისა, დაუშვებელია მისი დაბრუნება ისეთ სამუშაოზე, სადაც მას საქმე ექნება რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან. სამუშაოს გამოცვლა იწვევს პროფესიის შეცვლას, რის გამოც ავადმყოფი პროფესიულ ინვალიდად ჩაითვლება. ინვალიდობის ჯგუფი უნდა განისაზღვროს ავადმყოფის მდგომარეობის მიხედვით.

## მ კ უ რ ნ ა ლ ო ბ ა

სხივური დაავადების მკურნალობის ძირითადი ღონისძიებანი მიმართულია ორგანიზმის რაც შეიძლება სწრაფი განთავისუფლებისაკენ მასში მყოფი რადიოაქტიური ნივთიერებებისაგან, ე. ი. ორგანოებსა და ქსოვილებში განაწილებული რადიოაქტიური ნივთიერებებისა და წარმოქმნილი ტოქსიკური პროდუქტების გარეთ გამოდევნისაკენ. ამისათვის მიმართავენ ოფლმდენ, შარდმდენ და ნივთიერებათა ცვლის გამაძლიერებელ საშუალებებს, საფალარათო კი ავადმყოფს იმ შემთხვევაში ენიშნება, თუ განავალში არ არის ნახული სისხლი. ორგანიზმში ან ორგანოებსა და ქსოვილებში (სისტემებში) მოხვედრილი რადიოაქტიური ნივთიერებების ჩანაცვლებისა და შემდეგ მათი ორგანიზმიდან სწრაფად გამოყოფის მიზნით ხმარობენ სხვადასხვა ფარმაკოლოგიურ საშუალებას და დიეტას.

განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ორგანიზმში ისეთი სტაბილური ქიმიური ელემენტების შეყვანას, რომლებიც ხელს შეუწყობენ ორგანოებსა და ქსოვილოვან სისტემებში შესაფერისი ელემენტების რადიოაქტიურ იზოტოპთა ჩანაცვლებას, რაც, აგრეთვე, განაპირობებს მათ შემდგომ სწრაფ გამოყოფას ორგანიზმიდან.

ამ მიზნით კარგი შედეგებით იხმარება კალციუმით მდიდარი დიეტა (600—700 მილიგრამი კალციუმი დღე-ღამის განმავლობაში). ამავე მიზნით ხმარობენ დღე-ღამეში 3—4 კიკა რძეს, კალციუმის გლუკონატს ან ლაქტატს შესაფერისი დოზებით და ა. შ.

რადიოაქტიური ნივთიერებების ორგანიზმიდან გამოყოფის დასაჩქარებლად კარგი შედეგებით ხასიათდება ფარისებური ჯირკვლის ჰორმონის ხმარება. შედარებით ნაკლები ეფექტურობა ახა-



სიათებს ცირკონეუმს, სტაბილურ იოდს, 2—3 დიმერკაპტოპროპიონოლს, ტრიურაცილს, თიროქსინს და მრავალ სხვას.

რადიოაქტიური ფოსფორის ორგანიზმიდან (განსაკუთრებით ძვლებიდან) გამოდევნის მიზნით კოპს, აქსელროდს და ჰამილტონს მოწოდებული აქვთ სპეციალური დიეტა, რომლის მიხედვითაც რამდენიმე დღის განმავლობაში ავადმყოფმა მცირე რაოდენობით უნდა მიიღოს ფოსფორი, ხოლო 6 კვირის გავლის შემდეგ მას აძლევენ 2%-იან თევზის ქონსა და 2% ფოსფატის დიკალციუმს.

ფლინის მიერ კარგი შედეგებით არის ნახმარი  $D_2$  ვიტამინი (ვიოსტეროლი).

სხივური დაავადების მკურნალობის პროცესში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ეძლევა აღდგენით თერაპიას, რომელიც პირველ რიგში მიმართული უნდა იყოს ცენტრალური ნერვული სისტემისა და ნივთიერებათა ცვლის ნორმალიზაციისაკენ.

უძილობის დროს მიმართავენ ბარბიტურის შეავის პრეპარატებს (ამიტალნარტიუმი 0,2 გ, მედინალი ან ვერონალი 0,3 გ, ლუმინალი 0,1 გ 2—3-ჯერ დღეში). ტვინის ქერქული პროცესების რეგულაციის მიზნით იხმარება ბრომის პრეპარატები, რომლებიც მოითხოვენ ინდივიდუალურ დოზირებას.

საკმაოდ დიდი ყურადღება ექცევა ვიტამინებით მკურნალობას ( $B_1$  ვიტამინი 100—150 მგ,  $B_2$  ვიტამინი 30—50 მგ, ნიკოტინის შეავა 400—500 მგ).

პოლირადიკულიტების დროს მიმართავენ ნოვოკაინის 0,25—0,5%-იანი ხსნარის 5 მლ ვენაში შემხაპუნებას ან ნოვოკაინის 0,25% ხსნარის 10 მლ შეყვანას ნერვის გაყოლებით. კარგია აგრეთვე „ $B_1$ “, ვიტამინის ინექციები.

საერთო სისუსტის, არტერიული ჰიპოტონიისა და კვების დაქვეითების დროს მიმართავენ გლუკოზის 40% ხსნარის ასკორბინის შეავასთან ერთად ვენაში შემხაპუნებას 20—40 მლ ყოველდღე, სულ 10—15 ინექცია.

სისხლმბადი ორგანოების ფუნქციის აღდგენისათვის იხმარება ნუკლეინმჟავანარტიუმი 0,3 გრამი 3-ჯერ დღეში ან ხდება მისი 5—10% ხსნარის კუნთებში შემხაპუნება დღეში 1—2 მლ რაოდენობით. სისხლის წარმოშობის სტიმულაციისათვის იხმარება აგრეთვე  $B_{12}$  ვიტამინის 25 მგ რაოდენობით ვენაში შემხაპუნება ყოველდღე 3 დღის განმავლობაში, 3—5 დღის შუალედებით, რკინისა და ლვიძლის პრეპარატები, ჰემატოგენი, კამპალონი

(1—2 მლ კუნთებში) და სხვ. ლეიკოპოეზის გასაძლიერებლად იხმარება ლეიკოგენი, № 1 — 2 — 3 კოკუსი.

იმ შემთხვევაში, როდესაც აღდგენითი თერაპია ნაკლებ შედეგებს იძლევა, საჭიროა სისხლის შემცვლელებისა და ციტრატული სისხლის გადასხმა დაახლოებით 100 — 500 მლ რაოდენობით.

მრავალი მკვლევარის მიერ კლინიკური და ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით დადგენილია, რომ ციტრატული სისხლის გადასხმა სხივური დაავადების დროს წარმოადგენს საუკეთესო აღდგენით-სამკურნალო საშუალებას. შესწავლილია, თუ რა რაოდენობით და რა დროს უნდა იყოს შეყვანილი ერთროციტული ან ლეიკოციტური ელემენტების მასა. ორგანიზმში. ხოლო ლეიკოციტური მასის ცალკე მოსამზადებლად და გადასასხმელად ამჟამად მოწოდებულია სპეციალური მეთოდი.

ი. დ. მაისაიას დაკვირვებით, სხივური დაავადების დროს ციტრატული სისხლის გადასხმა შეაძლებელია მაშინაც კი, როდესაც შარდში ცილას მცირე რაოდენობით არსებობა დასტურდება.

ზოგიერთი ავტორის მიერ მოწოდებულია სისხლის სისტენტური (ყოველდღიური) გადასხმა 100,0—150,0 რაოდენობით.

გამოირკვა, აგრეთვე, რომ სისხლის გადასხმის ერთ-ერთ ეფექტურ მეთოდს სხივური დაავადების დროს წარმოადგენს იმ დონორთა სისხლის გადასხმა, რომლებსაც წინასწარ პარენტრალურად ჰქონდათ რძე შეყვანილი, რის გამოც მათ სისხლში ნატულობს ლეიკოციტების რაოდენობა.

გარდა აღნიშნულისა, საკმაოდ დიდი ყურადღება ექცევა, აგრეთვე, სისხლის შემცვლელების გადასხმას. ხშირად შიმართავენ პლაზმის, შრატის გადასხმას. როგორც ცნობილია, პლაზმა კოლოიდური სითხეა და შეიცავს ცილებს, ჰორმონებს, ფერმენტებს, ვიტამინებს და ა. შ. იგი გამოიყენება როგორც სუბსტიტუციური, ასევე ჰემოსტაზური მიზნითაც.

სისხლის შედგენის უნარის გასაძლიერებლად იხმარება 10—15 მლ ქლორ-კალციუმის 10% ხსნარის ვენაში შემზაპუნება ყოველდღე, სულ 10 ინექცია. პროთრომბინის წარმოშობის უნარინობის გასაძლიერებლად იხმარება 15—20 მგ ვიკასოლი, კაბილარების კედლების მსხვრევალობის საწინააღმდეგოდ — ციტრინი (P ვიტამინი) ან მისი ანალოგიური რუტინი 25—50 მგ დღე-ღამეში. უნდა აღინიშნოს, რომ ციტრინი დიდი რაოდენობით მოიპოვება ლიმონში, ფორთოხალში და ასკილში.

გულის, ფილტვების და სხვა შინაგანი ორგანოების დაზიანების დროს მიმართავენ სიმპტომატურ მკურნალობას საყოველთაოდ ცნობილი სამკურნალო საშუალებებით.

სხივური დაავადებით შეპყრობილი ავადმყოფი საჭიროებს გაძლიერებულ, ვიტამინებით მდიდარ კვებას. ერთდროულად უნდა გვახსოვდეს, რომ კუჭ-ნაწლავის დაზიანების დროს საჭიროა სპეციალური დამზოგავი დიეტა.

თანდართული ინფექციის საწინააღმდეგოდ ანტიბიოტიკებიდან მასიური დოზებით იხმარება პენიცილინი, სტრეპტომიცინი, აურომიცინი, ლეომიციტინი.

კანის წყლულოვანი დაზიანებანი მოითხოვენ განსაკუთრებულ ყურადღებას, საჭიროა მათი ასეპტიკურად დამუშავება. ამ მიზნით ხმარობენ სხვადასხვა სახის ანტისეპტიკურ საშუალებებს, წყლულების ქირურგიულ დამუშავებას დამწოლი ნახვევების შედარებით ხშირი გამოცვლითა და ქრილობის გასუფთავებით.

ადამიანის ორგანიზმზე რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შემდეგ განვითარებული სხივური დაავადების მიმდინარეობისას 20 დღის განმავლობაში ლიმფოციტების, თრომბოციტების და რეტიკულოციტების მომატება მიჩნეულია სხივური დაავადების კეთილი მიმდინარეობის განსაკუთრებულ მაჩვენებლად.

### პროფესიული სხივური დაავადების შემთხვევები

რენტგენის სხივებისა და რადიუმის აღმოჩენიდან ერთი-ორი წლის გავლის შემდეგ აღწერილი იყო კანის პროფესიული ხასიათის სხივური დაზიანებანი. აღნიშნული მოვლენა ნაწილობრივ იმით აიხსნება, რომ XIX საუკუნის ბოლოსა და XX საუკუნის დასაწყისში არ იყო ცნობილი ორგანიზმზე შემღწვევი რადიაციის მოქმედების თავისებურებანი. კარგად არ იყო შესწავლილი რადიოაქტიური ნივთიერებებისაგან დაცვის საშუალებანი და არ ტარდებოდა ის სანიტარულ-ჰიგიენური ღონისძიებანი, რომლებიც თავდაცვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის დროს.

შემდგომი კვლევა-ძიების შედეგად რენტგენისა და რადიოაქტიური ნივთიერებების თვალთ უხილავი გამოსხივებანი კაცობრიობისათვის საკმაოდ ცნობილი გახდა. ამჟამად ძნელად წარმოსადგენია ისეთი რენტგენოლოგი ან რადიოლოგი და საერთოდ რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მომუშავე პირები, რომლებიც შემღწვევი რადიაციისაგან დაცვის საშუალებებსა და პროფესიული

ხასიათის სხივური დაავადების პროფილაქტიკურ ღონისძიებებს საკმაოდ არ იცნობდნენ.

მიუხედავად იმისა, რომ შემღწევი რადიაციისაგან დაცვის საშუალებანი და საერთოდ პროფილაქტიკური ღონისძიებანი კარგად არის ცნობილი, პროფესიული ხასიათის სხივური დაავადების შემთხვევებს მაინც აქვს ადგილი. მიზეზი შეიძლება თვით მომსახურე პერსონალის გაუფრთხილებლობა იყოს ან საერთოდ ავარიული შემთხვევა და სხვ.

ლიტერატურული მონაცემების საფუძველზე ა. პ. ეგოროვის დასკვნით, შემღწეე გამოსხივებასთან მომუშავე სამედიცინო პერსონალში სისხლმბადი ორგანოების ფუნქციონალური დაზიანებანი დაცვითი ღონისძიებების არადაამაყოფილებელი გამოყენებით არის გამოწვეული.

ლიტერატურაში აღწერილია მძიმე სხივური დაავადების შემთხვევები იმ მუშებს შორის, რომლებიც საათების წარმოებაში მნათ ციფერბლატებზე მუშაობდნენ. აღნიშნულ მუშებს შორის აღმოჩენილია აპლასტიკური ანემია და ძვლოვანი სისტემის შორსწასული პათოლოგიური ცვლილებანი, მაგალითად, ქვედა ყბის ნეკროზი და ოსტეოგენური სარკომები (მარტლენდი, ივენსი, ხიუპერი). ამ მხრივ, განსაკუთრებით მძიმედ მიმდინარე სხივური დაავადების სურათი აღწერილია ახალგაზრდა მუშებს შორის. როგორც გამოირკვა, რადიუმი უფრო მეტად ძვლოვან სისტემაში გროვდება და შესაძლოა 5—15 წლის განმავლობაში მძიმე სხივური დაავადება არ განვითარდეს, მაგრამ უფრო მოგვიანებით ოსტეოგენური სარკომებისა და ძვლოვანი სისტემის ნეკროზული მოვლენებია მოსალოდნელი.

აღწერილია ნიუ-ჯერსში საათების საწარმოში რადიუმზე მომუშავეთა შორის სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმატივების უხეშად დარღვევის შედეგად ერთი გარდაცვლილი მუშა ქალის შემთხვევა. სხივური დაავადებისაგან დაღუპვამდე ეს ქალი მანათობელ ციფერბლატებზე მუშაობდა; იგი რადიუმის შემცველი ნივთიერებით საათის ციფერბლატს ხატავდა. იმ მიზნით, რომ უფრო კარგი სურათი მიეღო, ფუნჯის ბოლოს ტუჩებისა და ენის საშუალებით აწვრილებდა, რის გამოც სისტემატურად ყლაპავდა რადიუმს. მისი ჩონჩხი მოთავსებულია ნიუ-ჯერსის რადიოლოგიური ლაბორატორიის მუზეუმში. ამ ჩონჩხიდან ამჟამადაც აქვს ადგილი რადიოაქტიურ გამოსხივებას საკმაოდ სიძლიერით.

რადიუმის მაღანზე მომუშავეთა შორის აღწერილია ე. წ. „ფილტვების შნეებერგისა და იოახიმსტალის დაავადება“, ანუ

ფილტვებისა და ბრონქების კიბო, რომელიც მათში რადიუმის მტერის მოხვედრის შედეგად ვითარდებოდა. „იოახიმსტალის“ რადიუმის მადანზე მომუშავეთა შორის კიბოთი დაავადების შემთხვევა 20-ჯერ უფრო ხშირი იყო, ვიდრე ქალაქ ვენისა და პრადის მცხოვრებთა შორის. იოახიმსტალში კიბოს განვითარების შემთხვევებიდან ფილტვის კიბო აღნიშნულ იყო 90%-ში (ხიუპერი).

იანიცკისა და სხვათა მიერ აღწერილია ფილტვის ფიბროზისა და ბრონქული კიბოს შემთხვევა რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მომუშავეთა შორის, რომლებიც მუშაობის პერიოდში სუნთქავდნენ რადიუმის ემანაციას  $0,7 \cdot 10^{-10}$  კიურის რაოდენობით. მათი სხეულის ქსოვილებში 3ჯ (გამა) რადიუმი იქნა აღმოჩენილი. ანალოგიური შემთხვევები აქვთ მოყვახილი დენეკეს, ტენგესსა და კალბფლეისს.

არც თუ ისე იშვიათად არის აღწერილი კანისა და ლორწოვანის რადიუმით დაზიანებანი ექიმ-რადიოლოგებსა და მომუშავეთა შორის, რომლებსაც კანის წყლულოვანი დაავადება უვითარდებათ, რაც ზოგ შემთხვევაში ავთვისებიან სახეს ლებულობს.

რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების შედეგად განვითარებული კანის კიბოთი დაიღუპნენ ისეთი ცნობილი მეცნიერები, როგორც არიან ი. მ. როზენბლათი, ს. ვ. გოლდბერგი, ნ. ნ. ისაჩენკო და სხვანი.

ბ. ა. ლევიტინის მიერ 1932—34 წლებში აღწერილია რადიუმის წარმოებაში მომუშავე ქალთა ჯანმრთელობის მდგომარეობა. აღმოჩნდა, რომ მუშაობის დაწყებიდან მოკლე ხნის გავლის შემდეგ ქალებს მენსტრუალურ-ოვარიალური ფუნქცია ეცვლებოდათ. რაც იმაში გამოიხატებოდა, რომ ზოგ მათგანს საკმაოდ გაუხანგრძლივდა მენსტრუაციის პერიოდი, ზოგს კი მეტრორაგიები განუვითარდა. გარდა აღნიშნულისა, ხშირი იყო აგრეთვე მენსტრუაციის დაგვიანებაც. ამ მოვლენას ავტორი ხსნის ფოლიკულების გვიანი მომწიფებით, რაც გამოწვეული იყო რადიოაქტიური სხივების მოქმედებით.

რადიუმზე მომუშავე შედარებით დიდი სტაჟის მქონე (1—2—3 წელი) ქალებს ხშირად უვითარდებოდათ ჰიპო-და ოლიგომენორეა. მენსტრუალური ფუნქციის მოშლილობის ხარისხი დამოკიდებული იყო შემლწვევი რადიაციის ინტენსივობაზე, რომელიც მოქმედებდა მომუშავე ქალების ორგანიზმზე. შედარებით ხანგრძლივი დასვენებისა და შვებულებიდან დაბრუნების შემდეგ მენსტრუალური ფუნქციის ნორმალიზაცია მხოლოდ იმ ქალებს უვითარ-

დებოდათ, რომლებსაც ნაკლები რადიოაქტივობის პირობებში უხდებოდათ მუშაობა.

განსაკუთრებით საინტერესოა ის ფაქტი, რომ რადიუმის წარმოებაში მომუშავე ქალებს მენსტრუალურ-ოვარიული ფუნქციის ნაკლებად დაზიანების შემთხვევაშიც საკმაოდ ნორმალური ორსულობა ჰქონდათ და ბავშვებიც ჯანსაღი გამოდიოდნენ.

ც. დ. სიდრერმა და ი. გ. ტისელსკინამ რადიუმზე მომუშავეთა შორის გამოამეღავენეს კარგად გამოხატული ვეგეტო-დისტონიის შემთხვევები. ავტორებმა აღწერეს, აგრეთვე, პერიფერიული სისხლის სურათისა და სისხლის წარმოშობის პროცესების კარგად გამოხატული პათოლოგიური მოვლენები. მათ მიერ შემჩნეულია, რომ სისხლის პათოლოგიური რეგენერაცია შევბუღებიდან დაბრუნებულ მუშა-ქალებს ნაკლებად ჰქონდათ გამოხატული და ისინი საკმაოდ ხშირად ნორმალურ მდგომარეობას უბრუნდებოდნენ.

ზემოთ მოყვანილ ავტორთა მიერ რადიუმზე მომუშავეთა ჯანმრთელობის შესწავლისას გამოაშქარავებული კეთილთვისებიანი პათოლოგიური ძვრები შეიძლება იმით აიხსნას, რომ სანიტარულ-ჰიგიენური და სანიტარულ-ტექნიკური ღონისძიებანი აღნიშნულ საწარმოებში დამაკმაყოფილებლად იყო გატარებული. ინტერესს მოკლებული არ იქნებოდა, რომ მათი დაკვირვებანი შედარებით უფრო ხანგრძლივი და დინამიური ყოფილიყო.

ლიტერატურაში აღწერილია ურანზე მომუშავეთა შორის განვითარებული ნეწვავე სხივური დაავადებისა და სიკვდილის შემთხვევები. ამის მიზეზია საზღვარგარეთის ზოგიერთ საწარმოში ცუდი სანიტარულ-ტექნიკური და სანიტარულ-ჰიგიენური პირობების არსებობა. ქვემოთ განვიხილავთ საზღვარგარეთ მომხდარ რამდენიმე ავარიულ შემთხვევას.

ცნობილია შემთხვევა, როდესაც ექვსეტორიანი ურანით სავსე კასრის გასკდომის შედეგად დაშავდა 5 ადამიანი. ორ მათგანს ძლიერ მოკლე დროში (დაახლოებით 70 წუთში) განუვითარდა მძიმე ფორმის მწვავე სხივური დაავადება, რაც სწრაფი სიკვდილით დამთავრდა. სამ ადამიანს განუვითარდა მსუბუქი ფორმის სხივური დაავადება და ამასთანავე კანის „დამწვრობის მსგავსი“ დაზიანებანი. აღსანიშნავია, რომ კანის დაზიანებანი საკმაოდ სწრაფად (10—14 დღეში) განიკურნა. ამ შემთხვევაში ფიქრობენ, რომ ურანის იზოტოპებთან ერთად დაშავებულთა ორგანიზმზე მოქმედებდნენ, აგრეთვე, ფტორის იონებიც.

1945 წელს ლოს-ალამოსის საკვლევ-სამეცნიერო ლაბორატორიაში თვითღინებით განვითარებული ბირთვული რეაქციის შედეგად მომხდარი ავარიული შემთხვევის გამო დაზარდა 9 კაცი. ერთი მათგანი დაიღუპა ავარიის მე-9 დღეს, მეორე ავადმყოფი 24-ე დღეს. დანარჩენებს კი განუვითარდათ მსუბუქი ხასიათის სხივური დაავადება და ამბულატორიული მკურნალობის შემდეგ გართულების გარეშე განიკურნენ.

აღნიშნულ შემთხვევაში მომსახურე პერსონალის ორგანიზმის სხივური დაზიანებანი სწრაფი ნეიტრონებისა და ბისტი განა-და რენტგენის სხივების ზემოქმედების შედეგად განვითარდა.

პირველ შემთხვევაში, როდესაც ავადმყოფი მე-9 დღეს გარდაიცვალა, მიღებული რენტგენის სხივების დოზა დაახლოებით 1.900 რ უდრიდა, ხოლო ორ სხივებისა — 114 რ, მეორე ავადმყოფის შემთხვევაში მიღებული რენტგენის სხივების დოზა უდრიდა 480 რ, ორ სხივების — 110 რ. დანარჩენ შვიდზე, რომლებიც ცოცხლები გადარჩნენ, იმოქმედა რენტგენის სხივების 31 რ-დან — 390 რ-მდე დოზამ და ორ სხივების 0,18 რ-დან 26,8რ-მდე დოზამ.

ქვემოთ მოგვყავს მწვავე სხივური დაავადების სიკვდილით დამთავრებულ ერთ-ერთი შემთხვევა.

### ავადმყოფის მოკლე ისტორია

(ა მ შ)

დაზარებული 26 წლის მამაკაცია. ლოს-ალამოსის საავადმყოფოში მოყვანილია ახდური შემთხვევიდან (ურანის რეაქტორის ავარია) 30 წუთის გავლის შემდეგ. იგი მოხვდა რადიოაქტიური გამ-სხივების მოქმედების ქვეშ, რომლის საერთო დოზა უდრიდა (ექვივალენტური იყო) 150 რენტგენს (80-კვ რენტგენის დანადგარისთვის) და ექვივალენტური იყო გამა-სხივების 110რ. ამასთანავე, ხელეზზე ნაპოქმედარი სხივების დოზა აღნიშნულზე გაუაღებით მეტი იყო და დაახლოებით უდრიდა (ექვივალენტური იყო) 5.000—40.000რ (80 კვ რენტგენის დანადგარისთვის). 1,5 საათის გავლის შემდეგ ავადმყოფს დაეწყო გულისრევა, პირველი 24 საათის განმავლობაში რამდენიმეჯერ ჰქონდა პირღებინება. სისხლის წნევა შენაშენვად დაეცა. მე-2 დღის განმავლობაში ავადმყოფის საერთო მდგომარეობა უღებრებით გაუმჯობესდა, მაგრამ გულისრევა და სლოჯინი არ შეწყვეტილა.

მესამიდან მეექვსე დღემდე ავადმყოფის მდგომარეობა, მიუხედავად ტემპერატურის მცირედ მომატებისა, დამაკმაყოფილებელი იყო მეექვსე დღიდან დაწყებული სიკვდილამდე (24-ე დღე) ავადმყოფის მდგომარეობა თანდათან უარესდებოდა. აღსანიშნავი იყო საერთო წონის შემცირება. სხეულის ტემპერატურამ მაქსიმალურად აიწია 41 გრადუსამდე. დაავადების მუათე დღეს განვითარდა მწვავე სტომატიტი, ფაღარათობა და შემდეგ ნაწლავთა მსუბუქი ხასიათის პარალიზური ვაუვლობა. სტომატიტი თანმიმდევრულად ვითარდებოდა და თერმინალურ პერიოდში

მეკროზული ხასიათი მიიღო. რამდენიმე ხნის შემდეგ მუცლის შეებერილობა შემცირდა, მაგრამ ფლარათობა გრძელდებოდა ავადმყოფის სიკვდილამდე. დაავადების მე-15 დღეს ვენური გზით ნაწარმოები ინექციების შემდეგ ავადმყოფს აღნიშნა აურიკულარულ წარმოშობის პაროქსიზმალური ტაქიკარდია, რამაც 24 საათს გასტანა. ელექტროკარდიოგრაფის მიხედვით, რომელიც გადაღებული იქნა აღნიშნულ პერიოდში შემდეგ, გამომკლავნდა პარაკეტოკინა რითმი. დაავადების მე-17 დღეს გამოჰეპატარება პერიკარდის კლინიკური სიმპტომები.

მკურნალობა ძირითადად წარმოებდა პენიცილინის ინექციებით, ორგანიზმში დიდი რაოდენობის სითხის შეყვანით, ქლორწყალბადიანი თიამინის ხმარებითა და სისხლის ორჯერადი გადასხმით.

გარდა ზოგადად გამოსახული მკვეთრი ცვლილებებისა, ავადმყოფს სწრაფად უკეთარდებოდა ქსოვილთა ადგილობრივი (ლოკალური) დაზიანებითი პროცესება ორივე ხელის მტევნებზე, გულმკერდის ქვედა და მუცლის მთელ არეზე; ავადმყოფის მიღებისთანავე უკვე 30-ე წუთზე აღინიშნებოდა ორივე ხელის მტევნის შეშუპებითი პროცესები. პირველად უფრო მეტად შესამჩნევი იყო მარჯვენა ხელის მტევნის შეშუპება, რომელიც შემდეგში თანდათან მოვლო მთლიანად ორივე ზედა კიდურს. სხეულზე გამოსხვიების მოქმედების შემდეგ ორი კვირის განმავლობაში ანთებადმა მოვლენამ მიაღწია მაქსიმალურ ინტენსიობას. მარჯვენა ხელის მტევანზე ბუშტუვების წარმოქმნა დაიწყო სხივური მოქმედებიდან 36 საათის გავლის შემდეგ. მარცხენა ზედა კიდურზე, რომელიც შედარებით ნაკლებად იყო დაზიანებული, ეპიდერმისის დაშლა დაიწყო მხოლოდ მე-13 დღეს; აჭკვარი დაშლა თანდათან მატულობდა და ავადმყოფის სიკვდილის წინა დღეებში მთელ მარჯვენა ზედა კიდურზე და მარცხენას დისტალურ ნაწილზე კანი მთლიანად მოცილილი იყო. დასაწყისში კიდურის არეებიდან, სადაც კანი იყო მოცილებული, დიდი რაოდენობით გამოყოფოდა ყვითელი ფერის სითხე, ხოლო ორი კვირის განმავლობაში აღნიშნული არეები შეშრა და ავადმყოფის სიკვდილის წინა პერიოდში განვითარდა მარჯვენა ხელზე ყველა თითის, ხოლო მარცხენაზე ცერის მშრალი განგრენა. ავადმყოფის კანის ზოგიერთ ადგილზე აღინიშნებოდა იშემიური ნეკროზის პროცესები. უბედური შემთხვევის შემდეგ დაახლოებით ორი კვირის განმავლობაში დაზიანებული ზედა კიდურები ძლიერ მტკივნეული იყო.

მკურნალობა წარმოებდა კრილობების მკვდარი ქსოვილებისაგან განთავისუფლებითა და დამწოლი ნახვევების დადებით. გამოყენებული გაუტკივარების საშუალებანი ნაწილობრივ ამცირებდნენ ტკივილებს, მაგრამ მათი სრული შეწყვეტა ვერ მოხერხდა.

კანი მუცლის არეზე ერთემატოზული იყო მესამე დღეს, ხოლო ბუშტუვების წარმოქმნა დაიწყო მე-17 დღეს. ავადმყოფის სიკვდილის წინა პერიოდში გულმკერდის ქვემო ნაწილსა და მუცელზე მთლიანად მოხდა კანის საფარველის ჩამოფტკვნა. განსაკუთრებულად მტკივნეული და მძიმე დაზიანებანი აღინიშნებოდა საზარელულის მიდამოში.

თმების ცვენა საფეთქლებიდან და წვერ-ულვაშიდან დაიწყო მე-13 დღეს და ავადმყოფს სიკვდილის წინ აღნიშნულ მიდამოზე თმა თითქმის მთლიანად დაეცოდა.



## კლინიკურ-ლაბორატორიული გამოკვლევის მონაცემები

ცვლილებები სისხლის უჯრედების შემადგენლობის მხრივ მიმდინარეობდა შემდეგნაირად: გამოსხივების მოქმედების შემდეგ ადრეულ პერიოდში აღსანიშნავი იყო გრანულოციტოზი, რამაც გასტანა დაახლოებით 5 დღეს. მე-15-დან მე-18 დღემდე ადგილი ჰქონდა გრანულოციტების მეორე შეფარდებით მომატებას (ლიმფოციტების დაკლების ხარჯზე). სწრაფად განვითარდა ლიმფოპენია, რამაც საკმაოდ მდგრადი ხასიათი მიიღო. ერთროციტებისა და ჰემოგლობინის მხრივ აღინიშნებოდა პირველად ხანმოკლე (მე-4 — 5 დღე) მომატება, ხოლო შემდეგ მათი რაოდენობა თანდათან მცირდებოდა. თრომბოციტების რაოდენობა განსაკუთრებით მე-8-დან მე-12 დღემდე ეცემოდა და დაავადების თერმინალურ პერიოდში ისევ მკვეთრად შემცირდა. არ შემცირებულა რეტრიკულოციტების რაოდენობა. აღსანიშნავი იყო ატიპიური ფორმის ლიმფოციტების პროგოესულად მომატება, მათ პროტოპლაზმაში დიდი რაოდენობით იმყოფებოდა სინათლის ორმხრივ გარდამტეხი ნეიტრალროტი შეღებილი მარცვლები.\* ლიმფოციტებში შესამჩნევი იყო მათი ბირთვების სტრუქტურის შეცვლა, რაც იწყებოდა ქრომატინის კვანძოვანი წარმონაქმნებითა და შემდეგში ვითარდებოდა მათი მთლიანი დაშლა, მკვეთრად იყო გამოსახული ვაკუოლიზაცია. ასევე ციტოპლაზმაც განიცდიდა ვაკუოლიზაციას და პრეპარატზე, რომელიც რაიტის მიხედვით იყო შეღებილი, ჩანდა მკვეთრად გამოსახული ბაზოფილური გრანულები. ავადმყოფის სიკვდილის პერიოდში ცირკულაციაში მყოფი სისხლის ლიმფოციტების დიდი ნაწილი დაშლის ან მთლიანი დაღუპვის მდგომარეობაში იმყოფებოდა, თუშცა ამასთანავე ზოგიერთ ლიმფოციტს შენარჩუნებული ჰქონდა ნორმალური სტრუქტურა. ნეიტროფილების შეცვლა უფრო სწრაფად მიმდინარეობდა, ვიდრე ლიმფოციტებისა. უკვე მე-2 დღეს შესამჩნევი იყო ნეიტროფილებისათვის დამახასიათებელი მარცვლოვანების შემცირება და სამაგიეროდ მათში ტოქსიკური გრანულების წარმოქმნა. ამ ტოქსიკური მარცვლოვანების წარმოქმნა თანდათან მატულობდა. ამასთანავე ნეიტროფილების ბირთვები შედარებით მკრთალად იღებებოდნენ და მათში ხშირად ჩანდა ვაკუოლიზაციის პროცესი.

**შენიშვნა:** აღნიშნული სინათლის გარდამტეხი მარცვლების აღმოჩენა და მათი შეღების მეთოდის შემუშავება, ამერიკელი ავტორების მტკიცებით, ა. დიკისა და ლ. ჰ. ჰენკელმანს მიეწერება, რაც არ არის სწორი. ეს მეთოდი უკვე 1921 წლიდან არის ცნობილი და მას ჰემატოლოგიურ პრაქტიკაში საბინის მეთოდი ეწოდება.

ახალგაზრდა უჯრედთა რაოდენობა არ მომატებულა. დაავადების მეორე პერიოდში განვითარდა ბირთვების ვაკუოლიზაციის თავისებური პროცესი. დაავადების თერმინალურ პერიოდში მოიმატა თრომბოციტების ზომამ.

ერითროციტების დალექვის რეაქცია დაავადების მე-10 დღეს უდრიდა 16 მმ/საათში, ცილას გარეთ აზოტის რაოდენობა სისხლში დაავადების მე-14 დღეს უდრიდა 38 მგ%, ხოლო შარდოვანას შავა—2,7 მგ%. დიურეზი არ დარღვეულა დაავადების მთელი პერიოდის განმავლობაში. შარდის ხვედრითი წონა ყოველთვის მაღალი იყო (1016—1023), ავადმყოფობის დასაწყისში შარდში ცილა არ აღმოჩნდა, ხოლო ბოლო სინჯებში კი აღმოჩენილი იქნა ცილასა და ნაღვლის პიგმენტების მცირე ნიშნები. რეაქცია ურობოლინოგენზე დადებითი იყო 1:100 განზავების დროს. ფეკალურ მასაში სისხლის ნიშნები აღმოჩნდა დაავადების მე-10—12 დღეს. დაავადების 24-ე დღეს მკვეთრად მოიმატა სხვადასხვა სახის ჰორმონალური წარმოშობის ნივთიერებათა და ამინომჟავების შარდის გზით გამოყოფამ.

ორგანიზმზე გარედან მოქმედი ნეიტრონების ნაკადის მიერ ქსოვილებში განვითარებული ბირთვული პროცესების გამო დაავადების პირველსავე დღეებში შარდში აღმოჩენილი იქნა რადიოაქტიური ნატრიუმი და ფოსფორი. რადიოაქტიური ნატრიუმი აღმოჩენილი იყო, აგრეთვე, სისხლის შრატშიც, ხოლო რადიოაქტიური ფოსფორი კი არ აღმოჩენილა.

განხილული მაგალითიდანაც ნათლად ჩანს, რომ დაშავებულთა ორგანიზმზე დიდი რაოდენობით მოქმედებდნენ ნეიტრონები, მაგრამ მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნულ შემთხვევებში ნეიტრონები ინტენსიურად სხივდებოდნენ და ენერგიაც საკმაოდ მაღალი ჰქონდათ, მათი ორგანიზმში ღრმად შეღწევა არ მოხდა. ნეიტრონების შთანთქმა ძირითადად ქსოვილთა გარეთა შრეებში (კანი) ხდებოდა. ხისტ რენტგენის სხივებსა და გამასხივებს კი, როგორც ცნობილია, გააჩნიათ ორგანიზმის ქსოვილებში ღრმად შეღწევის უნარი.

ლოს-ალამოსში მომხდარი ავარიის დროს მწვავე სხივურ დაავადებას ჰქონდა ადგილი. დაზიანებულებს სწრაფად განუვითარდათ გულისრევა, პირღებინება და შოკური მდგომარეობა. შემდეგ აღნიშნულმა პირველადმა მოვლენებმა თითქმის სრულიად გაიარა და რამდენიმე დღის განმავლობაში დაიწყო სხივური დაავადების მესამე პერიოდი: მაღალი ტემპერატურა, მოვლენები კუჭ-ნაწლავის მხრივ, სხეულის წონის მკვეთრი შემცირება, მკვეთ-

რად გამოსახული პათოლოგიური ცვლილებანი სხვადასხვა ორგანოსა და სისტემის მხრივ, თმის გაცვენა, კანისა და კანქვეშა ქსოვილების ნეკროზი, განსაკუთრებით იმ ორგანოებში, რომლებიც მომქმედი სხივებისაკენ იყვნენ მიმართული, ხოლო სიკვდილის წინ მათ განუვითარდათ მკვეთრი ჰემორაგიული მოვლენები, სიყვითლე და კოლაფსი.

ლიტერატურული მონაცემებიდან ირკვევა, რომ მაგალითად, 1919-დან 1939 წლამდე მაიოს კლინიკაში გამოკვლეულ ექიმ-რენტგენოლოგებს შორის 39 კაცს კანის კიბო აღმოაჩნდა (შემთხვევათა 29%).

1944 წელს ხენშოუსა და ხოუკინსის მიერ დადგენილი იქნა, რომ ლეიკემიური დაავადებანი ექიმებს შორის ორჯერ უფრო მეტია, ვიდრე სხვა პროფესიის ადამიანებს შორის. ხოლო ექიმ-რენტგენოლოგებს შორის კი, მარჩის მონაცემების მიხედვით, ლეიკემიის განვითარება 10-ჯერ მეტია, ვიდრე სხვა სპეციალობის ექიმებს შორის.

ხიკისა და ხოლის მიერ შესწავლილია 377 რენტგენოლოგი, რომელთა 37% უნაყოფო აღმოჩნდა.

მერთლანდის მიერ 1929—1931 წლებში აღწერილია რადიოთორიუმის დაგროვება იმ მუშათა ორგანიზმში, რომლებიც მანათობელ შენაერთებს ამზადებდნენ. ამ შემთხვევაშიც მუშები სახატავე ფუნჯის წვერს, რომელზეც რადიოაქტიური ნივთიერება იყო, სისტემატურად ენით ასველებდნენ და ამით რადიოაქტიური ნივთიერების ნაწილს ნერწყვის საშუალებით ულაპავდნენ, რის გამოც ზოგიერთ მუშას შემდეგში აღმოაჩნდა ძვლების (უფრო ხშირად ქვედა ყბის ძვლის) ნეკროზი და, აგრეთვე, მიელოიდური ლეიკემია. მოგვიანებით განვითარებული დაავადების შემთხვევაში აღინიშნება მენჯის ძვლისა და ქვედა კიდურების დეფორმირებული ცვლილებები, ოსტეოსარკომები და სიმსივნეები სხვადასხვა ორგანოში. ცნობილია, აგრეთვე, რომ აღნიშნული ნივთიერების 10—20% რჩება ორგანიზმში მრავალი წლის განმავლობაში, მათზე მუშაობის შეწყვეტის შემდეგაც.

---

## თ ა ვ ი ო

### რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენება მედიცინაში და მაცნებების ზოგიერთ ღარში

როგორც ცნობილია, რადიოაქტიური იზოტოპები ფართოდ გამოიყენება მეცნიერებისა და ტექნიკის ყველა დარგში. ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის გარემოება, რომ რადიოაქტიური იზოტოპების დახმარებით შედარებით ადვილია ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარე ცხოველმყოფელური პროცესებისა და ბიოლოგიური გარდაქმნების ზუსტი შესწავლა.

რადიოაქტიური იზოტოპებით მუშაობის მეთოდი ხელსაყრელია იმ მხრივ, რომ ზოგიერთი რადიოაქტიური ელემენტის იზოტოპის სახეობა თავის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით საკმაოდ სპეციფიკურია ზოგიერთ ქსოვილსა და ორგანიზმში მიმდინარე ცხოველმყოფელური პროცესების მიმართ. ამასთანავე, მათზე თვალყურის დევნება თანამედროვე დოზიმეტრიული ხელსაწყოებისა და ზოგიერთი მეთოდის (პისტო-რადიოაუტოგრაფია და სხვა) საშუალებით ადვილად ხელმისაწვდომია.

გარდა აღნიშნულისა, რადიოაქტიური იზოტოპების საშუალებით შეიძლება ნიშანი დაედოს ისეთ ნივთიერებებს, რომლებიც ცოცხალი ორგანიზმებისათვის ხშირად აუცილებელ საჭიროებას წარმოადგენენ; მაგალითად: ცილებს, ცხიმებს, ვიტამინებს, ჰორმონებს, ამინო და ნუკლეინის მჟავებს, ენზიმებს, მარილებს, ფარმაცევტულ ნივთიერებებს, ნახშირწყლებს, სპირტებს და სხვ. აგრეთვე უჯრედოვან წარმონაქმნებს: მიკრობებს, ვირუსებს, ანტიბიოტიკებს (პენიცილინი), სისხლის უჯრედებსა და სხვ.

დიდი ფიზიოლოგი ი. პ. პავლოვი ექსპერიმენტული გამოკვლევების დროს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას მეთოდუკას ანიჭებდა. იგი წერდა: „მეცნიერება მიღწევებზე დამოკიდებული ბიძგებით მიიწვევს წინ, რასაც მეთოდიკა იძლევა. მეთოდუკის ყოველი წინ გადადგმული ნაბიჯით ჩვენ თითქოს საფეხურით

მალა მივიწევთ, რომლიდანაც გვეხსნება უფრო ფართო ჰორი-  
ზონტი მანამდე უხილავი საგნების მიმართ.“

ჩვენს შემთხვევაში საქმე გვაქვს კიდევ ერთ ახალ დიდწინაშე-  
ნელოვან მეთოდთან, უკეთ რომ ვთქვათ, მეთოდოლოგიის მთელ  
წყებასთან, რომელთა საშუალებით მეცნიერებისათვის მისაღწევი  
ხდება ბუნების ზოგიერთი „საიდუმლოების“ შეცნობა.

როდესაც რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენების მეთო-  
დების უპირატესობაზე მსჯელობენ, ამგვარი აზრის სასარგებ-  
ლოდ შეიძლება გავიხსენოთ ის ფაქტი, რომ დაახლოებით 150 ატო-  
მიდან შესაძლებელია 1 ამგვარი ატომის გამოცნობა.

ცნობილია აგრეთვე, რომ რადიოაქტიური ნივთიერებანი  
ორგანიზმში მოხვედრისას დიდი რაოდენობით ჩალაგდება თითქ-  
მის ყველა ორგანოსა და ქსოვილში, იშვიათად ნერვულ სისტე-  
მაში. ამ მხრივ აღსანიშნავია ი. შ. ზედგინიძის შრომა, რომ-  
ლიდანაც ირკვევა, რომ რადიოაქტიური იზოტოპები შეაღწევენ  
ზურგტვინის არხშიც. აშკარაა, რომ მისი „ბარიერული ფუნქცია“  
ასეთ შემთხვევაში დარღვეულია ან რადიოაქტიური იზოტოპების  
მიერ, ან ბარიერული ფუნქცია არ წარმოადგენს სრულყოფილ  
ზღვარს. ზოგიერთი შრომიდან ირკვევა, რომ, მაგალითად, იოდი  
ზურგის ტვინის სითხეში შეაღწევს დაახლოებით 9 წუთში, ხოლო  
ფოსფორი—15—30 წუთში. როდესაც რადიოაქტიური იზოტოპები  
გამოიყენეს, გამოიკვია, რომ ტეტანუსის ტოქსინის შეყვანის  
დროს იგი სისხლძარღვთა არხის საშუალებით ტვინში მოხვდა,  
ხოლო როდესაც აღნიშნული ტოქსინი შეიყვანეს საჯდომ ნერვში,  
აღმოჩნდა, რომ მან ძლიერ სწრაფად მიაღწია ცენტრალურ ნერ-  
ვულ სისტემას.

ცნობილია, აგრეთვე, რომ რადიოაქტიური იზოტოპები კარ-  
გი შედეგებით გამოიყენება ზოგიერთი დაავადების სამკურნალოდ.  
მაგალითად, J<sup>131</sup> და P<sup>32</sup> გამოიყენება ავთვისებიანი სიმსივნეების,  
ლექიკემიებისა და ერითრემიების, ჩიყვის, ეგზემის, ნეიროდერმიტე-  
ბის, ბრონქიალური ასთმისა და სხვათა სამკურნალოდ.

ზოგიერთი მკვლევარის გამოცდილების მიხედვით, ცოცხალი  
ორგანიზმებისათვის რადიოაქტიური იზოტოპების დასაშვებ დო-  
ზად ითვლება ისეთი აქტივობის სიდიდე (მიკროკიურებში), რომე-  
ლიც 1 კგ წონის ქსოვილს მ ნაწილაკების ხარჯზე გადასცემს  
0,01 r-ზე არა უმეტეს დოზას.

გამაგამომსხივებელი იზოტოპები, ისევე როგორც რენტგენ-  
ის სხივები, გამოიყენება სხვადასხვა ნივთიერების შესასწავლად,  
ხოლო თუ გავითვალისწინებთ ორ სხივების შეღწევის უნარიანო-  
ბ. რადიოაქტიური იზოტოპები

ბას, მაშინ ცხადი გახდება ამგვარი მეთოდის (მაგალითად, სამ-რეწველო გამა-დეფექტოსკოპიის მეთოდის, წიაღისეული მადნეულისა და ნავთობის საბადოების ძიების მეთოდებისა და მრავალი სხვა) უპირატესობა რენტგენის მეთოდთან შედარებით, მეცნიერებისა და ტექნიკის მრავალ დარგში.

### ჯოჯობათი რადიოაქტიური იზოტოპი

რადიოაქტიური ნახშირბადი  $C^{14}$ . როგორც ცხოველური, ისევე მცენარეული ნახშირბადი ორგანული შენაერთებისათვის სინთეზურ ელემენტს წარმოადგენს.  $C^{14}$ -ის ატომგული გამოასხივებს პოზიტრონს, რომლის ენერგია უდრის  $0,95 \pm 0,03$  Mev. იზოტოპის ( $C^{14}$ ) ხახვერადდაშლის პერიოდი უდრის  $20,42 \pm 0,06$  წუთს. აღნიშნული იზოტოპის მიღება შეიძლება შემდეგი რეაქციებით:  $Be(\alpha, 2n)$ ,  $B(d, n)$ ,  $C(d, 2n)$ ,  $N(p, \alpha)$ ,  $F(n, 3p \text{ და } n)$  და მრავალი სხვა.

მისი გამოსხივების საკმაოდ მაღალი ენერგია საშუალებას იძლევა ადვილად და ზუსტად იქნას აღრიცხული ნიშანდებული ატომების სახით ხმარების დროს ნივთიერებათა ცვლის პროცესები.

შედარებით ხელმისაწვდომი და ხელსაყრელია იზოტოპი  $C^{14}$ -ის ხმარება. მისი ნახვერადდაშლის პერიოდი (T) უდრის  $5720 \pm 47$  წელს.  $C^{14}$  გამოასხივებს  $\beta$  ნაწილაკებს, რომელთა ენერგია უდრის  $0,155 \pm 0,001$  MeV. ამგვარი მცირე ენერგიის მქონე გამოსხივებული ნაწილაკების გამო მათი ორგანიზმსა და ქსოვილებში განსაზღვრა შედარებით დიდ სიზუსტეს მოითხოვს.

რადიოაქტიური ნახშირბადის ( $C^{14}$ ) საშუალებით დამტკიცდა, რომ  $CO_2$  ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტს არ წარმოადგენს და რომ იგი შემდგომში ორგანული შენაერთების წარმოქმნაში მონაწილეობს, მაგალითად ცილებისა და ნახშირწყლების სინთეზის დროს. ორგანიზმში განაწილების მიხედვით იგი უფრო მეტი რაოდენობით გვხვდება თირკმლებში, შემდეგ თანმიმდევრობით სისხლში, ჰიპოთალამუსში, ტვინის დანამატში, ღვიძლში და ა. შ.

აღნიშნული იზოტოპის საშუალებით შესწავლილია თირკმლის, გლიკოგენის და სხვა ნივთიერებათა გარდაქმნები ცოცხალ ორგანიზმში.

რადიოაქტიური ნატრიუმი  $\text{Na}^{24}$  მიიღება შემდეგი ბირთვული რეაქციებით:  $\text{Na} (d, p)$ ,  $\text{Mg} (n, p)$ ,  $\text{Al} (d, p\alpha)$ ,  $\text{Si} (\gamma n3p)$  და სხვა. მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის  $14,97 \pm 0,02$  საათს. გამოასხივებს  $\beta$ -ნაწილაკებს და  $\gamma$ -სხივებს. ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია დაახლოებით შემთხვევათა 100%-ში უდრის 1,39 Mev,  $\gamma$ -სხივების მაქსიმალური ენერგია უდრის 1,36 Mev და 2,75 Mev.

რადიოაქტიური ნატრიუმი ორგანიზმში შეყვანის შემდეგ თითქმის თანაბრად და სწრაფად ნაწილდება ქსოვილოვან სითხეებში. მისი აღმოჩენა სხეულის ზედაპირზე აღმრიცხველი ხელსაწყოს მოთავსებით ადვილად შესაძლებელი. ასეთ მეთოდს მიმართავენ სისხლის მიმოქცევის სისწრაფის განსაზღვრის დროს, გულის მანკების დიაგნოსტიკის საქმეში და სხვა.

იმის გამო, რომ მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი საკმაოდ მცირეა, კერძოდ, ორგანიზმში შეყვანის შემდეგ მე-4—5 დღეს უკვე მთლიანად დაიშლება, შესაძლებელია მისი ხელმეორედ ორგანიზმში შეყვანა.

მის უმაღლეს დასაშვებ დოზას წარმოადგენს 140  $\mu\text{C}$ , ანუ 0,3 $\mu$  ერთი კვირის განმავლობაში.

როდესაც სისხლის დიდი და მცირე წრის მიმოქცევის სიჩქარის განსაზღვრა მოახდინეს (მარცხენა წინა მხრის ვენაში შეიყვანეს  $\text{Na}^{24}$  და მარჯვენა ხელში ავადმყოფს დააკავებინეს მთვლელი), აღმოჩნდა, რომ მცირე წრეში სისხლის მიმოქცევის სისწრაფე უდრის 6,4 წამს. დიდ წრეში — 11 — 13 წამს ( $\text{Na}^{24}$  შეიყვანეს მარჯვენა წინა მხარში, ხოლო მთვლელი ავადმყოფს მარცხენა ხელში დააკავებინეს. (იხ. სურათი 9. კლინიკური რადიომეტრი).  $\text{Na}^{24}$  გამოიყენება კანისა და ქსოვილთა შეღწევის თვისებათა გამოკვებისას. იგი გამოიყენება შარდის ბუშტის ეპითელიომის მკურნალობის დროსაც, ლეიკოზებისა და ერთრემიების მკურნალობაში იგი საკმაოდ ეფექტურობას არ ამჟღავნებს.

რადიოაქტიური ფოსფორი —  $\text{P}^{32}$ . რადიოაქტიური ფოსფორის  $\text{P}^{32}$  ნახევრადდაშლის პერიოდი (T) უდრის 14,29 დღეს. იგი გამოასხივებს  $\beta$ -ნაწილაკებს, რომელთა მაქსიმალური ენერგია უდრის 1,708 Mev.

მისი მიღება შეიძლება შემდეგი რეაქციებით:  $\text{Si} (\alpha, p)$ ,  $\text{P} (d, p)$ ,  $\text{S} (n, p)$ ,  $\text{Cl} (n, \alpha)$ ,  $\text{Cu} (\Delta)$ ,  $\text{Fe} (\Delta)$  და სხვა. იზოტოპი  $\text{P}^{32}$  ბეტადაშლის შედეგად გარდაიქმნება გოგირდის სტაბილურ იზოტოპად.  $\text{P}^{32}$  ჩვეულებრივად იხმარება ფოსფორის მკვება ნატრიუმის

იზოტონური ხსნარის სახით ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ).  $\text{P}^{32}$ -ის ვენაში შეყვანა არ შეიძლება.  $\text{P}^{32}$ -ის 40% გამოიყოფა ორგანიზმიდან 5—6 დღის განმავლობაში. ამავე დროს მისი ერთი მეოთხედი დაიშლება, ხოლო 20—25% ღარჩება დაახლოებით 10 დღის განმავლობაში.



სურ. 9.

რადიოაქტიური ფოსფორი  $\text{P}^{32}$  დიდი რაოდენობით გროვდება ძვლებში. მისი ერთჯერადი დასაშვები დოზა უდრის 31 მიკროკიურის. ორგანიზმში შეყვანილი (per os) იზოტოპის 70% იქვე რჩება და შეიწოვება, ხოლო დანარჩენი მაშინვე გამოიყოფა ნაწლავების გზით.

რადიოაქტიური ფოსფორი  $\text{P}^{32}$  ხშირად გამოიყენება ლეიკოზებისა და ერთრემიების სამკურნალოდ. ამ მიზნით პრეპარატი შეყავთ per os. ხშირად 0.1 mC სხეულის ერთ კგ წონაზე, ანუ 60 კგ წონის სხეულებისათვის—6mC (კვირაში 1 mC—25—30 cM<sup>3</sup> გლუკოზასთან ერთად). არსებობს აგრეთვე სხვა მეთოდებიც.

ლეიკოზების სამკურნალოდ ერთჯერად დოზად ხმარობენ აღნიშნული რადიოფოსფორის 0.5-დან 1 mG. მკურნალობის მთელი კურსისათვის 2-დან 11 mC (საშუალოდ 8mC). ორგანიზმში იზოტოპის შეყვანა ხდება 3—7 დღის ინტერვალით. მკურნალობის ხანგრძლივობა უდრის 2—4 თვეს.

დერმატოლოგიურ პრაქტიკაში რადიოფოსფორის გამოყენებით საკმაოდ კარგი შედეგიცია მიღებული. მხოლოდ უნდა აღინიშნოს. რომ დერმატოზების მკურნალობის დროს მთელი კურსის დოზა არ უნდა აღემატებოდეს 600r, სიმსივნეების მკურნალობის დროს კი—2000r.



რადიოაქტიური გოგირდი  $S^{35}$ . გოგირდის რადიო-  
აქტიური იზოტოპის  $S^{35}$  ნახევრადდაშლის პერიოდი (T) უდრის  
 $87,1 \pm 1,2$  წელიწადს. იგი გამოასხივებს  $\beta$  ნაწილაკებს, რომელთა  
მაქსიმალური ენერგია უდრის  $0.1631$  MeV.

$S^{35}$  განსაკუთრებით მოსახერხებელია ბიოქიმიური გამოკვლე-  
ვების ჩასატარებლად, როგორც ცხოველებზე. ასევე მცენარეებზე.

მისი ორგანიზმში შეყვანა შეიძლება როგორც რთული შე-  
ნაერთის, აგრეთვე ელემენტარული გოგირდის სახითაც. უფრო  
ხშირად კი იგი გამოიყენება ნიშნის დასადგენად, მაგალითად, ცი-  
ლების განახლების (სინთეზი და დაშლა), ქსოვილებსა და ორგა-  
ნიზმში ცილების ცვლისა და გადასხმული სისხლის პროცესების  
შესასწავლად. ნიშანდებული მეთიონინის საშუალებით შესწავლი-  
ლია მრავალი ცხოველმყოფელი პროცესი სხვადასხვა ქსოვილსა  
და ორგანიზმში; რადიოგოგირდით ინიშნება სულფაზოლი, პენიცი-  
ლინი და სხვა. შესწავლილია ის მოვლენა, რომ პენიცილინის  
ორგანიზმში გავრცელება ყველაზე მეტად კუნთოვან ქსოვილში ხდე-  
ბა, მისი თირკმლებიდან გამოყოფა კი იწყება მილებიდან 4 საათის  
შემდეგ.

$S^{35}$  იზოტოპის დასაშვებ დოზად ორგანიზმისათვის ითვ-  
ლება  $31 \mu\text{C}$ .

რადიოაქტიური კალიუმი  $K^{42}$ . მისი ნახევრადდაშ-  
ლის პერიოდი უდრის  $12,44$  საათს, გამოასხივებს  $\beta$  ნაწილა-  
კებსა და  $\gamma$  სხივებს. მისი  $\beta$  ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია  
უდრის  $3,58$  MeV,  $\gamma$  სხივების  $1,51$  MeV. მათი მისაღები ბირთვე-  
ლი რეაქციებია:  $K(d,p)$ ,  $Ca(u^0, p^+)$   $Sc(u, \alpha)$ ,  $Cu(A)$  და სხვა.

$K^{42}$ -ორგანიზმის, მიერ ძლიერ მძიმედ შეიწოვება, მისი სა-  
შუალებით ხშირად ნიშნავენ ერთროციტებს.

რადიოაქტიური კალციუმი —  $Ca^{45}$ . მისი ნახევრად-  
დაშლის პერიოდი უდრის  $162$  დღეს. მიიღება შემდეგი ბირთველი  
რეაქციებით:  $Ca^{44}(d, p)$  და სხვა. გამოასხივებს  $\beta$  ნაწილაკებს,  
რომელთა ენერგია უდრის  $0,254$  MeV. ვენური გზით შეყვანისას  
მას ორგანიზმში უფრო სწრაფად ითვისებს.

D ვიტამინის დახმარებით კალციუმს ორგანიზმში უკეთ ითვი-  
სებს. ამ მხრივ ყველაზე აქტიურია კბილის ფესვი, შემდეგ ძვლები,  
თავის ქალას ძვლები, ნეკნები, ელენთა, ღვიძლი და მცირე ტვინი.

რადიოაქტიური რკინა —  $Fe^{59}$ . მისი ( $Fe^{59}$ ) ნახევრად-  
დაშლის პერიოდი უდრის  $47,1$  დღეს. გამოასხივებს  $\beta$  და  $\gamma$   
სხივებს, ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია უდრის  $1,56$  MeV,

ფოტონებისა კი—1,27 MeV. აღნიშნული იზოტოპის დიდი რაოდენობით მიღება ხდება ურანის ატომურ ქვაბებში.

რკინის რადიოაქტიური იზოტოპების საშუალებით შესაძლებელი გახდა საკმაოდ რთული პროცესების შესწავლა სისხლისა და სისხლმზადი ორგანოების მხრივ. მაგალითად, შესწავლილია რკინის ცვლის პროცესები ჯანსაღ და ავადმყოფ ანემიურ ორგანიზმებში, ორსულთა და აგრეთვე ახალგაზრდა—მოზარდ ორგანიზმებში ჰემოგლობინის წარმოშობის დროს.

რადიოაქტიური მანგანუმი —  $Mn^{54}$ . მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 310 დღეს. მიიღება შემდეგი ბირთვული რეაქციებით:  $v(\alpha n^0)$ ,  $Cr(d, n^0)$   $Fe(d, x)$  და სხვა.

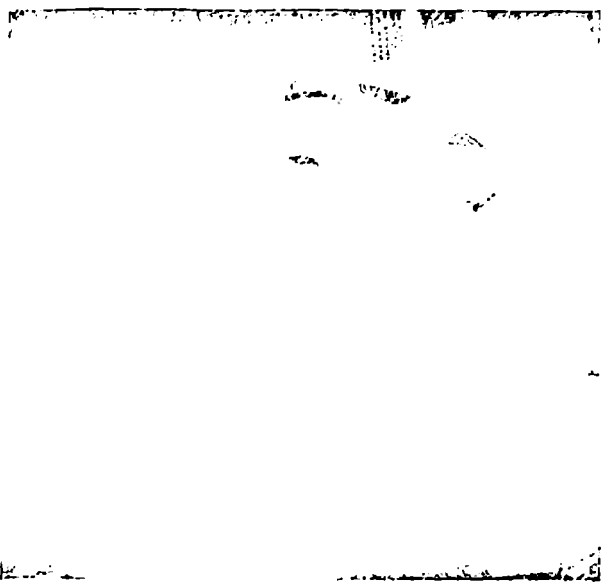
გააჩნია  $K$  ჩაქერა და  $\gamma$  გამოსხივება,  $\gamma$  სხივების ენერჯია უდრის 0,835 MeV.

იგი გამოიყენება ლიმფომატოზური დაავადებების დროს. კარგ შედეგს იძლევა ბრუტელოზის მკურნალობის დროს. რეტიკულოენდოთელიარული სისტემის სამკურნალოდ ხმარობენ აგრეთვე იზოტოპ  $Mn^{52}$ .

რადიოაქტიური კობალტი —  $Co^{60}$ . კობალტის რადიოაქტიური იზოტოპის ( $Co^{60}$ ) ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 5,3 წელიწადს. გამოასხივებს  $\beta^+$ ,  $\beta^-$  ნაწილაკებსა და  $\gamma$  სხივებს. ნაწილაკების მაქსიმალური ენერჯია უდრის 0,306 MeV.  $\gamma$  ფოტონების—1,332 MeV, მიიღება ბუნებრივი რადიოაქტიური კობალტის— $Co^{59}$  ნეიტრონებით დაბომბვის გზით  $Co(n, \gamma)$  და სხვ. რადიოაქტიური კობალტით დატვირთული სპეციალური დანადგარები დიდი წარმატებით გამოიყენება ონკოლოგიურ პრაქტიკაში ( $\gamma$  T-Co—400) და სამრეწველო გამადეფექტოსკოპიის დროს ( $\gamma$  T-Co—50), რადიოაქტიური კობალტის გამოყენება მედიცინაში მიზანშეწონილია, რადგან მისი ეფექტურობა მკურნალობის დროს არაფრით არ ჩამოუვარდება რადიუმისას. ამასთანავე მისი ღირებულება გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე რადიუმისა. მაგალითად: 1 გ რადიოკობალტი თუ ღირს დაახლოებით 200 მანეთი, იგივე რაოდენობის რადიუმი ღირს დაახლოებით 500.000 მანეთი ოქროთი. მისი სამკურნალო დოზა ერთი დღის განმავლობაში ადგილობრივი ზემოქმედების დროს უდრის 200—240 r, მთელი სამკურნალო კურსის დოზა საშუალოდ უდრის 5000r, იხმარება ავთვისებიანი სიმსივნეების, ლიმფოგრანულომატოზის, ტუბერკულოზური ლიმფადენიტის და სხვათა სამკურნალოდ (სურ. 10).

ორგანიზმის შიგნით მოვედრისას რადიოაქტიური კობალტი ძირითადად სისხლმზად ორგანოებში გროვდება. საერთოდ მას ორგანიზმში დიდი რაოდენობით ჩალაგების თვისება გააჩნია.

მისი გამოყოფა ხდება ნალვლისა და შემდეგ ნაწლავების გზით. თუ კობალტი ორგანიზმში ვენური გზით იქნა შეყვანილი, მაშინ მისი დიდი უმეტესობა გამოიყოფა შარდის გზით. რადიოკობალტი იხმარება  $B_{12}$  ვიტამინისა და სისხლის რეგენერაციის პრო-



სურ. 10.

ცესთა შესწავლისათვის. კობალტი აქტიურად მონაწილეობს სისხლის ელემენტების მიერ ჟანგბადის ათვისების პროცესში.

რადიოაქტიური სპილენძი— $Cu$ . მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 12,8 საათს. გამოასხივებს  $\beta^-$  ნაწილაკებს და  $\gamma$  სხივებს, ახასიათებს  $K$  ჩაქერა. ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია უდრის 0,657 MeV, ფოტონების—1,34 MeV; მიიღება სპილენძის ბუნებრივი იზოტოპის ბირთვული რეაქციებით. გამოყენებულია სისხლის რეგენერაციული თვისებების შესასწავლად და სხვა.

მისი ორგანიზმში განაწილების მიხედვით ყველაზე აქტიურია ღვიძლი, შემდეგ თირკმლები, ძვლის ტვინი და ა. შ. მისი ორგანიზმიდან გამოიყოფა ხდება ნალვლის სადინარებითა და ნაწლავების გზით.

რადიოაქტიური თუთია— $Zn^{66}$ . მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 250 წელს. გამოასხივებს პოზიტრონებსა და  $\gamma$  სხივებს, ახასიათებს K ჩაქერა. ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია უდრის 0,325 Mev, ფოტონების—1,18 Mev. უფრო ხშირად მიიღება სტაბილური თუთიისა და სპილენძის ბირთვული რეაქციებით.

რადიოაქტიური თუთია გამოიყენება სხვადასხვა ორგანოების ავთვისებიანი სიმსივნეების და ანთებადი მოვლენების დიაგნოსტიკაში, ცირკულაციაში მყოფი სისხლის რაოდენობისა (მოცულობის) და ერთთროციტების სიცოცხლის ხანგრძლიობის განსაზღვრავად და სხვ.

ორგანიზმში შეყვანილი თუთიის დაახლოებით ერთი მეოთხედი გამოიყოფა ნაწლაკების გზით, შარდის გზით კი—ნაკლები რაოდენობა.

რადიოაქტიური გალი უმი — Ga. მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 14 საათს. გამოასხივებს  $\beta$  და  $\gamma$  სხივებს, ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია უდრის 3,15 MeV, ფოტონების—2,508 MeV.

დიდი რაოდენობით გროვდება ძვლებსა და სიმსივნურ წარმონაქმნებში.

რადიოაქტიური დარიშხანი —  $As^{74}$ . მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 17,82 დღეს. გამოასხივებს  $\beta^-$ ,  $\beta^+$  და გამასხივებს, ახასიათებს K ჩაქერა. ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია უდრის 1,53 Mev, ფოტონების—0,635 Mev.

აღამიანის ქსოვილებში დარიშხანი მცირე რაოდენობით გროვდება და მისი დიდი ნაწილი შარდის გზით სწრაფად გამოიყოფა. მიუხედავად ამისა, მისი დიდი დოზით ორგანიზმში შეყვანა არ შეიძლება.

გამოიყენება ლეიკოზებისა და ერთრემიების სამკურნალოდ. ექსპერიმენტული შრომებიდან გამოიკვავა, რომ პარაზიტული წარმოშობის ცხოველ-ორგანიზმებში დარიშხანი საკმაო რაოდენობით გროვდება, რაც პარაზიტოლოგიის, ენტომოლოგიის და სხვა დისციპლინებისათვის საკმაოდ საინტერესო მოვლენას წარმოადგენს.

რადიოაქტიური ბრომი —  $Br^{82}$ . რადიოაქტიური ბრომის ( $Br^{82}$ ) ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 1,85 დღეს. გამოასხივებს  $\beta^-$  და  $\gamma$  სხივებს. ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია უდრის 0,447 MeV, ფოტონების—1,45 MeV, მისი დიდი ზაოდენობით მიღება ხდება ურანის ატომურ ქვაბებში.

ექსპერიმენტული შრომებით დამტკიცდა, რომ ბრომი ორგანობიდან ყველაზე მეტი რაოდენობით ნაწილდება ტვინის დანამატში, შემდეგ—ფარისებურ ჯირკვლებში, თირკმლებში, სისხლში, ღვიძლში და ა. შ. საკმაოდ მრავალრიცხოვანი კვლევითი ცდებია ჩატარებული ტვინის სხვადასხვა ნაწილებში, სისხლში და ფარისებურ ჯირკვლებში ბრომის განაწილების თვისებათა შესასწავლად. მისი ორგანიზმიდან გამოყოფა ძირითადად კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის გზით მიმდინარეობს.

რადიოაქტიური სტრონციუმი— $\text{Sr}^{90}$ . რადიოაქტიური სტრონციუმის ( $\text{Sr}^{90}$ ) ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 19,9 წელიწადს, გამოასხივებს  $\beta$  ნაწილაკებს, რომელთა მაქსიმალური ენერგია უდრის 0,54 MeV.

გამოიყენება ძირითადად თვალის მკურნალობის საქმეში, მაგალითად, ქუთუთოების პაპილომების, ანგიომების, თვალის სპეციფიკური პროცესების დროს და სხვ. ამ მხრივ საკმაოდ კარგი შედეგებია მიღებული.

რადიოაქტიური სტრონციუმის იზოტოპი  $\text{Sr}^{89}$  კარგი შედეგებით გამოიყენება ძვლოვანი სისტემის სიმსივნეების სამკურნალოდ.

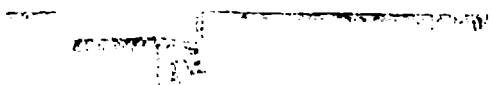
რადიოაქტიური იოდო— $\text{I}^{131}$ . იზოტოპი  $\text{I}^{131}$ -ის ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 8,14 დღეს. გამოასხივებს  $\beta^+$ ,  $\beta^-$  ნაწილაკებსა და  $\gamma$  სხივებს. ამ ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია უდრის 0,812 MeV, ფოტონების—0,72 MeV. მისი დიდი რაოდენობით მიღება ურანის ატომურ ქვაბებში წარმოებს.

იგი იხმარება ძირითადად ფარისებრი ჯირკვლების ფუნქციის შესასწავლად, ტვინის სიმსივნეების დიაგნოსტიკაში და თირეოტიკოპათიების სამკურნალოდ.

ავადმყოფები, რომლებსაც იოდის რადიოაქტიური იზოტოპები აქვთ მიღებული, ახლო მყოფი პირებისათვის საშიშროებას არ წარმოადგენენ მაშინაც კი, როდესაც პალატაში დიდი რაოდენობით არიან თავმოყრილი ასეთი ავადმყოფები. მაგრამ მიუხედავად ამისა, როდესაც მუშაობა რადიოაქტიური იოდის იზოტოპებზე წარმოებს, საჭიროა ისეთი ღონისძიებების ჩატარება, რომ მათი ჰაერში აორთქლება რაც შეიძლება მინიმუმამდე იყოს დაყვანილი. ამიტომ ამგვარი მანიპულაციები ამწოვ კარადაში უნდა წარმოებდეს.

ზოგიერთი ავტორის მიერ აღნიშნულია, რომ ჩიყვის მკურნალობაში კარგი ეფექტის მიღება შეიძლება რადიოაქტიური იოდის 4—7 (mCi) მილიკიური დოზის დანიშვნით მთელი კვირის

მანძილზე, ანუ იმ დოზის ნახევრით (10—15 მც), რომელიც მრავალი ავტორის მიერ მიღებულია უმაღლეს დოზად.



სურ. 11.

ორგანიზმში შეყვანის შემდეგ რადიოიოდი 5—10 წუთის შემდეგ ფარისებურ ჯირკვალში მოხვდება. შეყვანილი რადიოიოდის სამი მეოთხედი რამდენიმე დღეში შარდისა და ნაწლავების გზით გამოიყოფა. თუ ამასთანავე მხედველობაში მივიღებთ მის ნახევრადდაშლის პერიოდს, მაშინ ცხადია, რომ ორგანიზმში რჩება შეყვანილი იოდის ძლიერ მცირე რაოდენობა (დაახლოებით—15%). სპეციალური მიმღების საშუალებით ხდება იმპულსების გადაცემა დანადგარ „15“-ში, რომელიც ითვლის მათ საერთო ჯამს (სურ. 11).

რადიოაქტიური ირიდიუმი  $\text{Ir}^{192}$ . მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი უდრის 74,37 დღეს. გამოასხივებს  $\beta^-$  და  $\gamma$  სხივებს, გააჩნია  $\text{K}$  ჩაქერა. მისი ნაწილაკების მაქსიმალური ენერგია უდრის 6,84 MeV, სხივების მაქსიმალური ენერგია კი—6,88 MeV. იგი დიდი რაოდენობით მიიღება სტაბილური ირიდიუმის ბირთვული რეაქციებით.

იზოტოპის გამოყენება ფართოდ არის გავრცელებული გამადეფექტოსკოპიის პრაქტიკაში.

### სამრეწველო გამადეფექტოსკოპია

ახლო წარსულში შემოღებული იქნა ლითონის დიდი მასის მქონე დეტალების გამასხივებით გაშუქების მეთოდი. ამ მიზნით წინათ რენტგენის სხივები იხმარებოდა; ასეთი მეთოდით ადვილად გამოსაცნობი იყო რაიმე დეფექტის არსებობა მცირე სისქის ლითონის დეტალებში, ხოლო ახალი მეთოდის — გამადეფექტოსკოპიის — შემოღების შემდეგ შესაძლებელი გახდა გაცილებით დიდი მასის მქონე ლითონის დეტალების გაშუქება და უმცირესი შინაგანი დეფექტების აღმოჩენა.

რენტგენის სხივებით [350 KV] შესაძლებელია კონტროლი გაეწიოს ლითონის ისეთ დეტალებს, რომელთა სისქე 80—100 მილიმეტრს არ აღემატება.

გამადეფექტოსკოპიის მეთოდის საშუალებით შესაძლებელია 200—250 მილიმეტრი სისქის ფოლადის, თუჯისა და სპილენძის დეტალების გამოკვლევა. ალუმინიუმის შენადნობის გაშუქება კი შესაძლებელია 350 მილიმეტრამდე.

გამადეფექტოსკოპიის დროს გამოიყენება კობალტის ხელოვნური რადიოაქტიური იზოტოპისა ( $Co^{60}$ ) და ირიდიუმის ხელოვნური რადიოაქტიური იზოტოპის ( $Ir^{191}$ ) სხივები. ორივე სხივების გამოყენებას ლითონის დეტალების გაშუქებისათვის საფუძვლად უდევს ორივე სხივების მკვირვ ნითიერებებში საკმაოდ დიდი შეღწევადობის უნარი.

ამჟამად ორივე დეფექტოსკოპიის პრაქტიკაში ხმარებული რადიოაქტიური ნითიერების აქტივობის, ანუ „პრეპარატის აქტივობის“ განსაზღვრის დროს უფრო ხშირად ხდება რადიუმის აქტივობის გრამექვივალენტებში გამოსახვა და შედარებით ნაკლებად — კიური ერთეულებში.

როგორც ცნობილია, კობალტის ხელოვნური რადიოაქტიური იზოტოპის მიღება წარმოებს კობალტის ბუნებრივი იზოტოპის ნეიტრონებით ბომბარდირების გზით.

კობალტის რადიოაქტიური იზოტოპის  $Co^{60}$  ერთი კიური აქტივობა შეესაბამება რადიუმის 1,6 გრამექვივალენტს. გამადეფექტოსკოპიის დროს იხმარება 0,3-დან 50-მდე გრამექვივალენტის მქონე აქტივობის პრეპარატი.

ირიდიუმის რადიოაქტიური იზოტოპი ( $Jr^{192}$ ) იგივე მეთოდით მიიღება. მისი  $\gamma$  სხივების ენერჯია 0,13—0,88 MeV შორის მერყეობს. გარდა გამა-დეფექტოსკოპიისა, გამოიყენება აგრეთვე ფოტოგრაფიული მეთოდი გამადეფექტოგრაფიის სახით. ფოტოგრაფიული მეთოდის დროს გამოიყენება შემდეგი დანადგარები: „ГДП—Co—0,5—1“, „ГУП—Co—5“, „ГУП—Co—50“, „КС—5—1“, „КС—6“, „КС—7“ და სხვა.

იონიზაციური მეთოდისათვის გამოიყენება საიონიზაციო დეფექტოსკოპი „HD—3“, რომლის ინდიკატორად ლუმინესცენტური მთვლელი იხმარება.

ამეამად მრეწველობასა და სხვადასხვა წარმოებებში რენტგენისა და გამადეფექტოსკოპიის მეთოდების გარდა, მრავალი სხვა ახალი მეთოდია დანერგილი, რომლებიც ემყარებიან რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოყენებას. გარდა ამისა, არსებული მეთოდებიც სისტემატურად უმჯობესდება.

ცხადია, რომ ყველა მედიცინის მუშაკი, რომლებიც მრეწველობასა და წარმოებებში მომუშავეთა ჯანმრთელობის დაცვისა და შრომის ჰიგიენის საქმეს ემსახურებიან, დიდი ყურადღებით უნდა მოექცეს ახლად დანერგილ ყველა მეთოდს, რომლებიც რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოყენებას ემყარებიან.

---



## თ ა ვ ი VI

### **მართლმადიდებელი ეკლესიის მადონისა და რადიოაქტიური ნივთიერებების მუშაობის სანიტარულ-ჰიგიენური საკითხები**

#### **სანიტარულ-საგანმანათლებლო მუშაობა და საეპიდემოლოგიური მუშაობა**

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ჩვენს ქვეყანაში განსაკუთრებული ყურადღებითა და მზრუნველობით ექცევიან შრომის პი-  
დემიისა და ჯანმრთელობის დაცვის საქმეს.

წარმოებაში შრომის პირობების გაჯანსაღებისათვის პრაქტი-  
კული ღონისძიებების დანერგვა და პროფესიულ დაავადებასთან  
ბრძოლა წარმოადგენს საბჭოთა მედიცინის საფუძველს და მედი-  
ცინის მუშაკის წმინდა მოვალეობას. ამ მხრივ საყოველთაოდ  
სსრკ ჯანდაცვის სამინისტროს 24/VI-49 წ. № 443 ბრძანება,  
რომლის მიხედვით ორგანიზმისათვის ყველა მავნე ნივთიერებასთან  
და, აგრეთვე, შედარებით მავნე პირობებში მომუშავეთათვის და-  
დგენილია საეპიდემოლოგიური შემოწმების ზუსტი ვადები, შესაფერისი სამე-  
დიცინო ჩვენებები და აგრეთვე სხვა საჭირო მონაცემები.

ის პირობები, რომლებიც რადიოაქტიური ნივთიერებებზე იწყე-  
ბენ მუშაობას, ვალდებული არიან წინასწარ გაიარონ დაწერი-  
ლებითი სამედიცინო შემოწმება. ამასთანავე ზედმეტი ნივთიერებით უნდა  
იქნას დადგენილი თითოეული პიროვნების ჰემატოლოგიური მონ-  
აცემები. ზემოთ აღნიშნული ბრძანების მიხედვით რადიოაქტიური  
ნივთიერებებზე მუშაობის წინააღმდეგ ჩვენებად ითვლება:

1. სისხლის ყველა დაავადება და მეორადი ანემია (ჰემო-  
გლობინი 60%-ზე ნაკლები).
2. ცენტრალური ნერვული სისტემის ყველა ორგანული დაა-  
ვადება;
3. აშკარად გამოხატული ენდოკრინულ-ვეგეტატიური დაა-  
ვადებები;

4. ძვლის დაავადებები;

5. სასქესო ჯირკვლების დაავადებები და მენსტრუალურ-ოვარიული ციკლის დარღვევა;

6. ყოველგვარი ლოკალიზაციის კანის კიბო და კიბოს წინა დაავადებები.

ამას უნდა დაემატოს აგრეთვე ორგანიზმის ისეთი ქრონიკული დაავადებანი, როგორცაა ღია ფორმის ტუბერკულოზი, კარდიოსკლეროზი, ქრონიკული ჰეპატიტი, კარგად გამოხატული ნივთიერებათა ცვლის მოშლილობანი, ავიტამინოზები, შაქრიანი დიაბეტი და სხვ.

ის პირები, რომლებიც უკვე მუშაობენ რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე, წელიწადში ერთჯერ გადიან აუცილებელ პერიოდულ საექიმო შემოწმებას. მაღალი აქტივობის პირობებში მომუშავენი ყოველ სამ თვეში გადიან საკონტროლო საექიმო შემოწმებას, ხოლო დაკვირვება სისხლის სურათზე წარმოებს უფრო ხშირად. გარდა აღნიშნულისა, რადიოაქტიური ნივთიერებებით მოწამვლის ან სხივური დაავადების არსებობის საექიმო შემთხვევებში ხდება აღნიშნულ პირთა ზედმიწევნით გამოკვლევა და დისპანსერიზაცია.

წინასწარი და პერიოდული საექიმო შემოწმების დროს საჭიროა ხელმძღვანელობა სპეციალური ინსტრუქციით, რომელიც დამტკიცებულია სსრკ ჯანდაცვის სამინისტროს მიერ 21/VI—1949 წ.

მედიცინის მუშაკები სისტემატურად უნდა ატარებდნენ სანიტარულ-საგანმანათლებლო მუშაობას რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მომუშავე პერსონალთან იმ მიზნით, რომ დროულად იქნეს აღმოჩენილი სხივური დაავადების შესაძლო პირველადი სიმპტომები, რაც ხელს შეუწყობს სამკურნალო ღონისძიებების ეფექტურად ჩატარებას. ყოველ მუშაკს უნდა განემარტოს პერიოდული სამედიცინო შემოწმების აუცილებლობა და მისი დროულად გავლის მნიშვნელობა, რაც განაპირობებს მათ ჯანმრთელობასა და შრომის ნაყოფიერებას.

ისეთ შემთხვევაში, როდესაც აღმოჩენილი იქნება მაიონიზირებელი გამოსხივების ზემოქმედების პირველადი გამოვლინებანი, ერთ-ერთ საუკეთესო ღონისძიებას წარმოადგენს მუშაობის დროებით შეწყვეტა და ისეთ სამუშაოზე გადაყვანა, რომელიც რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოყენებასთან არ არის დაკავშირებული.

გარდა აღნიშნულისა, ყველა მუშაკი, რომელსაც შემღწვე რადიაციასთან უხდება მუშაობა, კარგად უნდა იცნობდეს რადიო-აქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის სანიტარულ-ტექნიკურ წესებსა და მოწყობილობას, დაცვის საშუალებებს და პირად ჰიგიენას. ყოველ ექვს თვეში ერთჯერ მათთვის უნდა ეწყობოდეს რადიო-აქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის წესების ცოდნის შემოწმება. საჭიროა მათი ცოდნისა და კვალიფიკაციის ამალგება. ეს განაპი-რობებს ყოველგვარი დაზიანების მინიმუმამდე დაყვანას, რაც შე-საძლოა რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის დროს სანიტარ-ული წესების დარღვევას მოჰყვეს.

ამჟამად ჯერ კიდევ სრულყოფილად არ არის შემუშავებული ისეთი მეთოდები, რომელთა საშუალებით შესაძლებელი იქნება ორგანიზმზე გარედან მომქმედი შემღწვევი რადიაციისა და ორგა-ნიზმის შიგნით მოხვედრილი რადიოაქტიური ნივთიერებების მავ-ნე გამოვლინებათა სწრაფად გაუფხვლობა, რის გამოც გადამ-წყვეტი მნიშვნელობა ეძლევა მათგან დაცვის ქმედით სანიტარულ-ჰიგიენურ ღონისძიებებს.

### შემღწვევი რადიაციის დასაშვები ნორმები

ამჟამად ცნობილია რადიოაქტიური გამოსხივების ისეთი დოზები, რომლებიც ორგანიზმში განსაზღვრული სიდიდის პათო-ლოგიურ ცვლილებებს იწვევენ. ამ მხრივ არჩევენ: ერთჯერად დასაშვებ დოზას, უმაღლეს არასაშიშ დოზას და საშიშ დოზას.

მაქსიმალურ დასაშვებ დოზად ითვლება მაიონიზირე-ბელი გამოსხივების ისეთი დოზა. რომელიც ორგანიზმზე ხანგრძლი-ვი მოქმედებისას მასში თვალსაჩინო პათო-მორფოლოგიურ და ფუნქციურ ცვლილებებს არ იწვევს.

მაქსიმალურ დასაშვებ დოზად ითვლება რენტგენისა და გამაგამოსხივების დოზა 0,05r ერთი დღის განმავლობაში.

ბეტა გამოსხივებისათვის მაქსიმალურ დასაშვებ დოზად ითვ-ლება 0,05 რენტგენის ფიზიკური ექვივალენტი.

ზოგიერთ შემთხვევაში ერთი დღის განმავლობაში მიღებული დოზა შესაძლოა აღემატებოდეს აღნიშნულ ნორმებს, ხოლო ერთი კვირის განმავლობაში მიღებული დოზის საერთო ჯამი არ უნდა აღემატებოდეს 0,3 r-ს (ბეტა გამოსხივებისათვის 0,3 r-ის ფიზიკუ-რი ექვივალენტი).

ხელებზე შემღწვევი რადიაციის მოქმედების დოზა შესაძლე-ბელია გაიზარდოს 4-ჯერ, მხოლოდ იმ პირობით, თუ მთელი

სხეულის მიერ მიღებული ფიზიკური დოზა არ გადააქარბებს იმ ნორმებს, რომლებიც ზემოთ განვიხილეთ.

თუ სამუშაო ოთახში რადიოაქტიური ნივთიერებები მტერის და ორთქლის სახით და აგრეთვე გაზოვან მდგომარეობაში იმყოფება, მათ დასაშვებ კონცენტრაციად (გამა და ბეტა გამოსხივებული ელემენტებისათვის) მიღებულია არა უმეტეს 1.10<sup>-11</sup> კიურის ერთ ლიტრ ჰაერზე. ხსნარისათვის უმაღლეს დასაშვებ კონცენტრაციად მიღებულია არა უმეტეს 1.10<sup>-4</sup> კიური/ ლიტრისა.

რადიოაქტიურ ნივთიერებასთან მუშაობის ხანგრძლიობის მიხედვით მიღებულია უდიდესი დასაშვები დოზის შემდეგი ნორმები: რვასათიანი სამუშაო დღისათვის—1,7 მიკრორენტგენი ერთი სექუნდის განამავლობაში; ექვსსათიანისათვის—2,3 მიკრორენტგენი სექუნდში, ოთხსათიანი სამუშაო დღისათვის—3.5 მიკრორენტგენი სექუნდში.

ორგანიზმისათვის რადიოაქტიური გამოსხივების მავნე თვისებების ზუსტად განსაზღვრა იმ შემთხვევაში, როდესაც იგი ორგანიზმის შიგნით არის მოხვედრილი, ძლიერ რთულ პრობლემას წარმოადგენს. ცნობილია აგრეთვე, რომ ყოველი სახეობის რადიოაქტიურ იზოტოპს გააჩნია ორგანოებში ნებისმიერი და ხანგრძლივი განაწილებისადმი მიდრეკილება, ორგანიზმიდან გამოყოფის თვისებები და სხვ. აღნიშნულ თვისებებს საკმაოდ სერიოზული ყურადღება ექცევა, როდესაც ორგანიზმის შიგნით მოხვედრილი რომელიმე რადიოაქტიური ნივთიერების დასაშვებ დოზებს განსაზღვრავენ. მაგალითად რადიოაქტიური ნატრიუმი ( $\text{Na}^{24}$ ) ორგანიზმიდან შედარებით სწრაფად გამოიყოფა, ვიდრე რადიოაქტიური კობალტი  $\text{Co}^{60}$ , სტრონციუმი  $\text{Sr}^{90}$ , რადიუმი  $\text{Ra}^{226}$  და სხვები, რომლებიც დიდი ხნით ჩალაგდებიან ძვლებში და ორგანიზმისათვის მუდმივ მომქნედ საშიშროებას წარმოადგენენ. ქვემოთ მოყვანილია ცხრილი, რომელიც დამტკიცებულია რადიოლოგების VI საერთაშორისო კონგრესის მიერ. მასში ჩამოთვლილია ორგანიზმის შიგნით ჰაერიდან და წყლიდან რადიოაქტიური იზოტოპების დასაშვები კონცენტრაციები (იხ. ცხრილი 3).

საზღვარგარეთ მიღებულია შემღწევი რადიაციის ორჯერ მეტი სიდიდის დასაშვები ნორმები, რაც არ არის გამართლებული. ამ მხრივ საკმარისია საილუსტრაციოდ მოვიყვანოთ პ. ჟენოსა და კ. მორგანის მიერ მოწოდებული რადიოაქტიური იზოტოპების დასაშვები კონცენტრაციები წყალში და ჰაერში, რადიოაქტიური ნივთიერებებით სამუშაო ზედაპირების გაბინძურ-

რების დასაშვები ხარისხები და ორგანიზმზე მოქმედი მაიონიზირებელი გამოსხივების დასაშვები დოზები.

ცხრილი 3

რადიოაქტიური იზოტოპების რაოდენობა ნივთიერების სმ <sup>2</sup> -ში	Ra <sup>226</sup>	Sr <sup>90</sup>	S <sup>35</sup> , U <sup>235</sup>	Na <sup>24</sup>	P <sup>32</sup>	Co <sup>60</sup>	J <sup>131</sup>
ორგანიზმში მიკროკუური ჰაერში ნიკროკუური წყალში მიკროკუური	0,1 2.10 <sup>-12</sup> 4.10 <sup>-8</sup>	2,0 — —	1,0 2.10 <sup>-10</sup> 2.10 <sup>-7</sup>	15 — 8.10 <sup>-3</sup>	10 — 2.10 <sup>-4</sup>	— — 1.10 <sup>-5</sup>	0,3 2,1 3.10 <sup>-9</sup>

ორგანიზმზე მოქმედი მაიონიზირებელი გამოსხივების დასაშვები დოზები (კ. მ. ო. რ. გ. ა. ნ. ი.)

გამოსხივების სახეობა	ყოველდღიური დოზა			სხიური ნაკადის მიხედვითი სიდიდე ორგანიზმზე 24-საათიანი მოქმედების დროს
	r	rep	rem	
რენტგენის სხივებისათვის	0,1	0,1	0,1	2.200 ფოტონი 1-MeV სმ <sup>2</sup> /წამი
γ სხივებისათვის	0,1	0,1	0,1	30 ნაწილაკი 1-MeV სმ <sup>2</sup> /წამი
β სხივებისათვის	—	0,1	0,1	60 ნეიტრონი 2-MeV სმ <sup>2</sup> /წამი
სწრაფი ნეიტრონებისათვის	—	0,02	0,1	1500 ნეიტრონი 0,01 eV სმ <sup>2</sup> /წამი
სითბური ნეიტრონებისათვის	—	0,05	0,1	0,005 ნაწილაკი 4-MeV სმ <sup>2</sup> /წამი
α სხივებისათვის	—	0,01	0,1	

რადიოაქტიური იზოტოპებით ნივთების სამუშაო ზედაპირის გაბინძურების დასაშვები ხარისხები

ობიექტი	β და γ სხივების დასაშვები დოზები, ერთი საათის განმავლობაში ან ექვივალენტური სიდიდე რენტგენში	β და γ სხივების დასაშვები დოზები; იმპულსი/წამი ზედაპირის 150 სმ
1. სამუშაო ადგილის ზედაპირისათვის	0,1	2.000
2. ტანისამოსის ზედაპირისათვის	0,1	1.500
3. სხეულის ზედაპირისათვის	0,5	0
4. ნარჩენი რადიოაქტიობა	0,5	0

9. რადიოაქტიური იზოტოპები

**რად-ოაქტიური იზოტოპების ჰაერში და წყალში დასაშვები  
კონცენტრაციები (პ. ენო)**

გამოსხივების წყარო	აქტიობა mCi/cm <sup>3</sup>	
	წყალში	ჰაერში
α და γ გამომსხივე- ბელი იზოტოპებისა- თვის	10 <sup>-7</sup>	5.10 <sup>-7</sup>
α გამომსხივებელი იზოტოპებისათვის	3.10 <sup>-11</sup>	10 <sup>-5</sup>

**პირადი ჰიგიენისა და პროფილაქტიკის უზრუნველყოფის  
ლონისძიება რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან  
მუშაობის დროს**

რადიოაქტიურ იზოტოპებთან მუშაობის დროს პერსონალი ვალდებულია დაიცვას პირადი ჰიგიენის წესები, რომლებიც წარმოადგენს სხივური დაავადების პროფილაქტიკურ ღონისძიებათა ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს.

ყოველთვის უნდა გვახსოვდეს, რომ რადიოაქტიურ იზოტოპებთან გაუფრთხილებელი მუშაობით შესაძლებელია ზიანი მოვეტანოთ არა მარტო საკუთარ თავს, არამედ მომუშავეთა მთელი კოლექტივის ჯანმრთელობასაც.

პირადი ჰიგიენის დაცვაში საკმაოდ დიდი ყურადღება ექცევა ისეთ ელემენტარულ საყოფაცხოვრებო საკითხებს, როგორიცაა, მაგალითად, ხელების სისტემატური სისუფთავე და ფრჩხილების რაც შეიძლება მოკლედ მოკრა, რათა მათ წანაზარდებში არ მოხდეს რადიოაქტიური ნივთიერებების დაგროვება.

ხელების დაბანა და გასუფთავება უნდა ხდებოდეს ყოველი მანიპულაციის შემდეგ, რომელიც რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენებასთან არის დაკავშირებული. ასევე აუცილებელია ხელების დაბანა რადიოლოგიური ლაბორატორიიდან გამოსვლისას, საუზმის მიღებისა და თამბაქოს მოწევის წინ, მუშაობის დამთავრების შემდეგ და სხვ.

სამუშაოს დამთავრების შემდეგ და აგრეთვე საუზმის მიღებისა და თამბაქოს მოწევის წინ ხელების დაბანა ხდება რამდენიმეჯერ თბილი წყლითა და საპნით. ზოგიერთი ავტორის (პ. ენო)

ჩრევით ხელების დაბანის დროს კარგია სიმინდის ფქვილის ან ლერლილის ხმარება.

სამუშაოს დამთავრების შემდეგ საჭიროა ხელების დოზიმეტრიული შემოწმება და აქტივობის აღმოჩენის შემთხვევაში მათი შესაფერისი დამუშავება (იხ. ქვემოთ). რადიოაქტიური ნივთიერებებით ხელებისა და საერთოდ კანის დაბინძურების დროს მოწოდებულია კანის გასუფთავების მრავალი მეთოდი.

როდესაც რადიოაქტიური იზოტოპები კანზე დიდი რაოდენობით გროვდება, მათი პირველი ფენის მოცილება დაბანისა და საერთოდ შხაპის მიღების შემდეგ შედარებით ადვილადაა მოსახერხებელი.

რადიოაქტიური იზოტოპით (გოგირდი, ფოსფორი) ხელების დაბინძურების შემთხვევაში ეფექტურ „დეზაქტივაციურ“\* საშუალებას წარმოადგენს სსრკ კიმიური მრეწველობის სამინისტროს მიერ დამზადებული საპონი „ოპ-10“.

როდესაც რადიოაქტიური იზოტოპები კანში საკმაოდ ღრმადაა ჩამჯდარი, საჭიროა კანის მრავალჯერადი დაბანა თბილი წყლითა და ჯაგრისით. ამ დროს ზოგიერთი ავტორის მიერ კანის დასამუშავებლად მოწოდებულია ტიტანიუმის ორჟანგისა და მარილმჟავას ვანსახლვრული კონცენტრაციების სუსპენზიების ხმარება. ამავე მიზნით იხმარება, აგრეთვე, სილიციუმის ტეტრაქლორიტი, რომელიც კანზე დასხმის დროს იშლება სილიციუმისა და მარილის მჟავებად; წარმოქმნილი ხსნარების კანიდან მოცილება შემდეგში დაბანით ადვილად მოსახერხებელია.

კანის გასუფთავების მიზნით ზოგიერთი ავტორის მიერ კარგი „დეზაქტივაციის“ ეფექტით ნახმარია მანგანუმჟავა კალიუმის მადლარი ხსნარი. კანზე წასმის შემდეგ მის მობანას აწარმოებენ 5% ნატრიუმის ბისულფატის ხსნარით. ლორწოვანი გარსის გასუფთავებისათვის კარგ საშუალებას წარმოადგენს სოდის იზოტონური ხსნარი.

რადიოაქტიური ნივთიერებებისაგან ხელებისა და საერთოდ კანის გასუფთავებისათვის მხალდება სპეციალური პასტა, რომელ-

\* ასეთ შემთხვევებში სიტყვა „დეზაქტივაცია“ უნდა გავიგოთ იმ აზრით, რომ ამგვარი „დეზაქტივაციური“ საშუალებების ხმარებით რადიოაქტიური იზოტოპები კი არ კარგავენ თავიანთ რადიოაქტივობას, ანუ მათ ატომკოლომში მიმდინარე ბირთვული გარდაქმნების თვისებას, არამედ ამგვარი საშუალებების დახმარებით ხდება მათი გახსნა-განხვევა, რის გამოც მათი მობანა ადვილად მოსახერხებელია.

შიაც შედის ტიტანიუმის ორჟანგი. კანის გასასუფთავებლად რეკომენდებულია, აგრეთვე, განსაზღვრული კონცენტრაციების ლიმონის, ძმრისა და მარილის მჟავები. კონკრეტულ შემთხვევებში, როდესაც წინასწარ არის ცნობილი რადიოაქტიური იზოტოპის სახეობა, ხმარობენ ისეთი სტაბილური, ანუ არააქტიური ნივთიერებების ხსნარებს, რომლებშიც განსაკუთრებით კარგად იხსნება აღნიშნული იზოტოპები ხლო ასეთ გამხსნელებში ჩაქერილი რადიოაქტიური იზოტოპები ხსნართან ერთად ადვილად მოიბანება ან ზოგ შემთხვევაში მშრალად მოიწმინდება. შემდეგში კი ხდება კანის აღნიშნული არის მრავალჯერადი მობანა.

რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის დამთავრების შემდეგ ხელების დაბანა ხდება შემდეგი წესით: პირველად ხელებს იბანენ რამდენჯერმე ხელთათმანების გაუხდელად. თუ ამგვარი დაბანის შემდეგ ხელთათმანებზე რადიოაქტიური იზოტოპების არსებობა აღარ აღინიშნა (დოზიმეტრია), ხელთათმანებს იხდიან და მათში ჰაერის შეკუმშვის საშუალებით ისევ კარგ პირზე გადააბრუნებენ ისე, რომ მათი შიგნითა პირი რადიოაქტიური იზოტოპებით არ გაბინძურდეს. ხელთათმანებში ჰაერის პირით ჩაბერვა კატეგორიულად აკრძალულია. შემდეგში ხელთათმანები ფრთხილად უნდა დაიკიდოს გასაშრობად ისე, რომ არ მოხდეს მათი დაზიანება. წინააღმდეგ შემთხვევაში შემდეგი მუშაობის დროს შესაძლოა მათში რადიოაქტიური იზოტოპების მოულოდნელი შექრა. თუ ხელთათმანებზე რადიოაქტიური იზოტოპები იმყოფება, საჭიროა ეს ხელთათმანები დავამუშაოთ ან უკიდურეს შემთხვევაში აღარ ვიხმაროთ.

ხელებისა და ხელთათმანების დასამუშაველად ამზადებენ შემდეგი ხსნარებისა და ნივთიერებების კომპლექტს:

1. კალიუმის პერმანგანატის მაძლარი ხსნარი—1ლიტრი;
2. გოგირდმჟავა ნატრიუმის (ახლად მომზადებულ) 5%-იანი ხსნარი—1 ლიტრი;
3. ლანოლინი—1 ტუბა;
4. ჩვეულებრივი საპონი, კონკრეტულ შემთხვევებში „ოპ—10“;
5. ხელის გასახეხი ჯაგრისები და სხვ.

ისეთ კონკრეტულ შემთხვევებში, როდესაც წინასწარ არის ცნობილი რადიოაქტიური იზოტოპების სახეობა და მათი მატარებელი ქიმიური შენაერთები, მიმართავენ ხელებისა და საერთოდ კანის დამუშავების შემდეგ წესებს, რომლებსაც ქვემოთ განვიხილავთ:



აქტიური ნივთიერებანი	ხელების დამუშავების მეთოდები
(ორჩანაცვლებული ფოსფორმია ნატრიუმი) $Na_2H_2P_2O_4$	ხელების დაბანა (უსაპნოდ) თბილი წყლით; შემდეგ ხელების დამუშავება $3N H_3PO_4$ და $HNO_3$ თა აბაო რაოდენობის ხსნაობით; საბოლოოდ, ხელების დაბანა (უსაპნოდ) თბილი წყლით.
(ნატრიუმის სულფატი) $Na_2S^{20}O_4$	ხელების დაბანა თბილი წყლითა და საპნით; შემდეგ ხელების დამუშავება თანმიმდევრულად $KMnO_4$ -ის 1% ხსნარითა და $Na_2SO_4$ -ის 1% ხსნარით; საბოლოოდ, ხელების დაბანა თბილი წყლით.
(კალციუმის ქლორიდი) $Ca^{44}Cl_2$	ხელების დაბანა უსაპნოდ თბილი წყლით; შემდეგ ხელების დამუშავება $HCl$ -ის 1%, ხსნარით; საბოლოოდ, ხელების დაბანა თბილი წყლითა და საპნით.
(რკინის ენგი) $Fe^{50}O_2$	ხელების დაბანა უსაპნოდ თბილი წყლით; შემდეგ ხელების დამუშავება $HCl$ -ის 1% ხსნარით; საბოლოოდ ხელების დაბანა თბილი წყლით და საპნით.
(კობალტის ნიტრატი) $Co^{60}(NO_3)_2$	ხელების დაბანა უსაპნოდ თბილი წყლით; შემდეგ ხელების დამუშავება $HNO_3$ -ის 1%—ხსნარით; საბოლოოდ ხელების დაბანა თბილი წყლით და საპნით.
(ნატრიუმის ფტორიდი) $Na^{21}F$	ხელების დაბანა უსაპნოდ თბილი წყლით; შემდეგ ხელების დამუშავება $KMnO_4$ -ის 1%—ხსნარით; საბოლოოდ, ხელების დაბანა თბილი წყლით და საპნით.

სამუშაო სპექტრისამოსი, ხალათები, ქუდები და სხვა უნდა იკერებოდეს უნაოქოდ, ზედმეტი ჯიბეებისა და ლილების გარეშე. მატერია, რომლისაგანაც იკრება აღნიშნული ნივთები, სასურველია იყოს ღია ფერის, მაგალითად, თეთრი ფერის. ამ მიზნით გამოიყენება სატინი, მოლესკინი და სხვ. ხალათებს უნდა ჰქონდეს მაღალი საყელო და უკან იკვრებოდეს თასმების საშუალებით.

სასურველია ფეხსაცმელებიც იყოს ღია (თეთრი) ფერისა და დამზადებული იყოს შედარებით ადვილად დასამუშავებელი, ნაკლები ფორიანობის მქონე მასალისაგან (კაუჩუკი, რეზინი და სხვ.), რადგან რადიოაქტიური იზოტოპებით დაბინძურების შემთხვევებში ტყავის ფეხსაცმელების სანიტარული დამუშავება თითქმის შეუძლებელია.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მუშაობა წარმოებს შედარებით მაღალი აქტივობის მქონე რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე ან სამუშაო პროცესი შედარებით მეტ სიფრთხილეს მოითხოვს, საჭიროა გარეთ სახმარი ტანისამოსის მთლიანად გამოცვლა და სპეციალური სამუშაო ტანისამოსის ხმარება. ამასთანავე ყველა მუშაკი მომარაგებული უნდა იყოს ქლორვინელისაგან დამზადებული

სურ. 12



სურ. 12

ან სპეციალური ტყვიის ნარევი რეზინით გაჟღენთილი წინსაფრებით, სამაჯურებით, ინდივიდუალური დოზიმეტრებით, სპეციალური აირწინაღებით (აირისებურ ან ადვილად ქროლად რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის დროს), საჭიროების მიხედვით განსაზღვრული სისქისა და შემადგენლობის ხელთათმანე-

ბითა და სხვა (იხ. სურ. 12,13). ყოველ შემთხვევაში მცირე აქტივობის ნივთიერებებზე მუშაობისას და ნაკლები საფრთხის შემთხვევაშიც კატეგორიულად უნდა აიკრძალოს რადიოლოგიურ ლაბორატორიაში შესვლა უხალათოდ, ე. მიოლოდ გარეთ სახმარი ტანისამოსით.

სპეციალური ტანისამოსის, ხალათებისა და სხვა ნივთების გარეცხვა და შესაფერისი სანიტარული დამუშავება უნდა ხდებოდეს 10 დღეში ერთჯერ მაინც. აკრძალულია სპეცტანისამოსების, პირსახოლების, ქუდების და სხვა ნივთების გარეცხვა. ამ მიზ-

---

სურ. 13

ნით ეწყობა სპეციალური სამრეცხაო, რომელიც ყოველთვის იმყოფება სანიტარულ-ჰიგიენური ზედანხედველობის ქვეშ.

რადიოაქტიური ნივთიერებებით სპეცტანისამოსის გაბინძურების შემთხვევაში საჭიროა მისი სწრაფი გამოცვლა და სათანადო დამუშავება.

მუშაობის დამთავრების შენდეგ გამოცვლილი სპეცტანისამოსის და სხვა სამუშაო ნივთების შესანახად ეწყობა ცალკე კარადა. სპეცტანისამოსი, ხალათები, ქუდები, პირსახოცები და სხვა პირადი ნივთები იმყოფება სისტემატური დოზიმეტრიული კონტროლის ქვეშ.

პირადი ნივთების, მათ შორის წიგნების შესანახადაც კი სა-  
პირაო რადიოლოგიური ლაბორატორიისაგან გამოყოფილი იქნეს  
ცალკე სათავსო სპეციალური კარადებით.

საუზმის მისაღებად და თანბაქოს მოსაწვეად სამუშაო ლა-  
ბორატორიის გარეთ ეწყობა ცალკე შენობა ან კუთხე სელსაბანი-  
თა და სხვა საპირო მოწყობილობით. თვით სამუშაო ოთახებში  
საუზმის მიღება და თანბაქოს მოწვევა კატეგორიულად იკრძალება.

სისტემატურად, არა ნაკლებ ათ დღეში ერთჯერ, უნდა  
ხდებოდეს თითოეული მუშაკის მიერ მიღებული მაიონიზირებელი

#### სურ. 14

გამოსხივების დოზის შემოწმება. ამ მიზნით უფრო ხშირად მი-  
მართავენ ფოტომეტრიულ მეთოდს. ასევე უნდა ტარდებოდეს  
ყოველი მუშაკის ინდივიდუალური დოზიმეტრიის მონაცემთა ზუს-  
ტი აღრიცხვა. ყოველი მუშაკისათვის დაახლოებით უნდა იყოს და-  
დგენილი მის მიერ მიღებული მაიონიზირებელი გამოსხივების  
ყოველდღიური ან, უკიდურეს შემთხვევაში, ერთკვირეული დოზა.  
აღნიშნული გამომანგარიშება უნდა ტარდებოდეს როგორც მთლიან-  
ნად სხეულისათვის, ასევე ცალკე ხელებისათვის (სურ. 14).

ინდივიდუალური დოზირებისა, მისი შეფასებისა და საექიმო  
შემოწმების მონაცემთა აღრიცხვისათვის ზოგიერთ საწარმოში,  
სადაც მუშებს საქმე აქვთ რადიოაქტიური ნივთიერების გამოყე-  
ნებასთან, შეძობებულია სპეციალური ეურნალი.

# ინდივიდუალური დოზიმეტრიის უზრუნველყოფის რეგულაციები

## წარმოების დასახელება

პომუშავის გვარი, სახელი და მამის სახელი

სპეციალობა .

რადიოაქტიურ ნივთიერებაზე მუშაობის სტაჟი

ულოვანება

აქტის

საერთო სამუშაო სტაჟი . . . . .

რიცხვი	ყოველი 10 დღის განმავლობაში მიღებული რადიაცია	იმ პასუხისმგებელი პირის ტელემონიტორინგის დოზიმეტრიის აწარმოვა	საექიმო შემოწმებები და ხელმძღვანელი პირის დასკვნა მიღებული დოზის შესახებ
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. მთელი ორგანიზმისათვის</li> <li>2. ხელებისათვის</li> </ol>		

რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე დამწყებ მომუშავეთათვის, ვიდრე ისინი კარგად შეისწავლიდნენ სანიტარულ-ტექნიკურ და სანიტარულ-ჰიგიენურ წესებს, სასურველია, შეირჩეს ისეთი ხასიათის სამუშაო, რომელიც დაკავშირებული იქნება ნაკლები აქტივობის მქონე რადიოაქტიურ ნივთიერებათა გამოყენებასთან და შედარებით ნაკლებ საშიში იქნება.

### რადიოლოგიური ლაბორატორიის მოწყობა და რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის უსაფრთხოება

რადიოლოგიური ლაბორატორიები და საერთოდ ის შენობები, სადაც რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე წარმოებს მუშაობა (მაგალითად სპეციალური სამუშაო და ლაბორატორიები მრეწველობასა და საწარმოებში), სასურველია წინასწარ გათვალისწინებული გეგმის მიხედვით იყოს აშენებული და მოწყობილი.

რადიოლოგიური ლაბორატორიების მოწყობისას გათვალისწინებულია სხვადასხვა დანიშნულების რამდენიმე ოთახი:

1. ოთახი, სადაც მომუშავე პერსონალის პირადი ნივთები ინახება; აქვეა ბიბლიოთეკა. აღნიშნულ ოთახში წარმოებს ისეთი სახის მუშაობა, რომელიც უშუალოდ რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან არ არის დაკავშირებული. აქვე შეიძლება მოეწყოს კუთხე საუზმისათვის ხელსაბანითა და სხვა საჭიროების ნივთებით;
2. საშხაპე და პირადი ჰიგიენის ოთახი;
3. სპეციალური საწყობი, სადაც რადიოაქტიური ნივთიერებანი ინახება. ამგვარი ოთახი შესაძლოა სარდაფში მოეწყოს.

დანიშნულების მიხედვით გათვალისწინებული უნდა იქნეს მისოქერისა და კედლების სისქე, რომლებიც ბეტონისა და მკვრივო აგურისაგან აიგება. მისი ფანჯრები და კარები საიმედოდ უნდა იქედებოდეს და მთლიანად უნდა იყოს დაფარული ტყვიის ფურცლებით. ამგვარი საწყობი კარგად იზოლირებული და დაცული უნდა იყოს.

საწყობის ირგვლივ, სადაც რადიოაქტიური ნივთიერებანი ინახება და აგრეთვე რადიოაქტიური ნივთიერებების გადატანის დროს, რაც სპეციალური დანიშნულების კონტეინერებით წარმოებს, ახლო მანძილზე რადიოაქტიური გამოსხივების დოზა 0,012 რენტგენ/საათს არ უნდა აღემატებოდეს.

4. ვივარიუმი ექსპერიმენტული ცხოველებისათვის ეწყობა სათანადო სანიტარულ-ტექნიკური მონაცემების გათვალისწინებით. ამ დროს განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ცხოველთა გამონაყოფის ზედმიწევნით სუფთად ჩარეცხვას. იმ შემთხვევაში, თუ მათ გამონაყოფს მნიშვნელოვანი აქტიურობა ექნება, საჭიროა მისი ეზრალი ზომიერი გაუვნებლობა და შემდეგ ჩარეცხვა. ვივარიუმი მოწყობილი უნდა იყოს ნათელ ოთახში სადა ზედაპირის მქონე იატაკით, კედლებითა და ჭერიტ. იატაკი იფარება მეტლახის ფილაქნით, ყოველგვარი ჩანაქდევების გარეშე. იატაკი დამრეცად უნდა იყოს მოწყობილი, რათა ცხოველთა გალიებისა და საერთოდ ვივარიუმის დასუფთავება-ჩარეცხვის დროს წყლისა და ნარეცხის დაგროვება არ მოხდეს. იატაკის ყველაზე დაბალ ადგილზე კანალიზაციის გამწოვი მილია მოწყობილი. ვივარიუმში საჭიროა მომსახურე პერსონალისათვის მოეწყოს პირადი ჰიგიენის კუთხე: ხელსაბანი, თარო სადღეაქტივაციო ხსნარებისათვის, ონკანები ცხელი და ცივი წყლიტ და სხვ.

5. რადიოლოგიური ლაბორატორიის სამუშაო ოთახი ეწყობა ცალკე. ამ ოთახში წარმოებს ყოველგვარი მუშაობა, რომელიც დაკავშირებულია რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენებასთან. ამ ოთახის იატაკი იფარება სწორი და ზედმიწევნით სადა ზედაპირის მასალიტ. როგორცაა ლინოლეუმში, მეტლახის ფილაქანი და სხვ. ფილაქნებს შუა ნაკერები მკიდროდ და ზედმიწევნით სადად უნდა იყოს დაცემენტებული ან შედუღებული. ლინოლეუმში მთლიანი უნდა იყოს. კედლები აუცილებლად (2 მეტრის სიმაღლეზე) უნდა დაიფაროს ნიტრო ან ზეთის ემალირებული საღებავებით. შედარებით მაღალი აქტიობის პირობებში მუშაობისას საჭიროა კედლები და ჭერი, აგრეთვე კარ-ფანჯარა მთლიანად დაიფაროს აღნიშნული ემალირებული საღებავებით.

იატაკი, ქერი და კედლები მთლიანად გლუვი ზედაპირის უნდა იყოს, ფოროვანობისა და ჩანაქდევების გარეშე. მათი ურთიერთში გადასვლა ოვალური ფორმით უნდა ხდებოდეს, რათა აცილებული იქნას მათ კუთხეებში რადიოაქტიური ნივთიერებების ჩალაგება და დასუფთავებაც ადვილად მოსახერხებელი იყოს. ელექტროგაყვანილობა, წყალსადენები, ცენტრალური გათბობის გაყვანილობა, რადიატორები და სხვა კედლების სიღრმეში უნდა იყოს მოწყობილი. შენობის გათბობის მიზნით გამოიყენება შემწოვი და გამწოვი ვენტილაციური მოწყობილობა, რომელსაც წინასწარ გამთბარი ჰაერი შემოაქვს ოთახში. ლაბორატორიის მოწყობილობა (კარადები, მაგიდები, მერხები, გამწოვი კარადები, ექსპერიმენტული ცხოველების სადგომები და სხვა) იფარება ემალირებული ზეთისა და ნიტროსალებავებით. მაგიდების და გამწოვი კარადების სამუშაო ზედაპირი იფარება ზედმიწევნით გლუვი ზედაპირის ნივთიერებებით (უქანგავი ფოლადი, მინა — „სტალინიტი“ ლინოლეუმი, პლექსიგლასი, ზეტინაქსი, პლასტმასები და სხვ.).

მაგიდები, მერხები, გამწოვი კარადები და სხვა სასურველია მოეწყოს გრძელ ფეხებზე, რათა მათ ქვემოთ დასუფთავება გაადვილდეს.

გამწოვი კარადის ჰაერის გამტარუნარიანობა უნდა უდრიდეს  $1-1,5$  მ<sup>3</sup>/სეკუნდში.

ამასთანავე თვით ლაბორატორიის ოთახს უნდა ჰქონდეს რამდენიმე გამწოვი ვენტილაციის მოწყობილობა. დასახლებული პუნქტების მახლობლად არსებულ შედარებით მაღალ აქტივობაზე მომუშავე ლაბორატორიებში და, განსაკუთრებით, გამწოვი კარადების გარეთ გამოსავალი სავენტილაციო მოწყობილობის მიღებს უნდა გაუკეთდეს შესაფერისი მშთანთქმელი ფილტრები.

ონკანები მოწყობილი უნდა იყოს ისე, რომ მათი გახსნა და დაკეტვა მექანიკურად წარმოებდეს. ამ მიზნით იხმარება ფეხისათვის ან წინამხრისათვის გათვალისწინებული ისეთი ბერკეტები, როგორც ქირურგიულ პრაქტიკაში იხმარება ხელების დაბანის დროს.

აქტიობის აღსარიცხავად ცალკე ოთახი უნდა გამოიყოს, რომელშიც მთვლელი ხელსაწყოები და დანადგარები იქნება მოწყობილი. ცალკე ოთახის გამოყოფა საჭიროა იზისათვის, რომ ამ დანადგარებისა და ხელსაწყოების რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაბინძურება არ მოხდეს და ისინი რაც შეიძლება იზოლირებულ იყვნენ გარედან მომქმედი მაიონიზირებელი გამოსხივებისაგან.

საქიროების მიხედვით ცალკე ეწყობა აგრეთვე ფორტოლაბორატორიაც, რომელიც როგორც ცნობილია, განსაკუთრებულ პირობებს მოითხოვს.

იმის მიხედვით, თუ რა აქტივობაზე და რადიოაქტიურ ნივთიერებათა კონცენტრაციაზე წარმოებს მუშაობა, ამგვარ ლაბორატორიებს ყოფენ დაახლოებით სამ ჯგუფად:

1) ლაბორატორიები, სადაც რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობა მიკროკიურის ფარგლებში წარმოებს;

2) ლაბორატორიები, სადაც მუშაობა მილიკიურის ფარგლებში მიმდინარეობს და

3) ლაბორატორიები, სადაც მუშაობა კიური აქტივობის ფარგლებში წარმოებს. ლაბორატორიების მოწყობა და აგრეთვე მათი მომსახურე პერსონალის დაკომპლექტებაც ძირითადად აღნიშნული კატეგორიების მიხედვით წარმოებს.

რაც შეეხება მრეწველობასა და წარმოებაში არსებულ ცეხებსა და ლაბორატორიებს, სადაც შემღწევე მაიონიზირებელი გამოსხივების პირობებში ხდება მუშაობა, გათვალისწინებული უნდა იყოს როგორც პირადი პროფილაქტიკის, ასევე ზოგადი დაცვის სანიტარულ-ტექნიკური და სანიტარულ-ჰიგიენური მონაცენები. აღნიშნულის მიხედვით აუცილებელია სპეციალური შენობების აგება წარმოების ხასიათისა და მეთოდების გათვალისწინებით.

წარმოების პროცესი მაქსიმალურად უნდა იყოს მექანიზებული იმ მიზნით, რომ რაც შეიძლება სწრაფად მიმდინარეობდეს მუშაობის ყოველი ციკლი. ამგვარი მეთოდების დახმარებით მინიმუმამდე შემცირდება მომსახურე პერსონალის რადიოაქტიურ გამოსხივებასთან ახლოს ყოფნა. მექანიზირებული და სპეციალური შენობების პროექტები მოწოდებული აქვს საბჭოთა ინჟინრებს და მეცნიერებს. ამ პროექტში გათვალისწინებულია წარმოების მასშტაბები და მეთოდები.

როდესაც რადიოაქტიური ნივთიერებების რაოდენობა მეტია რადიუმის 0,1 მილიგრამექვივალენტზე (გამაგამოსხივებისათვის და მილიკიურიზე მეტი ბეტაგამოსხივებისათვის), ლაბორატორიებში უნდა აიკრძალოს ისეთი სახის მუშაობის ჩატარება, რომელიც უშუალოდ რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან არ არის დაკავშირებული. მუშაობა, რომელიც დაკავშირებულია რადიუმის 0,1 მილიგრამექვივალენტზე ნაკლები გამაგამომსხივებელ და 1 მილიკიური აქტივობის ბეტაგამომსხივებელ იზოტოპებთან, შესაძლებელია ჩატარდეს საერთო შენობაში, მხოლოდ ამ დროს საჭიროა ერთგვარი იზოლაცია. მუშაობა უნდა ტარდებოდეს გან-



ცალკეებულ მაგიდებზე და ამასთანავე მკაცრი სიზუსტით უნდა იყოს დაცული ყველა ის სანიტარული წესი, რომლებიც რადიო-აქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობისათვის არის მოწოდებული.

როდესაც მუშაობა ტარდება ისეთ გამაგამომსხივებელ რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე, რომელთა აქტივობა რადიუმის 0,05 მილიგრამექვივალენტზე მეტია, საჭიროა გამაგამოსხივების ენერჯის შესაფერისი ტყვიის ან სხვა სახის ეკრანების მოწყობა. (იხ. სურ. 15 რადიომანიპულაციის მაგიდა).

რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის დროს ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში საჭიროა მაიონიზირებელი გამოსხივების სახეობათა ზუსტი ცოდნა.

ა და ბ გამომსხივებლებზე მუშაობის დროს საკმარისია რეზინის თხელი ხელთათმანების ხმარება. ხმარების შემდეგ ისინი სათანადოდ უნდა შემოწმდეს და დაშუშავდეს.

რადიოაქტიური იზოტოპების შემცველ კონცენტრირებულ ხსნარებსა და ფხვნილებზე მუშაობის დროს (რომლებსაც მაღალი ენერჯის ბე ჯაგამოსხივება აქვთ) საჭიროა გადასატანი ეკრანების ხმარება ან სპეციალური გამწოვი კარადების მოწყობა სპეციალური სამხრეებიოა და ხელთათმანებით. აღნიშნული ეკრანები და კარადები მზადდება დაახლოებით 4 მმ სისქის ტყვიანარევი მინის, პლექსიგლასის, ალუმინიუმის, უქანგავი ფოლადის და სხვა ნივთიერებებისაგან.

რადიოაქტიური ნივთიერებანი ინახება სპეციალურ ჯქურქელში, რომელიც შემდეგ სათანადო სისქისა და ნივთიერებისაგან დამზადებულ კონტეინერებში ინახება.

სხვადასხვა სახის დამქერები, პინცეტები და სხვადასხვა დანიშნულების ე. წ. მანიპულატორები მზადდება უქანგავი ფოლადისაგან და საჭიროების მიხედვით რაც შეიძლება გრძელი ტარებით.

პიპეტების ტუჩებით შეხება სასტიკად აკრძალულია. რადიო-აქტიური ხსნარების შეწოვა რეზინის ბალონების, შპრიცების ან სხვა სახის შესაფერი მოწყობილობისა და სპეციალური პიპეტების საშუალებით წარმოებს. ამგვარი პიპეტების ხმარება რაც შეიძლება დიდი სიფრთხილით უნდა წარმოებდეს, რათა მექანიკური ჩაბერვის შედეგად ხსნად რადიოაქტიურ ნივთიერებათა ხსნარების ირგვლივ მოშხეფება და მოფანტვა არ მოხდეს.

იმ შემთხვევაში, თუ რადიოაქტიური ნივთიერების შემცველი ხსნარი დაიღვარა, საჭიროა აღნიშნული ადგილის დოზიმეტრიული შემოწმება და თუ რადიოაქტიური გამოსხივების დოზა

12,5 მილირენტგენს მიაღწევს, საჭიროა ამ ადგილის იზოლირება, შემდგომი დეზაქტივაცია და ადგილის გასუფთავება.

რადიოაქტიური ნივთიერებების პირდაპირ საკანალიზაციო სისტემაში ჩასხმა აკრძალულია. საჭიროა მათი დაგროვება შესაფერის კურკელში. იმ შემთხვევაში, თუ მათი აქტივობა  $1 \cdot 10^{-7}$  — კიურის ერთ ლიტრზე ან 3700 იმპ/სეკ. არ გადააჭარბებს, შეიძლება მათი კანალიზაციაში ჩასხმა, ხოლო თუ მათი აქტივობა აღნიშნულზე მაღალი იქნება, საჭიროა მათი წინასწარი განზავება.

ასევე საჭიროა რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაბინძურებული მყაოი ნივთიერებების სპეციალურ კონტეინერებში მოგროვება და დოზიმეტრიული შემოწმების შედეგად მიღებული მონაცემების მიხედვით ან მიწაში ჩამარხვა (არანაკლებ 1,5 მეტრისა), ან წყალში გახსნა და სათანადო აქტივობით კანალიზაციის სისტემაში ჩასხმა. თუ რადიოაქტიური ნივთიერებების ნახევრადდაშლის პერიოდი ხანმოკლეა, ისინი უნდა დაეტოვოს კონტეინერში ან სპეციალურად განკუთვნილ ადგილებში. განსაზღვრული დროის გავლის შემდეგ, როდესაც მათი ინაქტივაცია მოხდება, შესაძლებელი იქნება მათი მიწაში ჩამარხვა. საერთოდ ამგვარი გაბინძურებული ნივთიერებების მიწაში ჩამარხვა უნდა ხდებოდეს ლაბორატორიის მახლობლად სპეციალურად გამოყოფილ ადგილებში, რათა მოსახლეობისაგან დაცული იყოს. მათი საერთო სანაგვეში ჩაყრა სასტიკად აკრძალულია.

რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაბინძურებული ნივთების დაწვის დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს ის მოვლენა, რომ რადიოაქტიური ნივთიერებანი შესაძლებელია ჰაერში გავრცელდეს ფერფლის სახით ან გაზოვან მდგომარეობაში. ასეთი შემთხვევისათვის საჭიროა სპეციალური ღუმელების და ფილტრების მოწყობა.

რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაბინძურებულ ნივთიერებათა მიწაში ჩამარხვის დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ შესაძლოა მიწისქვეშა წყლებიც გაბინძურდეს, რომლებიც შესაძლოა სადმე მიწის ზედაპირზე ამოვიდეს. ხოლო თუ მათში დიდი რაოდენობითაა ისეთი რადიოაქტიური ნივთიერებანი, როგორცაა მაგალითად  $C^{14}$ , ამას მცენარეებისა და ცხოველებისათვის დიდი ზიანის ნოტანა შეუძლია. ყოველივე ეს გათვალისწინებული უნდა იყოს მათი დაწვისა და მიწაში ჩასამარხი ადგილის შერჩევის დროს.

მუშაობის დამთავრების შემდეგ საჭიროა ლაბორატორიული მოწყობილობის გასუფთავება და ნახმარი კურკლის სათანადო

დამუშავება. რადიოაქტიური ნივთიერებებით დაბინძურებული ლაბორატორიული ქურქელისა და ნივთების დასამუშავებლად მოწოდებულია მრავალი მეთოდი. ქვემოთ განვიხილავთ ზოგიერთ მათგანს.

როცა გაბინძურებულია იატაკის ან მაგიდის ზედაპირი, საჭიროა შემდეგი ღონისძიებების ჩატარება: 1) წინასწარ უნდა დაიფინოს ფილტრის ქალაღი იმ ადგილებში, სადაც ხსნარის დაღვრა უფრო მეტადაა მოსალოდნელი ან საჭიროა დაღვრილი სითხის ირგვლივ დაიფინოს ფილტრის ქალაღი, რათა სითხის გაშლა ზედმეტ ფართობზე არ მოხდეს; 2) საჭიროა სასწრაფოდ გაიზომოს რადიოაქტიობა. მომსახურე პერსონალს საჭიროების მიხედვით სასწრაფოდ უნდა გამოეცვალოს სპეცტანისამოსი, ხალათები, ფეხსაცმელები, ხელთათმანები, ნიღაბი და სხვ. აგრეთვე საჭიროებისდა მიხედვით მოხდება მათი კანის გასუფთავება და დამუშავება.

3) დაღვრილი სითხე სპეციალური ავტოპიპეტების ან ფილტრის ქალაღის საშუალებით მოგროვდეს და შესაფერისად გაუფნებელდეს. ამასთანავე დაღვრილი სითხე სწრაფად რომ არ გაშრეს, საჭიროა მას ფრთხილად დაემატოს წყალი ან სათანადო არააქტიური სითხე. ამ მეთოდით რადიოაქტიური სითხე მოსცილდება გაბინძურებულ ზედაპირს. ამგვარი მეთოდი განმეორდება მანამდე, ვიდრე აქტივობა შესაძლო მინიმუმამდე არ დავა.

4) აღნიშნულის შემდეგ რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაბინძურებული ადგილები დამუშავდება სპეციალური ხსნარებით, რომლებიც სველ არეზე რამდენიმე წუთის განმავლობაში რჩება, შემდეგ იგივე მეთოდით მოშორდება, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული (ავტოპიპეტებითა და ფილტრის ქალაღით). საბოლოოდ, აღნიშნული არე კარგად მოირეცხება რამდენიმეჯერ.

რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაბინძურებულ ლაბორატორიულ ქურქელსა და ზოგიერთ ნივთს ათავსებენ დიდ ჯამში, რომელშიაც ჩასხმულია 3% იანი მარილის მჟავას და 10%-იანი ლიმონის მჟავას ხსნარები; ამგვარად სტოვებენ ერთი საათის განმავლობაში; შემდეგ ქურქელი და ნივთები გადააქვთ აბაზანაში, წყალში ავლებენ და ისევ ჯამში აწყობენ, რომელშიც ქრომის ხსნარი იმყოფება (ორქრომმჟავა კალიუმის მაძლარი ხსნარი კონცენტრირებულ გოგირდის მჟავაში). აქ აჩერებენ 15 წუთი და შემდეგ ისევ წყალში ავლებენ, რის შემდეგ მათ ამოწმებენ და „სისუფთავის“ შემთხვევაში ამშრალბენ, ხოლო თუ დამუშავება არასაკმარისია, აღნიშნულ პროცესს იმეორებენ.

უქანგავი ფოლადისაგან დამზადებული ნივთების დამუშავება ხდება შემდეგნაირად: მათ ათავსებენ 10% ლიმონის მჟავას ხსნარში და სტოვებენ 1 საათის განმავლობაში; შემდეგ გადააქვთ აბაზანაში, წყალში ავლებენ და ისევ ათავსებენ ჯამში, რომელშიაც 8% აზოტის მჟავას ხსნარია ჩასხმული და სტოვებენ 2 საათის განმავლობაში, რის შემდეგაც ისევ წყალში ავლებენ.

ფოროვანი ნივთიერებანი (ფიცარი, ბეტონი და სხვა) რამდენიმეჯერ ირეცხება 3%-იან მარილის მჟავას ხსნარში და შემდეგ 10% ლიმონის მჟავას ხსნარში. თუ აღნიშნული მეთოდი სასურველ შედეგს არ გამოიღებს, ამგვარი ნივთი აღარ უნდა ვიხმართ და ისე უნდა გავაუვნებლოთ, როგორც რადიოაქტიური ნივთიერებებით დაბინძურებული მყარი ნივთიერებანი (დაწვა და მიწაში ჩაძარხვა).

ნახმარი ლაბორატორიული ქურკლეულობის, ნივთების და სხვათა დამუშავება, რომლებიც მინის, ფაიფურის, უქანგავი ფოლადის, ბეტონის, ფიცრის და სხვა სახის მასალისაგან არის დამუშავებული, ხდება ხსნარების შემდეგი კომპლექტებით:

1) ლიმონის მჟავას 10%-იანი ხსნარი—2 ლიტრი (ფიცარი, ბეტონი, სხვა ფოროვანი ნივთიერებანი, უქანგავი ფოლადი), 2) მარილის მჟავას 30%-იანი ხსნარი—1 ლიტრი (ფიცარი, ბეტონი და სხვა ფოროვანი ნივთიერებანი), 3) აზოტის მჟავას 8%-იანი ხსნარი—1 ლიტრი (მინა, ფაიფური, უქანგავი ფოლადი), 4) ქრომოვანი შენაერთი ორქრომმჟავა კალიუმის მძლარი ხსნარი კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში—1 ლიტრი (მინა და ფაიფური).

რადიოაქტიური ნივთიერებებით იატაკის, მაგიდის ან სხვა საგნების ზედაპირის დეზაქტივაციის მიზნით ზოგიერთ კონკრეტულ შემთხვევაში იხმარება; მაგალითად,  $J^{131}$ -ით გაბინძურების დროს  $HJ$ -ის 56% ხსნარი;  $P^{32}$ -ით გაბინძურების დროს  $3NH_3-PO_4$  და  $3NHNO_3$ ,  $Ba^{140}$ -ის დროს— $HNO_3$ -ის 6N ხსნარი და ა. შ. თითოეული ოთახისათვის, სადაც რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე წარმოებს მუშაობა, აუცილებელია ცალკე გამოყოფა ცოცხის, ჯაგრისის, ვედროს (სათლის), ჩერების და სხვ., რომელთა გამოყენება სხვა ოთახების დასასუფთავებლად სასტიკად იკრძალება. აღნიშნული ნივთების შესანახად ცალკე საჭიროა გამოყოფა საკმაოდ სუფთა და კარგად დაცული ყუთის ან კარადისა.

## დაცვის ზოგადი და ინდივიდუალური საშუალებანი

საბჭოთა კავშირში ყველა სამუშაო, რომელიც დაკავშირებულია რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოყენებასთან, ტარდება

შტკიცედ დანერგილი სპეციალური პროფილაქტიკური და დაცვის ქმედითი ღონისძიებებით, რის შედეგადაც საბჭოთა კავშირში სერიოზული და მკვეთრად გამოხატული პროფესიული წარმოშობის სხივური დაავადება სრულებით არ გვხვდება.

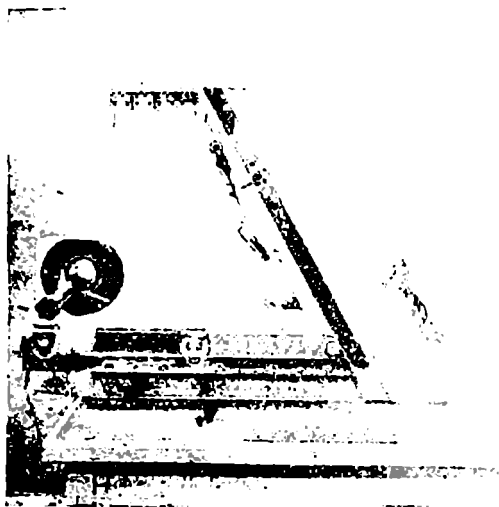
საბჭოთა ადამიანის საყოფაცხოვრებო და შრომის ჰიგიენის პირობები მოწინავე კულტურისა და ტექნიკის მაღალ დონეზეა. ამას განაპირობებს ისეთი ღონისძიებები, როგორცაა რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მომუშავეთა სამუშაო დღის შემცირება, მათთვის შევბულების გახანგრძლივება, დამატებითი ხელფასი, კარგი კვება, სისტემატური საექიმო შემოწმება და დისპანსერიზაცია, დასასვენებელ სახლებში და კურორტებზე მკურნალობა, შრომის რაციონალური რეჟიმი, შრომის პროცესების მაქსიმალური მექანიზაცია, მეცნიერულ-პრაქტიკული, სანიტარულ-ტექნიკური და სანიტარულ-ჰიგიენური ღონისძიებების სისტემატური გაუმჯობესება, დანერგვა და სხვა მრავალი.

პროფათოლოგებისა და საერთოდ მედიცინის მუშაკების წინაშე, რომლებიც რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მომუშავეთა სამედიცინო მომსახურებას ეწევიან, ამ მხრივ საკმაოდ სერიოზული ამოცანაა დაყენებული, რადგან სხივური დაავადების აღრეული გამოცნობა და განსაკუთრებით მისი სუსტად გამოხატული ქრონიკული ფორმის ზუსტად დადგენა, არასპეციალური ხასიათის განო, ზოგჯერ სირთულეს წარმოადგენს. ამგვარი ასთენიური ჩივილები ხშირად ისეთი დაავადების დროს გვხვდება, რომელიც აღნიშნულ პირობებთან სოულებით არ არის დაკავშირებული. საქმეს ართულებს აგრეთვე ინდივიდუალური მონაცემები, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ზოგი ადვილად ეგუება ყოველგვარ პირობებს და საკმაოდ კარგად გრძობს თავს, ზოგი კი იგივე პირობებსა და გარემოში ავადდება. აღნიშნულ საქმეში პროფათოლოგებს დიდ დახმარებას უწევს პერსონალის შემოწმების აღრეული და განმეორებითი ჰემატოლოგიური მონაცემები და აგრეთვე მომუშავეთა დიდი ჯგუფების პერიოდული გასინჯვა. ასეთ შემთხვევებში პროფესიული სხივური დაავადების გამოცნობა შედარებით ადვილია როგორც ლაბორატორიული (ჰემატოლოგიური), ისე კლინიკური მონაცემების მიხედვით. სათანადო რაციონალური პროფილაქტიკური ღონისძიებების დასახვაც ასეთი გამოკვლევების საფუძველზე გაცილებით მიზანშეწონილი და ეფექტურია.

ამგვარი ლაბორატორიული (ჰემატოლოგიური) კლინიკური გამოკვლევების ჩატარება სასურველია ხდებოდეს ერთი და იგივე სამედიცინო პერსონალის მიერ, რათა მუშა პერსონალის შესწავ-

10. რადიოაქტიური იზოტოპები

ლა უფრო დინამიურად წარიმართოს და ერთი და იგივე ლაბორატორიულ-კლინიკური გამოკვლევების მეთოდებით სასურველი სიზუსტე იქნეს მიღწეული. აღნიშნული ჯგუფებისა და მათი შრომის პირობების შესწავლა მიზანშეწონილია ისეთი სამედიცინო დაწესებულებების მიერ ტარდებოდეს, როგორცაა შრომის ჰიგიენისა და პროფესიული დაავადების ინსტიტუტები. რადგან მხოლოდ აღნიშნულ ინსტიტუტებს შეუძლიათ კომპლექსურად და



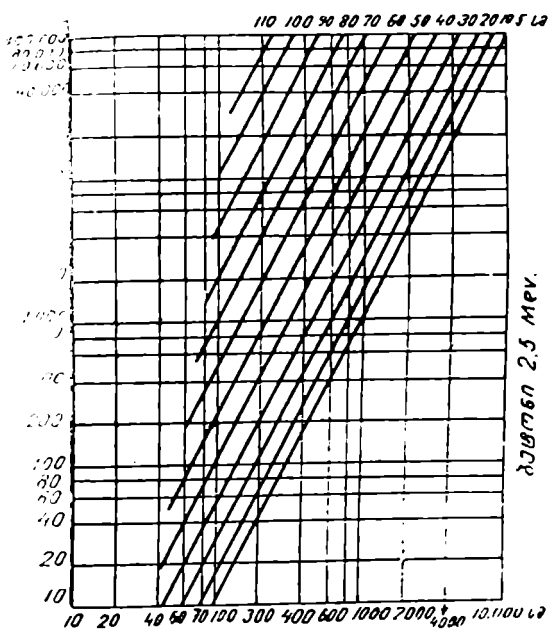
სურ. 15. რადიომანიპულაციური მაგიდა.

სრულყოფილად შეისწავლონ ლაბორატორიულ-კლინიკური, სანიტარულ-ტექნიკური, შრომის ჰიგიენისა, უშიშროების ტექნიკისა და სხვა საკითხები.

თითოეული მუშაკის სამედიცინო შემოწმების დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს მისი ინდივიდუალური მონაცემები როგორც ჯანმრთელობის მხრივ, ასევე შრომის პირობების მხრივ. საკმაოდ ზუსტად უნდა იყოს დადგენილი მის მიერ მიღებული საიონიზაციო გამოსხივების დოზა და პერიოდულობა, რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის სტაჟი და იმ რადიოაქტიური იზოტოპების სახეობანი, რომლებზედაც მათ უხდებოდათ მუშაობა როგორც ახლო, ისე შორეულ წარსულში. რადგან ცნობილია, რომ ზოგიერთი რადიოაქტიური იზოტოპი სხეულში მოხვედრისას

ქმნის დებოს—მულმივ მოქმედ შინაგან მავნე წყაროს. დაცვის მიზნით ამ შემთხვევაში საჭიროა ძირითადი ყურადღება შრომისა და პირადი ჰიგიენის საკითხებს დაეთმოს. გარედან მოქმედი რადიოაქტიური გამოსხივებისაგან დასაცავად მოწოდებულია ისეთი მეთოდები. რომლებიც თითოეული რადიოაქტიური გამოსხივების სახეობას და მათი შელწვევადობის უნარს შეესატყვისება.

ორგანიზმზე გარედან მოქმედი  $\alpha$  და  $\beta$  ნაწილაკებისაგან დაცვა საკმაოდ ადვილია, რაც იმით აიხსნება, რომ მათი ნივთიერებებში შელწვევადობის უნარი შედარებით მცირეა. მაგალითად,  $\alpha$  ნაწილაკებისაგან სხეულის დასაცავად საკმარისია მუყაოს თხელი ეკრანიკი, ხოლო ხელების დასაცავად რეზინის



ნახ. 10. ნომოგრამა 1. ბეტონით დაცვის შეზღუდვისათვის.

თხელი ხელთათმანები. ამ მხრივ  $\beta$  ნაწილაკებისაგან დაცვა შედარებით მეტ სიფრთხილეს მოითხოვს. გარედან მოქმედი  $\beta$ -გამოსხივებისაგან დასაცავად ხმარობენ დაახლოებით 3—4 მილიმეტრის სისქის მინის, პლასტმასის, ქაღეჭისგლასის. ალუმინიუმის და სხვა ნივთიერებებისაგან დამზადებულ ეკრანებს.  $\beta$  გამოსხივებისაგან

დაცვის მიზნით მძიმე მეტალებისაგან დამზადებულ ეკრანებს არა ხმარობენ, რადგან ასეთ შემთხვევაში მოსალოდნელია ორგანიზმისათვის მავნე რენტგენის სხივების წარმოშობა. აღსანიშნავია, რომ: β გამოსხივების დროს თვით ლაბორატორიული ქურქლის კედლების მიერ ხდება β ნაწილაკების უდიდესი ნაწილის შთანთქმვა. ამ მხრივ საშიშროებას წარმოადგენს ღია ქურქელში მოთავსებული რადიოაქტიური სითხის მხოლოდ ზედა ნაწილი.

γ სხივებისაგან დაცვა საკმაოდ ძნელია, რადგან მას აქვს ნივთიერებებში შეღწევადობის დიდი უნარი. ამ მიზნით იხმარება რკინისაგან ან ტყვიისაგან დამზადებული სათანადო სისქის ეკრანები, რომლებიც უფრო ხშირად სტაციონარული ხასიათისაა. (სურ. 15).

γ სხივებისაგან და ნეიტრონებისაგან დაცვის საშუალებანი დაწვრილებითაა განხილული შემღწევი რადიაციისაგან დაცვის საკითხებისადმი მიძღვნილ სპეციალურ სახელმძღვანელოებსა და ინსტრუქციებში. აქ განვიხილავთ γ-სხივებისაგან დაცვის ზოგიერთ საკითხსა და რამდენიმე ძაგალითს.

მოყვანილი ნომოგრამების (იხ. ნომოგრამა 1) აბსცისების ღერძზე აღნიშნულია გამაგამომსხივებელი პრეპარატიდან (წყაროდან) დაშორების მანძილი გამოსახული სანტიმეტრებში; ორდინატების ღერძზე-პრეპარატის წონა გამოსახული რადიუმის მილიგრამ ექვივალენტში. ამგვარი ნომოგრამების საშუალებით ვანგარიშობთ ბეტონისა და ტყვიისაგან (იხ. ნომოგრამები I და II) დამზადებული ეკრანისა და კედლის სისქეს, რომელიც საჭიროა განსაზღვრული ენერგიის (2,5 MeV) მქონე გამასხივებისაგან დასაცავად.

მაგალითად, გვინდა ბეტონის კედლის სისქის დადგენა 2,5-MeV ენერგიის მქონე γ-სხივებისაგან დასაცავად.

დაეუშვათ, რომ გამა-გამომსხივებლის იზოტოპის წონა შეეფარდება რადიუმის 100 მილიგრამექვივალენტს და მანძილი პრეპარატიდან ბეტონის კედლამდე უდრის 100 სმ. მაგალითში აღნიშნული ციფრების სათანადო წერტილებს მოვნახავთ აბსცისისა და ორდინატის ღერძებზე; ამ წერტილებზე აგებული ღერძების მიმართ პერპენდიკულარული ხაზები ერთმანეთს გადაკვეთენ; მათი გადაკვეთის წერტილთან ყველაზე ახლო მდებარე მრუდის გაგრძელებით ზემოთ და მარჯვნივ მივიღებთ ციფრს—40 სმ. აღნიშნული ციფრი იმის მაჩვენებელია, რომ ამგვარი ენერგიის γ სხივებისაგან დასაცავად აღნიშნული აქტივობის პრეპარატებისაგან ერთი მეტრის მოცილებით საჭიროა 40 სმ სისქის ბეტონის კედლის აგება. იმ შემთხვევაში, თუ მონახული პერპენდიკულარული ხაზების გადაკვეთის წერტილი არ დაემთხვა რომელიმე მრუდ ხაზს, მაშინ ვლებულობთ ყველაზე ახლო მდებარე და უფრო მეტი ნიშნის მაჩვენებელს.



კაპიტალური მშენებლის ცხრილი № 4

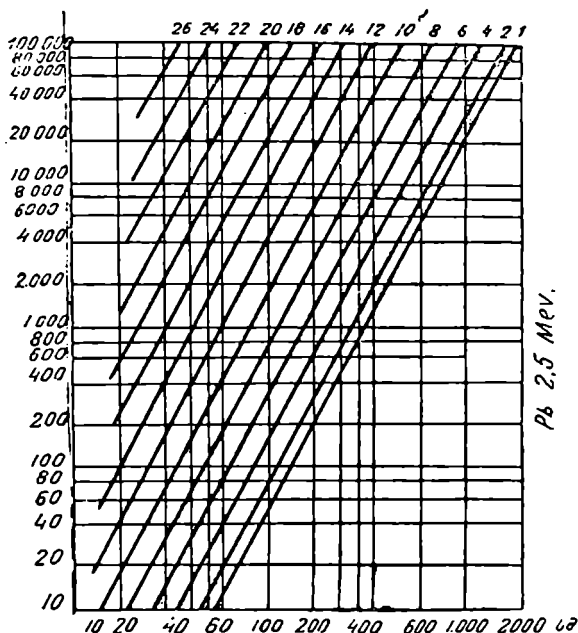
ე ნ ე რ გ ი ა

აქტივობა	0,2	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	6,0
10 სმ	-0,50	-0,86	-1,02	-1,05	-0,93	-0,67	-0,39	-0,13	-0,23
20 "	-0,36	-0,44	-0,37	-0,1	+4,33	+0,76	+1,06	+1,36	+1,68
50 "	-0,7	+0,09	+0,59	+1,04	+1,82	+2,55	+2,95	+3,0	+5,03
100 "	-0,03	+0,33	+1,28	+1,95	+2,97	+3,97	+4,41	+4,79	+5,03
200 "	+0,10	+0,91	+1,97	+2,85	+4,11	+5,27	+5,9	+6,6	+6,47
500 "	+0,30	+1,16	+2,59	+4,04	+5,61	+7,93	+7,76	+8,2	+8,38
1 "	+0,42	+1,86	+3,7	+4,94	+6,5	+8,43	+9,19	+9,69	+9,82
2 "	+0,6	+2,27	+4,27	+5,4	+7,97	+9,78	+10,63	+11,16	+11,25
5 "	+0,75	+2,81	+5,19	+7,03	+9,39	+11,58	+12,51	+13,14	+13,17
10 "	+0,89	+3,22	+5,87	+7,94	+10,52	+14,91	+13,98	+14,59	+14,0
20 "	+1,03	+4,63	+6,57	+8,84	+11,67	+14,31	+15,13	+16,08	+13,6
50 "	+1,21	+4,17	+7,47	+10,02	+13,17	+16,09	+17,33	+18,02	+17,95
100 "	+1,35	+4,58	+4,18	+10,93	+14,31	+17,46	+18,78	+19,51	+19,41
მანძილი	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20 სმ	+0,64	+0,90	+3,22	+4,19	+5,28	+6,31	+6,70	+8,68	+6,70
50 "	+0,23	+0,83	+1,39	+1,83	+2,32	+2,76	+2,93	+3,00	+2,93
1 "	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2 "	-0,28	-0,83	-1,39	-1,83	-2,32	-2,76	-2,93	-3,00	-2,93
5 "	-0,64	-1,90	-3,22	-4,10	-5,28	-6,31	-6,70	-6,86	-6,70
10 "	-0,92	-2,71	-4,60	-5,98	-7,55	-9,02	-9,57	-9,80	-9,50
ზანგარძლიობა	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1 ს. დღე-ღ.	-0,41	-1,22	-2,08	-2,69	-3,40	-4,06	-4,31	-4,41	-4,31
2 "	-0,78	-0,87	-1,37	-1,9	-2,26	-2,70	-2,87	-2,94	-2,87
4 "	-0,14	-0,14	-0,69	-0,90	-1,14	-1,35	-1,44	-1,47	-1,44
8 "	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 "	+0,18	+0,53	+1,19	+1,17	+1,18	+1,76	+1,87	+1,92	+1,87
მშთანთქმელი	±	+	+	+	+	+	+	+	+
ტყვის რკინა	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ალუმინიუმი	4,75	2,68	2,11	1,75	1,51	1,63	1,53	1,53	1,77
(ან ბეტონი)	17,23	7,21	5,43	5,43	4,70	4,25	4,81	5,22	6,01
წყალი	35,00	17,80	12,50	11,15	9,95	10,00	11,20	12,35	14,13

ნებელ მრუდს. აღნიშნული მრუდის გაგრძელებით ამგვარადვე ვეძებთ ბეტონის კედლის სათანადო სისქეს.

ასეთივე მეთოდით უნდა განისაზღვროს იგივე ენერგიის  $\gamma$ -სხივებისაგან ტყვიისაგან დამზადებული დამცველი ეკრანის სისქეც (იხ. ნომოგრამა 2).

ტყვიის ეკრანების მოწყობა ხდება ტყვიის სათანადო სისქის ფურცლების საშუალებით. იმ შემთხვევაში, როდესაც ამგვარი ეკრანის სისქე საკმაოდ დიდ ზომებს მოითხოვს, შესაძლებელია ტყვიისაგან დამზადებული მცირე ზომის კუბების დაწყობა იმ სისქითა და სიმაღლით, როგორც საკირთა, ხოლო პროცესზე დაკვირვებისათვის ტყვიის კედელზე ზემოდან მოეწყობა ტყვიანარევი მინის ეკრანი. ასეთ შემთხვევებში ხშირად მიმართავენ, აგრეთვე, პერისკოპის სისტემის მოწყობას, რომელშიც ნათლად ჩანს დაკვირვების ობიექტი ისე, რომ შეთვალაყურე მომუშავე პერსონალი დასხივებას არ განიცდის.



ნახ. 11. ნომოგრამა 2. ტყვიით დაცვის შემთხვევისათვის

$\gamma$  სხივებისაგან თვალების დასაცავად ხმარობენ სპეციალურ სათვალეებს, რომელთა მინები შეიცავს ვოლფრამის ფოსფატს

(სიმკვრივე  $d=19,1$  გრ/სმ). ზოგიერთი სპეციალისტის აზრით, ამგვარი შინების მქონე სათვალეები უფრო ეფექტურია, ვიდრე ტუიანარევი მინისაგან დამზადებული სათვალეები (სიმკვრივე  $d=11,3$  გრ/სმ). ამავე მიზნით მზადდება აგრეთვე სათვალეების მიწები, რომლებიც კადმიუმის ბოროსილიკატებსა და ფტორის შენაერთებს შეიცავენ. ამგვარი სათვალეები იხმარება ნეიტრონებისაგან დასაცავად. გამა გამოსხივებისაგან დაცვის საშუალებათა დაწვრილებითი აღწერა იხილეთ დანართში (დანართი ა.).

როდესაც ცნობილია რომელიმე რადიოაქტიური ნივთიერების აქტივობა კიური ერთეულებში, მისი გამა გამოსხივებისაგან დაცვის საშუალებათა გამოსაძებნად იხმარება აგრეთვე ჰამერსტ-ფელდერის ცხრილი (იხ. ცხრილი 4). აღნიშნული ცხრილით უნდა ვისარგებლოთ შემდეგნაირად: უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა დადგენა რადიოაქტიური იზოტოპის გამა გამოსხივების მაქსიმალური ენერჯისა (იხ. სახელმძღვანელო „რადიოაქტიური იზოტოპების მიღება“, აკად. ნ. ნ. ნესმეანოვი, ა. ვ. ლაპიცი, ნ. პ. რუდგინკო). შემდეგ ცხრილში მოიძებნოს სათანადო ენერჯიის სვეტი (ვერტიკალური), ხოლო იმ შემთხვევაში, როდესაც ცხრილში მოცემული ენერჯიის მაჩვენებელი ციფრი ზუსტად არ ემთხვევა გამა გამომსხივებლის მაქსიმალური ენერჯიის მაჩვენებელს, მაშინ დიდი ენერჯიის მაჩვენებელ უახლოეს სვეტში უნდა მოიძებნოს ის მწკრივი (ჰორიზონტალური), რომელიც აღნიშნავს აღებულ რადიოაქტიური ნივთიერების შესაბამის აქტივობას კიური ერთეულებში; დამთხვევის აღვილზე (უჯრედში) მივიღებთ ციფრს — ტუეის ეკრანის ისეთი სისქის მაჩვენებელს, რომელიც ერთი მეტრის მანძილზე 8 საათის განმავლობაში დოზას  $100 \mu\text{C}$ -მდე დაიქვანს; შემდეგ მიღებულ ციფრს (დადებითი და უარყოფითი ნიშნების გათვალისწინებით) დაუმატებენ იმავე სვეტში მყოფი მანძილისა და ხანგრძლიობის შესაბამის ციფრს; საბოლოოდ მიღებულ რიცხვთა ჯამს ამრავლებენ კოეფიციენტის გამომსახველ ციფრზე, რომელაც დაცვის მიზნით გამოყენებულ რომელიმე ელემენტს შეესაბამება.

მაგალითი: ავიღოთ გამა გამომსხივებელი რადიოაქტიური იზოტოპი —  $\text{Co}^{60}$ , რომლის გამაგამოსხივების მაქსიმალური ენერჯია უდრის  $1,33$  (MeV). დაუშვათ, რომ ამ პრეპარატის აქტივობა უდრის  $500 \text{ mC}$ ; მანძილი წყაროსა და ეკრანს შორის უდრის  $50$  სმ; გამოსხივების მოქმედების დრო დღე-ღამის განმავლობაში უდრის  $1$  საათს. დაცვის მიზნით ვიყენებთ რკინის ეკრანს.

მაგალითის ამოხსნა: ამ შემთხვევაში გამა სხივებისაგან დაცვის მიზნით გამოყენებული რკინის ეკრანის სისქე უნდა უდრიდეს:

+5,61 (ძირითადი მნიშვნელობა)

+2,32 (შესწორება მანძილზე წყაროდან ეკრანამდე)

-3,40 (შესწორება გამოსხივების ხანგრძლიობაზე)

---

=4,53 × 1,5 (ტყვიდან რკინისათვის გადასაყვანი კოეფიციენტი)

      =6,84 სმ სისქის რკინა.

გამაგამომსხივებელი იზოტოპების შენახვა და გადატანა ხდება განსაკუთრებული სიფრთხილით ტყვიის ან რკინისაგან და-  
შხადებული სათანადო სისქის კონტეინერებში, რომლებსაც გადა-  
ტანის დროს გარედან თვალსაჩინო გამაფრთხილებელი ნიშნები  
უნდა გაუკეთდეს.

ნეიტრონებისაგან დასაცავად ხმარობენ სხვადასხვა სისქის  
ბეტონს, გრაფიტს, კადმიუმს, ბორს, პარათინს, მძიმე წყალბადს  
და სხვ.

## ქ ა ნ ა რ თ ე ბ ი

დ ა ნ ა რ თ ი ა.

### რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის წინააღმდეგმეცნიერება

თანახმად სსრკ ჯანდაცვის სამინისტროს 2/VI—49 წ. № 443 ბრძანებისა, რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე სამუშაოდ მიღების წინ ყველა პირმა უნდა გაიაროს წინასწარი საექიმო შემოწმება. წელიწადში ერთჯერ უნდა მოხდეს რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მომუშავეთა აუცილებელი პერიოდული საექიმო შემოწმება.

ამავე ბრძანების თანახმად რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის წინააღმდეგმეცნიერებად ითვლება:

1. სისხლის ყველა დაავადება და მეორადი ანემია (ჰემოგლობინი 60%-ზე ნაკლები);
2. ცენტრალური ნერვული სისტემის ყველა ორგანული დაავადება;
3. აშკარად გამოხატული ენდოკრინულ-ვეგეტატიური დაავადებები;
4. ძვლების დაავადებები;
5. სასქესო ჯირკვლების დაავადებები და მენსტრუალურ-ოვარიული ციკლის დარღვევა;
6. ყოველგვარი ლოკალიზაციის კანის კიბო და კიბოსწინა დაავადებები.

## დ ა ნ ა რ თ ი ბ.

### რადიოაქტიური იზოტოპებზე მუშაობის სანიტარული წესები და ნორმები

დამტკიცებულია

ასრკ ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს  
მთავარი სახელმწიფო სანიტარული ინსპექციის მიერ 4 აპრილი, 1953 წელი  
№ 129—53.

### შეხვალი

რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მომუშავე პერსონალზე რადიოაქტიური ნივთიერებების მავნე მოქმედება შესაძლებელია განვითარდეს ორგანიზმის შიგნით მათი მოხვედრის გამო, აგრეთვე რადიოაქტიური გამოსხივების გარედან ზემოქმედების დროს.

რადიოაქტიური იზოტოპების გამოსხივების სახე, გამოსხივების ენერგია და იზოტოპის ნახევრადდაშლის პერიოდი განაპირობებენ მათი ორგანიზმზე მოქმედების თავისებურებასა და საკირო პროფილაქტიკური ღონისძიებების ხასიათს.

ბეტანაწილაკებს გააჩნიათ უმნიშვნელო შეღწევის უნარი და შთაინთქმებიან ადამიანის კანის ზედა ფენაში.

გამასხივები, განსაკუთრებით კი დიდი ენერგიის მქონე, რომლებიც გამოსხივებიდან ზოგიერთი იზოტოპიდან (მაგალითად  $\text{Co}^{60}$ ,  $\text{Na}^{24}$ ,  $\text{Br}^{82}$  და სხვ.), ქსოვილებში ღრმად შეაღწევენ.

რადიოაქტიური იზოტოპების შესუნთქვის, ჩაყლაპვის ან დაზიანებული კანის გზით ორგანიზმის შიგნით მოხვედრისას მრავალი მათგანი ამქლავნებს ზოგიერთ ორგანოში არჩევითი განაწილებისადმი მიდრეკილებას, რასაც შესაძლოა სერიოზული დაზიანებანი მოჰყვეს. რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის დროს პროფილაქტიკური ღონისძიებანი უნდა ტარდებოდეს შემდეგი მიმართულებით:

1) რადიუმის 0,05 მილიგრამექვივალენტის აქტივობის მქონე გამაგამომსხივებელ იზოტოპებსა და 0,05 მილიკიური აქტივო-

ბის მქონე ბეტა გამომსხივებელ იზოტოპებზე მუშაობის დროს ძირითადი ღონისძიებანი მიმართული უნდა იყოს რადიოაქტიური ნივთიერებების ორგანიზმის შიგნით ან მის ზედაპირზე მოხვედრის ასაცილებლად, ასეთი შემთხვევა არ მოითხოვს რადიოაქტიური გამოსხივებისაგან გარედან დაცვის მოწყობას.

ბ) რადიუმის 0,05 მილიგრამექვივალენტზე მეტი აქტივობის გამა გამომსხივებელ იზოტოპებზე და აგრეთვე 0,05 მილიკიურზე მეტი აქტივობის მქონე მაღალი ენერჯიის ბეტაგამომსხივებელ იზოტოპებზე მუშაობის დროს, იმის გარდა, რომ ჩატარებულ იქნება რადიოაქტიურ ნივთიერებათა ორგანიზმის შიგნით და მის ზედაპირზე მოხვედრის წინააღმდეგ მიმართული ღონისძიებანი, საჭიროა მომუშავეთა დაცვა გარედან მომქმედი ბეტა- და გამა- გამოსხივებისაგან.

რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის წესებში გათვალისწინებული პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარების და გამოკვებათა დასაშვები მაქსიმალური დოზის (იხ. განაკვეთი) დაურღვეველობის პირობებში ხანგრძლივი მუშაობაც კი ჯანმრთელობას არ ავნებს.

## 1. საწარმოს შენობების (სათავსოების) მოწყობილობისა და ვენტილაციის საკითხები

1. რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობა, როდესაც მათი რაოდენობა გამა გამომსხივებელი იზოტოპებისათვის 0,1 მილიგრამ ექვივალენტზე და ბეტა გამომსხივებელი იზოტოპებისათვის 1 მილიკიურზე—მეტია, უნდა ტარდებოდეს ცალკე სათავსოებში. ამ სათავსოებში უნდა აიკრძალოს ისეთი სახის მუშაობა, რომელიც რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენებას არ ეხება. მუშაობა, რომელიც დაკავშირებულია რადიუმის 0,1 მილიგრამექვივალენტზე ნაკლები რაოდენობის გამა გამომსხივებელ იზოტოპებთან და 1 მილიკიური აქტივობის ბეტაგამომსხივებელ იზოტოპებთან, შესაძლებელია ჩატარდეს საერთო სათავსოში, მხოლოდ ცალკე მაგიდებზე, ამასთანავე ყველა აღნიშნული წესის დაცვით.

2. იატაკი სამუშაო სათავსოში, სადაც წარმოებს რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობა, უნდა იყოს გლუვი ზედაპირის, ყოველგვარი ნაპრალებისა და ფორების გარეშე, რათა მათში რადიოაქტიური ნივთიერებები არ დაგროვდეს; იატაკების მოსაპირკეთებლად რეკომენდებულია ლინოლეუმი, ზოგიერთ შემთხვე-

ვაში—მეტლახის ფილაქანი. მათი კიდეები, ანუ შეკავშირების ადგილები ზედმიწევნით მჭიდროდ და სადად უნდა იყოს გაღესილი.

3. სათავსო კედლები, ქერი და კარ-ფანჯრის ჩარჩოები სადა ზედაპირის უნდა იყოს. კედლები 2 მეტრის სიმაღლეზე უნდა შეიღებოს ზეთის საღებავებით. რეკომენდებულია ქერის, კედლებისა და იატაკის ერთმანეთთან შეერთების კუთხეები ოვალური ფორმისა იყოს, რათა გადავიღდეს მათი გასუფთავება. ცალკეულ შემთხვევებში, როდესაც რადიოაქტიური ნივთიერებებით დამტვერიანების ან მიმომშხეფების საფრთხეა მოსალოდნელი; აუცილებლად საჭიროა კედლები და ქერიც მთლიანად დაიფაროს ნიტროემალის ან ზეთის საღებავებით.

4. სათავსოში უნდა მოეწყოს ვენტილაციური შემწოვი და გამწოვი მოწყობილობანი. შემწოვი ვენტილაცია უნდა მოეწყოს ისეთი ვარაუდით, რომ ქამთრის პირობებში მისი საშუალებით წარმოებდეს თბილი ჰაერის მიწოდება სათავსოში. გამწოვი ვენტილაციის მოწყობა წარმოებს ამწოვი კარადების, ამწოვი ხუფებისა და სხვა საგნების დახმარებით. მუშაობის პირობებში კარადიდან ჰაერის გაწოვის სისწრაფე ჰაერის გამტარში 1 მეტრ/სეკუნდზე ნაკლები არ უნდა იყოს.

5. სათავსოში არაებული სამუშაო მოწყობილობის (ამწოვი კარადების, მაგიდების, თაროების, ექსპერიმენტულ ცხოველთა სადგომების და სხვ.) ზედაპირი მოპირკეთებული უნდა იყოს არაფოროვანი მასალისაგან, ამასთანავე დაფარული უნდა იყოს ზეთის საღებავებით. მაგიდებისა და ამწოვი კარადების სამუშაო ზედაპირი იფარება სადა ზედაპირის მქონე მასალისაგან, როგორცაა მინა, ლინოლეუმი, პლასტმასები, პერტენაქსი და სხვ.

## II. რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის წესები

6. ყველა სამუშაო, რომელიც დაკავშირებული იქნება რადიოაქტიური იზოტოპების მტერის, ორთქლისა და გაზის სახით გავრცელებასთან, უნდა ჩატარდეს ამწოვ კარადაში.

7. რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის დროს რეკომენდებულია მაგიდებზე და ამწოვ კარადებში დაიდგას ფაიფურის, პლექსიგლასის ან უქანგავი ფოლადისაგან დამზადებული სადგამები (განიერი ჯამები), რომლებშიც ჩანარეცხი წყლის გამტანი მილი (საწრეტი) იქნება მოწყობილი. მიზანშეწონილია ამგვარი სადგამები მოიფინოს ფილტრის ქალაღლით, განსაკუთრებით,



ისეთ შემთხვევებში, როდესაც მუშაობა იწარმოებს რადიოაქტიური იზოტოპების ხსნარებზე.

8. აკრძალულია რადიოაქტიური ხსნარების პიპეტის საშუალებით პირით შეწოვა. ამ მიზნით გამოიყენება სათანადო მექანიზებული მოწყობილობანი (რეზინის ბალონი, შპრიცი და სხვ.) ან სპეციალური ავტოპიპეტები.

9. რადიოაქტიური ხსნარების ცენტრიფუგირების დროს ცენტრიფუგის გარეთა ზედაპირი არ უნდა მოისვაროს. ცენტრიფუგის სახურავის მოხდა არ შეიძლება მანამ, სანამ იგი მთლიანად არ შეჩერდება. ასეთი შეთხვევისათვის მიზანშეწონილია ხდებოდეს ავტობლოკირება ცენტრიფუგის სახურავსა და ძრავას (მოტორს) შორის.

10. მალალი ენერჯის ბეტაგამოსხივების მქონე კონცენტრირებულ ხსნარებსა და ფუნქციებზე მუშაობის დროს რეკომენდებულია გადასატანი ეკრანების (ფარების) ხმარება, რომლებიც დამზადებული იქნება მინის პლექსიგლასის, ალუმინიუმის, უფანგავი ფოლადისა და სხვა მასალისაგან, მათი სისქე 4 მმ-ზე ნაკლები არ შეიძლება იყოს. ისეთი რადიოაქტიური იზოტოპებისაგან დაცვა, რომლებიც მცირე ენერჯის ბეტა ნაწილაკებს გამოასხივებენ, საჭირო არ არის, რადგან ისინი თვით ლაბორატორიული ქურქლის კედლების მიერ შთაინთქმებიან.

11. გამაგამომსხივებელ რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის დროს, როდესაც მათი აქტივობა გამაგამოსხივების მიხედვით რადიუმის 0,05 მილიგრამექვივალენტზე მეტია, საჭიროა ტყვიის ან სხვა სახის ეკრანის ხმარება (იხ. დანართი 2). ეკრანის სისქე დადგენილი უნდა იყოს პრეპარატის აქტივობის, გამაგამოსხივების სიძლიერის, გამოსხივების მოქმედების დროისა და მანძილის მიხედვით (იხ. დანართი 2).

ყველა შემთხვევაში, შეძლებისდა მიხედვით, საჭიროა გამაგამომსხივებელი წყაროს დაშორება მომუშავე პერსონალისაგან.

12. რადიოაქტიურ იზოტოპებთან დაკავშირებული ყველა მანიპულაცია უნდა ჩატარდეს რეზინის და ქლორვინილისაგან დამზადებული ხელთათმანებით. სამუშაოს დამთავრების შემდეგ ხელთათმანები გულმოდგინედ უნდა გაირეცხოს. ხელთათმანების ჩაცმა და გახდა ისე უნდა ხდებოდეს, რომ გამოირიცხოს მათი შიგნითა ზედაპირის რადიოაქტიური იზოტოპებით გაბინძურება. გაბინძურების შემთხვევაში საჭიროა მათი ახლით შეცვლა.

13. როდესაც არსებობს რადიოაქტიური მტერის შესუნთქვის საფრთხე (მათი გაცრის, მცირე ნაწილაკებად დაქუცმაცების,

უხეილის გადაწონის დროს), მომუშავე პერსონალი მომარაგებულ  
ლი უნდა იყოს რესპირატორებით, რომელთა ფილტრების (Ф—  
45; Ф—46 ტიპის) გამოცვლა ადვილად მოსახერხებელია.

14. უვარჯისი რადიოაქტიური იზოტოპების შენსველი თხე-  
ვადი ნივთიერებანი საჭიროა შეგროვდეს სპეციალურ ბალონებსა  
და ვედროებში (სათლებში), რომლებიც მექანიკური საშუალებით  
(ფეხის ბერკეტი) იღება. გადამუშავებული ხსნარების საკანალიზა-  
ციო სისტემაში ჩასხმა დასაშვებია იმ შემთხვევაში, როდესაც მა-  
თი აქტივობა არ აღემატება  $1 \cdot 10^{-7}$  კიურის ერთ ლიტრზე ან ხსნა-  
რის 1 სმ<sup>3</sup> მოცულობაში საშუალოდ 2200 დაშლას (წუთის განმავ-  
ლობაში). ის ხსნარები, რომელთა აქტივობა გადააქარბებს  $1 \cdot 10^{-7}$   
კიურის 1 ლიტრზე, საჭიროა წინასწარ განზავდეს აღნიშნულ  
აქტივობამდე და შემდეგ გადაიღვაროს საკანალიზაციო სისტემა-  
ში. დაცლილ ქურქელს კი საჭიროა რამდენიმეჯერ გამოველოს  
სუთთა წყალი.

15. ქურქელი, რომელშიაც გადასადგრელი ხსნარია შეგრო-  
ვილი, საჭიროა დაიდგას სამუშაო ადგილიდან არა ნაკლებ 1 მე-  
ტრის დაშორებით იმ პირობით, რომ მის უშუალო სიახლოვეზე  
ფიზიკური დოზის სიმძლავრე არ უნდა აღემატებოდეს 2,5 მიკრო-  
რენტგენს წამში; წინააღმდეგ შემთხვევაში აუცილებელია დაცვი-  
სათვის დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება, რომლებიც გამა-  
გამოსხივებას დაიყვანენ აღნიშნულ ნორმამდის.

16. გადასაყრელი მყარი ნივთიერებანი, რომლებიც რადიო-  
აქტიურ იზოტოპებს შეიცავენ, საჭიროა მოგროვდეს სპეციალურ,  
ხშირად შესაცვლელ კონტეინერებში, რომელთა გაღება მექანი-  
კურად--ფეხის ბერკეტის საშუალებით უნდა ხდებოდეს. რადიო-  
აქტიური ნივთიერებების შემცველი მყარი ნაგვის გადაყრა საერ-  
თო ნაგავთან ერთად კატეგორიულად იკრძალება.

17. რადიოაქტიური ნივთიერებების შემცველი მყარი ნა-  
გვის გატანა და გადაყრა უნდა მოხდეს შემდეგი წესით:

ა) მათი გახსნა და შემდეგ საკანალიზაციო სისტემაში ჩაყრა  
აღნიშნული ინსტრუქციის მე-14 პუნქტის მიხედვით უნდა მო-  
ხდეს.

ბ) მყარი ნაგავი, რომელიც მცირე ნახევრადდაშლის პერიოდის  
მქონე რადიოაქტიურ იზოტოპებს შეიცავენ, შესაძლებელია შეი-  
ნახოს მათთვის გამოყოფილ კონტეინერებსა და სპეციალურ სა-  
თავსოებში (საწყობებში), რათა დროთა ვითარებაში დაშლის შე-  
დეგად შემცირდეს მათი აქტივობა.

18. აუცილებელია ყველა სამუშაო ოთახის ყოველდღიური დასუფთავება სველი მეთოდით, ასევე აუცილებელია კარადებისა და მაგიდების ზედაპირის მორეცხვა. სამუშაო ოთახების განიავება ეწყობა ყოველდღიურად, როგორც მუშაობის დაწყებამდე, ასევე მუშაობის დამთავრების შემდეგაც. კედლებისა და კარ-ფანჯრის გარეცხვა უნდა წარმოებდეს არა ნაკლებ თვეში ერთჯერ.

19. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ცხოველებისათვის განკუთვნილი შენობების (ვივარიუმის) დასუფთავებას, რადგან ცხოველთა გამონაყოფი და აგრეთვე მათი ბეწვი შესაძლებელია შეიცავდეს რადიოაქტიურ ნივთიერებებს. ვივარიუმის სათავსოებში მოწყობილი უნდა იყოს იატაკში ჩანარეცხი წყლის ჩასასვლელი და ისინი მომარაგებული უნდა იყოს ცხელი და ცივი წყლით. ვივარიუმის სათავსოს და მასში დადგმული გალიების გარეცხვა უნდა ხდებოდეს ყოველდღიურად.

20. ყოველი სათავსოსათვის, რომელშიაც წარმოებს მუშაობა რადიოაქტიურ იზოტოპებზე, ცალკე უნდა იყოს გამოყოფილი ჯაგრისები, ვედროები (სათლები) და ჩვრები, რომელთა გამოყენება სხვა ოთახებისათვის აკრძალულია. დასასუფთავებელი ინვენტარი უნდა ინახებოდეს ჩაკეტილ კარადაში ან მეტალის ყუთში.

21. რადიოაქტიური იზოტოპების შემცველი ხსნარების შემთხვევით დაღვრის დროს საჭიროა მისი ფილტრის ქაღალდით სწრაფი მოგროვება, რის შემდეგაც გაბინძურებული არე გულმოდგინედ ირეცხება თბილი წყლით. ამის შემდეგ ნარჩენი აქტივობის შემთხვევაში საჭიროა ისეთი სპეციალური რეაქტივების ხმარება, რომლებიც შეესატყვისება იზოტოპის ქიმიურ შემადგენლობას.

### III. რადიოაქტიური იზოტოპების გადატანა და შენახვა

22. რადიოაქტიური იზოტოპების გადატანა საჭიროა ხდებოდეს ისე, რომ გამორიცხული იყოს მათი ხსნარების დაღვრის ან ნივთიერებათა დაბნევის ყოველი შესაძლებლობა. რადიოაქტიური იზოტოპები რადიუმის 10 მილიგრამექვივალენტის რაოდენობით შესაძლებელია გადატანილი იქნეს საწყობიდან ლაბორატორიამდე და უკან გრძელი სახელურებიანი მსუბუქი კონტინერებით. გამა გამომსხივებელი იზოტოპების დიდი რაოდენობით გადატანის დროს საჭიროა მათი მოთავსება ტყვიის სპეციალურ კონტინერებში, რომელთა კედლის სისქე გამოსხივების წყაროს

ინტენსივობასა და გადატანის ხანგრძლივობას უნდა შეესაბამებოდეს (იხ. დანართი 2). ტყვიის კონტეინერების უქონლობის შემთხვევაში შესაძლებელია ფოლადის ან თუჯის კონტეინერების გამოყენება, რომელთა კედლების სისქე შესაბამისად ორჯერ მეტი იქნება ტყვიაზე.

23. საწყობი, სადაც რადიუმის მილიგრამ-ექვივალენტზე მეტი რაოდენობის გამა-გამომსხივებელი რადიოაქტიური იზოტოპები ინახება, რაც შეიძლება დაშორებული უნდა იყოს სამუშაო ოთახებს (იმ მიზნით, რომ მუშაობის დროს გამოირიცხოს მომუშავეებზე მავნე ზემოქმედების შესაძლებლობა) მიზანშეწონილია ამგვარი საწყობი მოეწყოს სარდაფში. საწყობში ეწყობა ამწოვი ვენტილაცია (ისეთი ავარიული შემთხვევისათვის, როდესაც მოსალოდნელია ჰაერში რადიოაქტიური იზოტოპების გაზის, ორთქლისა და მტვრის სახით გამოყოფა). რადიუმის 1 მილიგრამექვივალენტამდე აქტივობის მქონე იზოტოპებისა და აგრეთვე მხოლოდ ბეტა გამომსხივებელი იზოტოპების შენახვა შესაძლებელია სამუშაო ოთახშიც, მხოლოდ იმ პირობით, რომ დაცული იქნება აზინსტრუქციის 25-ე პუნქტი.

24. გამა-გამომსხივებელი რადიოაქტიური იზოტოპების შენახვა ხდება ტყვიის სპეციალურ სეიფებში. ამასთანავე სეიფის კედლების სისქის გამოანგარიშება ხდება მასში შესანახი რადიოაქტიური იზოტოპის გამა აქტივობის მიხედვით. სეიფი გადატიხრული უნდა იყოს სექციების მიხედვით, თითოეულ მათგანს ტყვიის კარები უნდა ჰქონდეს. თითოეული სექციის კარებზე წარწერილი უნდა იყოს მასში შენახული პრეპარატის კემადგენლობა, მისი აქტივობა და სხვა მონაცემები, რათა უფრო გაადვილდეს და დაჩქარდეს საჭირო პრეპარატის მონახვა. რადიოაქტიური იზოტოპები, რომლებიც მხოლოდ ბეტა-სხივებს გამოასხივებენ, შეიძლება შეინახოს ისეთ სეიფებში, რომლებიც ტყვისაგან არ იქნება დამზადებული.

25. როდესაც შესანახი ნივთიერებებისაგან მოსალოდნელია გაზისებური რადიოაქტიური პროდუქტების გამოყოფა, ისინი მოთავსებული უნდა იქნან ჰერმეტიულად დაცულ კურკელში.

#### IV. პირადი პროფილაქტიკის ღონისძიებანი

26. ყოველი მუშაკი, რომელსაც რადიოაქტიურ იზოტოპებზე უხდება მუშაობა, მომარაგებული უნდა იყოს დაცვის ინდივიდუალური საშუალებებით (ხალათი, თავსაბურავი, ხელთათმანები).

სითხის სახით არსებულ რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მონუ-  
შავენი მომარაგებული უნდა იყვნენ რეზინის, მუშაშობის ან ქლო-  
როვინილისაგან დამზადებული წინსაფრებით.

27. სპექტანისამოსისათვის (ხალათები, თავსაბურები) განო-  
ყენებული უნდა იყოს ისეთი მატერიები, რომლებსაც მაქსიმალუ-  
რად სადა ზედაპირი ექნებათ. ამ მხრივ კარგია სატინი, მოლე-  
სკინი.

ხალათები უნდა იკვრებოდეს უკან ფოლაქების საშუალებით  
და უნდა ჰქონდეს მალალი საყელოები.

28. სპექტანისამოსი უნდა ირეცხებოდეს არა ნაკლებ 10  
დღეში ერთხელ.

სპექტანისამოსის ინტენსიურად გაბინძურების შემთხვევაში  
საჭიროა მისი საჩქაროდ გამოცვლა. ხალათების სახლში გარეცხვა  
აკრძალულია.

29. სამუშაო ოთახში მომუშავეს უხალათოდ ყოფნა აკრძა-  
ლულია.

30. სამუშაო ოთახიდან სასადილო ოთახში ან სხვა სათავ-  
სოში გასვლის დროს, სადაც რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობა  
არ წარმოებს, საჭიროა ხალათის, ხელთათმანებისა და სხვა და-  
ცვის საშუალებათა გახდა.

31. სამუშაო ოთახში საკვების მიღება ან მისი შენახვა კატე-  
გორიულად აკრძალულია.

32. საკვების მისაღებად გამოყოფილი უნდა იყოს სპეციალუ-  
რი სათავსო შესაფერისი მოწყობილობითა და პირსაბანით.

33. თამბაქოს მოწვეის, საუზმისა და სამუშაოდან წასვლის  
წინ საჭიროა ხელების გულმოდგინედ დაბანა. რეკომენდებულია  
ხელის დაბანა მოხდეს სამჯერ გასაპნით, ჯაგრისის საშუალებით  
გახეხვით და თბილი წყლით. ფრჩხილები ყოველთვის მოკლედ  
უნდა იყოს შეჭრილი.

34. რადიოაქტიური ნივთიერებებით სხეულის დასვრის დროს  
საჭიროა ტანის შხაპის ქვეშ გულმოდგინედ დაბანა.

35. ყველა სათავსოში, სადაც რადიოაქტიურ იზოტოპებზე  
წარმოებს მუშაობა, თამბაქოს მოწვევა აკრძალულია.

36. საშინაო და სპექტანისამოსის შესანახად საჭიროა სამუ-  
შაო ოთახის გარეთ ცალკე სათავსოს ან სპეციალური კარადების  
გამოყოფა.

აღნიშნულ კარადებს უნდა ჰქონდეს ორი განყოფილება სპე-  
ციალური და საშინაო ტანისამოსისათვის. გარეთ სახმარი ტანი-

სამოსის (პალტო, ქუდი და სხვა) სამუშაო ოთახში შეტანა, სადაც მუშაობა წარმოებს რადიოაქტიურ იზოტოპებთან, აკრძალულია.

### V. სანიტარულ-საწარმოო ინსტრუქტაჟი და სამედიცინო შემოწმება

37. ყოველი მუშაკი, რომელსაც რადიოაქტიურ იზოტოპებზე უხდება მუშაობა, ვალდებულია იცნობდეს იმ წესებს, რომლებიც ეხება სანიტარულ-ტექნიკური დაცვის მოწყობილობათა, პირადი ჰიგიენის დაცვის ღონისძიებებისა და მუშაობის უშიშარი მეთოდების გამოყენებას. მუშაობის წესების შეთვისების შესამოწმებლად ყოველ ექვს თვეში ერთჯერ უნდა მოეწყოს მომუშავეთა გამოცდა.

38. სამუშაოზე მისაღებმა პირებმა, რომლებსაც რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენებასთან ექნებათ საქმე, უსათუოდ უნდა გაიარონ წინასწარი სამედიცინო შემოწმება.

39. ყველა მუშაკი ვალდებულია წელიწადში ერთხელ გაიაროს პერიოდული სამედიცინო შემოწმება, სისხლის ანალიზის აუცილებლად ჩატარებით.

წინასწარი და პერიოდული სამედიცინო შემოწმების დროს, საჭიროა ვიხელმძღვანელოთ სსრკ ჯანდაცვის სამინისტროს მიერ 1949 წლის 21 ივნისს დამტკიცებული ინსტრუქციით.

### VI. მომქმედ გამოსხივებათა მაქსიმალური დასაშვები დოზები

40. გარედან მომქმედი გამაგამოსხივების ნაკადისათვის უმაღლესი დასაშვები დოზა ერთი დღის განმავლობაში უდრის 0,05 r.

41. გარედან მომქმედი ბეტაგამოსხივების ნაკადისათვის უმაღლესი დასაშვები დოზა ერთი დღის განმავლობაში უდრის 0,05 რენტგენის ფიზიკურ ექვივალენტს.

42. ცალკეულ შემთხვევაში მომქმედი სხივების ერთდღიური ნორმა შესაძლებელია გადიდდეს, მაგრამ ერთი კვირის განმავლობაში მიღებული საერთო დოზა არ უნდა აღემატებოდეს 0,3 r ან ბეტაგამოსხივებისათვის—რენტგენის ფიზიკურ ექვივალენტს.

43. ხელებზე მომქმედი გამოსხივების დოზა შესაძლებელია გადიდდეს 4-ჯერ, მხოლოდ იმ პირობით, თუ მთელი სხეული მიიღებს იმ ფიზიკურ დოზაზე არა ნაკლებს, რომელიც 40, 41, 42 პუნქტში იყო მითითებული.

44. ბეტა და გამა-რადიოაქტიური იზოტოპებისათვის, რომლებიც იხმარება ინდიკატორული გამოყენების პრაქტიკაში, სამუშაო სათავსოს ჰაერში დასაშვები კონცენტრაცია არ უნდა აღემატებოდეს  $1.10^{-11}$  კიური დოზას ჰაერის 1 ლიტრზე.

დანართი 1.

### ბეტაგამოსხივებისაგან დაცვა

ბეტაგამომსხივებელი სხვადასხვა იზოტოპებისაგან დაცვა, ბეტანაწილაკების ენერგიის მიხედვით, შესაძლებელია ეკრანირების საშუალებით, რის შესახებ მოყვანილია შემდეგი ცხრილი.

E $\beta$ MeV	ჰაერის ფენა მეტ-ში	წყლის ფენა მილიმეტრში	ალუმინიუმის ფენა მილიმეტრში	E $\beta$ MeV	ჰაერის ფენა მეტრებში	წყლის ფენა მილიმეტრებში	ალუმინიუმის ფენა მილიმეტრებში
0,01	0,0013	0,002	0,0006	1,4	4,660	7,32	2,32
0,02	0,0052	0,008	0,0026	1,5	4,940	7,80	2,47
0,03	0,011	0,018	0,0056	1,6	5,440	8,53	2,70
0,04	0,019	0,031	0,0096	1,7	5,86	9,19	2,91
0,05	0,022	0,046	0,0144	1,8	6,26	9,83	3,11
0,06	0,030	0,063	0,020	1,9	6,68	10,3	3,31
0,07	0,052	0,083	0,0283	2,0	7,07	11,1	3,51
0,08	0,069	0,109	0,0384	2,1	7,46	11,7	3,71
0,09	0,082	0,129	0,04072	2,2	7,86	12,3	3,91
0,10	0,101	0,158	0,0540	2,3	8,26	13,0	4,10
0,20	0,313	0,491	0,153	2,4	8,66	13,6	4,30
0,30	0,567	0,859	0,281	2,5	9,09	14,3	4,52
0,40	0,860	1,35	0,426	2,6	9,48	14,9	4,71
0,50	1,111	1,87	0,593	2,7	9,84	15,5	4,91
0,60	1,571	2,46	0,773	2,8	10,27	16,1	4,96
0,70	1,86	2,92	0,926	2,9	10,67	16,7	5,30
0,80	2,31	3,63	1,15	3,0	11,06	17,4	5,50
0,90	2,61	4,10	1,30	3,2	11,45	18,6	5,89
1,0	3,06	4,80	1,52	3,4	12,64	19,8	6,28
1,1	3,48	5,43	1,72	3,6	13,43	21,1	6,67
1,2	3,85	6,05	1,92	3,8	14,22	22,3	7,07
1,3	4,270	6,70	2,12				

სხვა ნივთიერებისაგან დამზადებული ეკრანის სისქე იმდენჯერ მეტი ან ნაკლები იქნება ცხრილში მოცემული ალუმინიუმის ეკრანის სისქეზე, რამდენჯერაც აღებული ნივთიერების სიმკვრივე მეტი ან ნაკლები იქნება ალუმინიუმის სიმკვრივესთან (2,7 გრ/სმ<sup>3</sup>) შედარებით.

გამასხივებისაგან დაცვა

გამასხივებისაგან დაცვის საშუალებები ამ დანართში მოცემულია ორი ნომოგრამის სახით.

პირველი ნომოგრამის დახმარებით შეიძლება გამაგამოსხივებისაგან დაცვა ისეთ შემთხვევაში, როდესაც ამ მიზნით სპეციალურ ეკრანს არ ხმარობენ, არამედ ზრდიან მანძილს გამომსხივებელი წყაროდან ან ამცირებენ მასზე მუშაობის დროს.

მაგალითად, თუ გამომსხივებელი წყაროს აქტივობა (M) ტოლია რადიუმის 10 მილიგრამი ექვივალენტისა და სამუშაოდრო (t) 6 საათია, მაშინ ნომოგრამით ვპოულობთ, რომ გამომსხივებელი წყარო არა ნაკლებ 1 მეტრის მანძილზე უნდა იყოს დაშორებული (მანძილით დაცვა); თუ გამომსხივებელ წყაროს გააჩნია იგივე აქტივობა—M=რადიუმის 10 მილიგრამექვივალენტს, ხოლო მანძილი წყაროდან—r=0.4 მეტრს, მაშინ სპეციალური დაცვის გარეშე ამგვარ წყაროსთან ყოფნის ხანგრძლიობა t=1 საათს (დროის ხანგრძლივობით დაცვა); თუ მოცემულია დაშორების მანძილი წყაროდან; მაგალითად r=0,3 მ და ყოველდღიური სამუშაო დრო t=8 საათს, მაშინ ნომოგრამის მიხედვით აქტივობის მაქსიმალური დასაშვები რაოდენობა (m), რომელზედაც მუშაობა შესაძლებელი იქნება დაცვის მოწყობილობის გარეშე, უდრის რადიუმის 0,7 მილიგრამექვივალენტს.

ნომოგრამა № 3. შეიძლება გამოისახოს საკმაოდ მარტივ ფორმულის სახით:

$$\frac{mt}{r^2} = 60 . \quad \cdot (1)$$

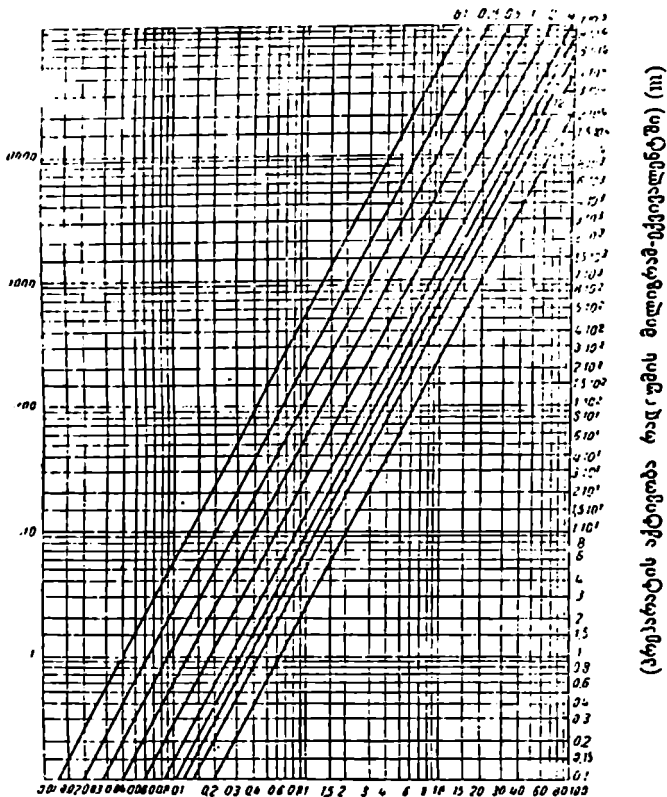
სადაც, M არის გამომსხივებელი წყაროს აქტივობა რადიუმის მილიგრამექვივალენტებში, ე. ი. იზოტოპის მილიკიურებში გამოხატული ისეთი რაოდენობა, რომელიც იგივე გამააქტივობას იძლევა, რასაც თავისი დაშლის პროდუქტებთან წონასწორობაში მყოფი 1 მილიგრამი რადიუმი; t—არის გამოსხივების მოქმედების დრო საათებში, r—მანძილი გამომსხივებელი წყაროდან მეტრებში.

ნომოგრამა № 4-ის საშუალებით გადაიქრება გამაგამოსხივებისაგან ტყვიით დაცვის საკითხები. ამის საფუძვლად მიღებულია რადიოაქტიური კობალტის ( $Co^{60}$ ) გამაგამოსხივებისაგან დაცვა, რომელთა გამაქვანტების საშუალო ენერჯია უდრის 1,25 MeV.



ნომოგრამა ეხება ყოველდღიურად 6 საათიანი გამოსხივების ზემოქმედებას.

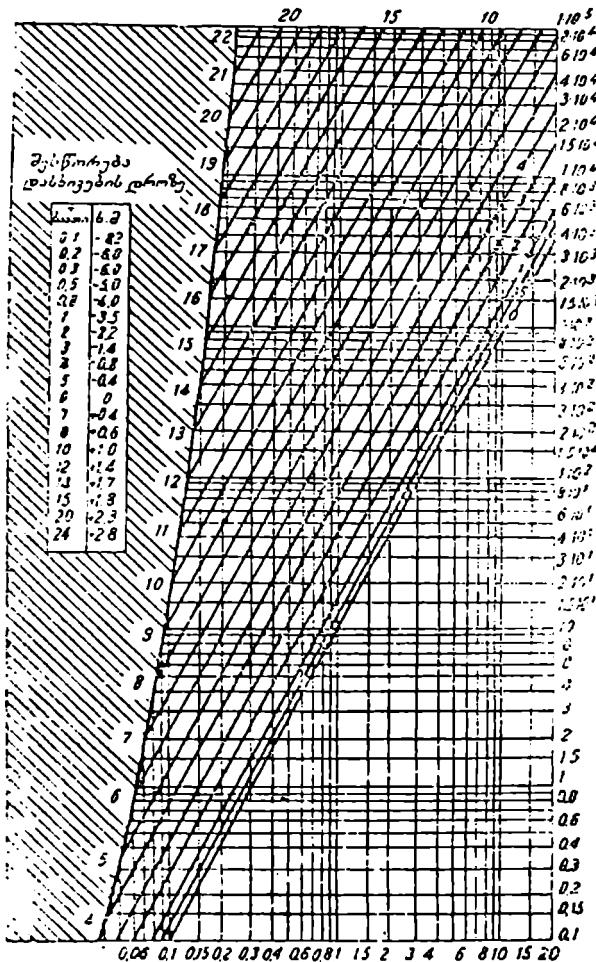
თუ გამოსხივების ზემოქმედება 6 საათზე მეტი ან ნაკლებია, მაშინ საჭიროა № 4 ნომოგრამაში შესწორების შეტანა გამოსხივების ზემოქმედების დროის მიხედვით. ეს შესწორება ნომოგრაფის დასახელების დროს საათებში



მანძილი გამოახივების წყაროდან მეტრებში (R)

ნომოგრამა № 3. გამაგამომსხიველ სხვადასხვა სიდიდის რადიოაქტიურ პრეპარატებზე მუშაობის დასაშვები დოზის გარეშე მოცემული მანძილის მიხედვით (დასხივების მაქსიმალური დასაშვები დოზა სამუშაო დღის განმავლობაში არის 0,05 რენტგენი).

მის მარცხენა მხარეზეა მოყვანილი. თუ რომელიმე შემთხვევაში გამაგამოსხივების ენერგია მნიშვნელოვნად განსხვავდება რადიო-ტყვიის სისქე სანტიმეტრებში



სხვა ენერგისათვის-  
გადამყვანი კოეფი-  
ციენტი  
ტყვიისათვის.

წყაროთა აქტივობა რადიუმის მიწვევებზე

$(g/Meil)$	$K$
0.10	0.011
0.125	0.019
0.15	0.022
0.175	0.043
0.20	0.057
0.3	0.15
0.4	0.27
0.5	0.38
0.6	0.45
0.7	0.60
0.8	0.66
0.9	0.77
1.0	0.84
1.1	0.97
1.2	0.97
1.3	1.03
1.4	1.06
1.5	1.13
1.8	1.25
2.0	1.32
2.2	1.35
2.4	1.37
2.6	1.40
2.8	1.42
3.0	1.45
4	1.42
5	1.37
6	1.30
8	1.20
10	1.10

მანძილი გამოსხივების წყაროდან მეტრებში

ნომოგრამა № 4. რადიოაქტიური ობაქტის გამაგამოსხივებისა-  
გან დაცვა ტყვიით და სხვა ნებისმიერი რადიოაქტიური იზოტოპის გამაგა-  
მოსხივებისაგან ტყვიით დაცვისათვის გადაყვანი კოეფიციენტები დასაშვებ-  
დოხა სამუშაო დღის განმავლობაში არის 0,05 რენტგენი.

აქტიური კობალტის გამაგამოსხივების ენერგიისაგან, მაშინ ძირითად ნომოგრამაზე მიღებული სისქის მაჩვენებელი უნდა განვრავლდეს გადასაყვან კოეფიციენტზე, რომელიც ნომოგრამის მარჯვენა მხარეზეა მოყვანილი.

დაცვის გამოანგარიშების საილუსტრაციოდ მოვიყვანთ ორ მაგალითს.

მაგალითი 1. დაცვისათვის დავადგინოთ ტყვიის სისქე (I) რადიუმის 100 მილიგრამექვივალენტის აქტივობის მქონე გამოცხივებელი წყაროსათვის (III), თუ მანძილი სამუშაო ადგილიდან— $r=0,5$  მ. წყაროს გამაგამოსხივების სპექტრი ახლოსაა რადიოაქტიური კობალტის ( $Co^{60}$ ) გამაგამოსხივების სპექტრთან, სამუშაო დრო  $t=6$  საათს.

ამოხსნა. მე-4 ნომოგრამაზე ჰორიზონტალური ხაზის, რომელიც რადიუმის 100 მილიგრამექვივალენტს შეესაბამება, და ვერტიკალური ხაზების,  $r=0,5$  მ, დამთხვევის ადგილზე მივიღებთ დაცვისათვის ტყვიის სისქეს;  $d=7$  სმ.

მაგალითი 2. მოცემული გეაქვს  $Na^{24}$  წყარო, მისი აქტივობა—რადიუმის 50 მილიგრამექვივალენტს. ეს შეესაბამება  $Na^{24}$ -ის 22 მილიკიურის (იხ. დანართი № 3). უნდა მოინახოს დაცვისათვის ტყვიის სისქე (II), როდესაც სამუშაო დრო  $t=8$  საათს, წყაროდან სამუშაო ადგილამდე მანძილი— $r=1$  მ.

ამოხსნა. მე-4 ნომოგრამის მიხედვით ჰორიზონტალური გადაძვეთი ხაზი III—რადიუმის 50 მილიგრამექვივალენტს და ვერტიკალური გადაძვეთი ხაზი  $r=1$  მ. მოენახავთ  $d=3,1$  სმ. შემდეგ შეგვაქვს შესწორება გამოსხივების მოქმედების დროისათვის;  $t=8$  საათს შეესაბამება 0,6 სმ. ამგვარად, 8 საათიანი სამუშაო დღისათვის  $Na^{24}$  გამაგამოსხივებისაგან დასაცავი ტყვიის სისქე იქნება:

$$d(Na^{24})=3,1+0,6=3,7 \text{ სმ.}$$

ნომოგრამის მარჯვნივ მოთავსებული, ცხრილის მიხედვით შეგვაქვს შესწორება ენერგიათა სპექტრის სხვაობაში.

$Na^{24}$ -ის გამაქვანტების ენერგია უდრის 2,8 MeV. ამ სიღრმის გასწვრივ მოენახავთ გადასვლის კოეფიციენტს, რომელიც უდრის 1,42. აქედან საბოლოოდ ირკვევა დაცვისათვის ტყვიის სისქე:

$$d(Na^{24})=1,42+3,7=5,25 \text{ სმ.}$$

№ 4 ნომოგრამის დახმარებით შესაძლებელია, აგრეთვე, სხვა ამოცანების გადაწყვეტაც. მაგალითად, 1) არაღამაზიანებელი მან-

ძალის განსაზღვრა, როდესაც მოცემულია სისქე (d) და აქტივობა (m); 2) დასაშვები აქტივობის (m) განსაზღვრა, როდესაც მოცემულია მანძილი და სისქე (r და d); 3) რადიოაქტიური ნივთიერებების გადატანის საკითხები; 4) საიმედო დაცვის უზრუნველყოფის გამომანგარიშება, როდესაც დოზა ერთი სამუშაო დღის განმავლობაში მეტია, ვიდრე 0,05.

დანართი № 3

რადიუმის მილიგრამექვივალენტის მიხედვით გამოხატული ერთი მილიკიური იზოტოპის გამააქტივობის ცხრილი

იზოტოპი	ნახერადუდაშლის პერიოდი	1 მილიკიური იზოტოპის აქტივობა მილიგრამექვივალენტში
C <sup>11</sup>	20,4 წუთი	0,74
N <sup>13</sup>	10 "	0,74
Na <sup>23</sup>	2,6 "	1,58
Na <sup>24</sup>	14,4 "	2,29
Cl <sup>36</sup>	38,5 "	1,11
K <sup>41</sup>	12,4 "	0,24
Se <sup>65</sup>	85 დღე	1,37
V <sup>48</sup>	16 "	1,95
Mn <sup>53</sup>	5,8 "	2,34
Mn <sup>54</sup>	21,2 წუთი	0,91
Co <sup>56</sup>	18 საათი	0,64
Mn <sup>54</sup>	2,6 "	0,83
Co <sup>58</sup>	72 დღე	1,57
Ni <sup>57</sup>	35,7 "	1,11
Fe <sup>59</sup>	40 დღე	0,78
Co <sup>60</sup>	5,4 წელი	1,60
Co <sup>60</sup>	10,7 წუთი	0,13
Cu <sup>61</sup>	3,3 საათი	0,57
Zn <sup>63</sup>	38,3 წუთი	0,10
Cu <sup>64</sup>	12,88 საათი	0,14
Ni <sup>63</sup>	2,56 საათი	0,59
Zn <sup>65</sup>	250 დღე	0,33
Ga <sup>73</sup>	14,5 საათი	1,60
As <sup>76</sup>	25,75 საათი	0,27
Br <sup>81</sup>	35,9 "	1,80
Zr <sup>95</sup>	65 დღე	0,67
Rh <sup>106</sup>	30 წამი	0,16
Cd <sup>107</sup>	6,7 საათი	0,0024
Ag <sup>110</sup>	270 დღე	0,17
Cd <sup>111</sup>	48,7 წუთი	0,25
Jn <sup>111</sup>	1,25 წუთი	0,023
J <sup>126</sup>	2,84 დღე	0,28
J <sup>120</sup>	12,6 საათი	1,56
J <sup>131</sup>	8 დღე	0,25
Cs <sup>134</sup>	0,8 წელი	0,01
Cs <sup>137</sup>	37 "	0,40

იზოტოპები	ნახევრადდაშლის პერიოდი	1 მილიკური იზოტოპის აქტივობა თლიგრამ ექვივალენტში
Zn <sup>140</sup>	41 საათი	0,90
Ce <sup>141</sup>	33 დღე	0,04
Ce <sup>143</sup>	33 საათი	0,78
Eu <sup>166</sup>	15,4 დღე	0,67
Er <sup>171</sup>	7,5 საათი	0,33
Hf <sup>181</sup>	46 დღე	0,42
Ta <sup>183</sup>	117 დღე	0,73
Rc <sup>186</sup>	92,8 საათი	0,08
Jr <sup>192</sup>	70 დღე	2,2
Au <sup>194</sup>	39,5 საათი	1,29
Au <sup>196</sup>	180 დღე	0,06

## ЛИТЕРАТУРА

- Аглинцев К. К., Основы дозиметрии ионизирующих излучений, Медгиз, Ленинград, 1954.
- Альтшулер С. В., Меченые атомы, Воениздат, Москва, 1948.
- Амрудская Н. М., Влияние малых (индикаторных) доз бета-лучей радиофосфора на содержание сахара в крови, в кн.: Опыт применения радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз УССР, Киев, 1955.
- Анджапаридзе Л. И., Мехуэла Т. А., Зелгендзе И. Ш., Сванидзе Ш. В., О лечении некоторых заболеваний кроветворного аппарата радиоактивным фосфором, тезисы докладов Зак. радиологической конференции, Грузмедгиз, Тбилиси, 1955.
- Ардашников С. Н., Рейнберг Г. А., Применение радиоактивных изотопов для клинических исследований, Клиническая медицина, 1955, т. 33, № 6.
- Багдасаров А. А., Винсброд-Финкель Ф. Р., Аксенова О. В., Богоявленская М. П., Болдышева Г. Ш., Родина Р. И., Скопина С. Б., Применение лейкоцитарной массы при лечении хронической лучевой болезни, Клиническая медицина, 1955, т. 33, № 6.
- Бакин Е. И., Влияние эманации радия на течение условных рефлексов у собак, Вестник рентгенологии и радиологии, 1946, т. 26, вып. 4.
- Бакин Е. И., Влияние проникающего излучения на функции центральной нервной системы, Вестник рентгенологии и радиологии, 1951, № 3.
- Бакин Е. И., Киселев П. Н., Ларионов Л. Ф., Михайлов С. Е., Побединский М. Н., Стрелин Г. С., О действии ионизирующего излучения на организм, Вестник рентгенологии и радиологии, 1951, № 3.
- Баранов В. И., Заборенко К. Б., Несмеянов А. Н., Методы работы с радиоактивными веществами, в сб. Радиохимия, изд. МГУ, Москва, 1952.
- Барбашова З. И., К вопросу о профилактике лучевой болезни, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 56.
- Барбалин А. М., Изменения морфологического состава крови миелонной лейкемии под влиянием рентгенотерапии, Врачебная газета, 1927, № 10.
- Бах Н. А., Действие излучения на водные растворы неорганических солей, сб. трудов сессий АН СССР, по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, Москва, 1955.

- Байдок В. Н., Западнюк В. И.,** Всасывание радиоактивного фосфора к радиоактивной сере при аппликации на слизистую носа кролика, Врачебное дело, 1955, № 8.
- Белицер В. А., Лобачевская О. В., Саенко Т. В.,** О природе денатурационного превращения белка, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков, и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 66.
- Белоусов А. П., Шеншелевич Л. Л., Шитикова М. Г.,** Механизм поступления железа в костный мозг, в кн.: Труды по применению радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз, Москва, 1955.
- Берман Л. Г.,** Сдвиги эритропоэтической функции кроветворения при воздействии рентгеновских лучей, Труды центрального института рентгенологии и радиологии им. В. М. Молотова, Москва, 1941, стр. 167.
- Благман Г. Ф., Дымшиц Р. А., Грачева Н. А., Зудин В. С.,** Лечение радиоактивным йодом больных тиреотоксикозами, Клиническая медицина, 1955, т. 33, № 6.
- Блиндер Г. Д.,** Подсадка тканей как метод профилактики лучевых повреждений и воспалительных процессов, осложняющих течение рака в период лучевой терапии, в кн. Опыт применения радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз УССР, Киев, 1955.
- Блохин Н. Н.,** Влияние освещения лучами рентгена области глгофиза на газовый обмен отдельных органов, Вестник рентгенологии и радиологии, 1938, XX, стр. 103.
- Большакова М. М., Рише Ф. Н.,** Влияние лучей Рентгена и радия на витально окрашенные формы эритроцитов и тромбоцитов в опытах на животных, Вопросы онкологии, 1937, т. II, № 1, стр. 144.
- Большакова М. М.,** Влияние лучей Рентгена и радия на ретикулоциты и тромбоциты крови в опытах на животных, Хирургия, 1939, № 1, стр. 79.
- Боровская Д. П.,** К вопросу происхождения гетерофильных аггител (геммагглютининов) человеческой сыворотки, влияние на организм рентгеновского облучения. Клиническая медицина, 1946, № 7—8.
- Боровская Д. П.,** Действие рентгеновских лучей на количество циркулирующих в крови аггител. Тр. Центр. Научно-исслед. инст. рентгенологии и радиологии им. В. М. Молотова, 1952, т. 7.
- Боровская Д. П., Равинская С. Д.,** Действие рентгеновских лучей и радия на протромбин крови, труды Научной сессии Института рентгенологии и радиологии им. В. М. Молотова, 1949, стр. 151.
- Бочкарев В. В., Кейрим-Маркус И., Львова М., Пруслин Я.,** Измерение активности источников бета и гамма излучателей, изд. АН СССР, Москва, 1953.
- Бродский А. И.,** Химия изотопов, изд. АН СССР, Москва, 1952.
- Брунст В. В.,** Изучение летального действия тотальной рентгенизации при различном распределении дозы во времени, Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1942, № 9.
- Быховская А. Н.,** О влиянии эманации радия на изолированное сердце лягушки, Физиотерапия, 1927, № 2—3, стр. 100.

- Бычковская Н. П., О биологическом действии рентгеновского излучения в малых дозах, Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1952, № 10.
- Васильев Л. Л., Теория и практика лечения ионизированным воздухом, изд. Ленинградского гос. Университета, Ленинград, 1953.
- Вайдрах Г. М., Исследование крови у рентгеноработников, Гигиена труда, 1926, 1, 1, 47.
- Вершинский И. В., Радиационная химия, Успехи химии, 1951, 20, 3, 288.
- Векслер В., Грошев А., Исаев Б., Ионизационные методы исследования излучений. Изд. 2-е, Госиздат, М.—Л., 1950.
- Владимиров Г. Е., Пелишенко И. А., Уринсон А. П., влияние состава консервированной жидкости на сохранность эритроцитов при хранении, в кн.: Труды по применению радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз, Москва, 1955.
- Владос Х. Х., Бондаренко Е. А., Этиология и патогенез бирмеровской анемии, Современные проблемы гематологии, 1934, 7—8, 209.
- Власова Л. Н., Влияние непокаинной блокады на распределение радиоактивного фосфора в нерве и мышце при экспериментально-воспалительном процессе, в кн.: Труды по применению радиоактивных изотопов в медицине.
- Войко-Ясенский А. В., Влияние гаммаизлучения  $Co^{60}$  на процессы размножения у лягушек, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда лимнологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 135.
- Волкова М. А., Опыт применения радиоактивного кобальта для телерадиевой терапии, в кн.: Лечебное применение радиоактивного кобальта, Медгиз, Москва, 1955.
- Воскресенский Н. М., О морфологических изменениях хроматина покоящихся клеток под действием X-лучей, Вестник рентгенологии и радиологии, 1938, 6, 2, 117.
- Габелова Н. А., Новый метод радиометрического определения скорости кровотока, в кн.: Труды по применению радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз, Москва, 1955, ст. 69.
- Габелова Н. А., Прижизненное изучение функциональной активности щитовидной железы у человека при помощи радиоактивного иода, там же, стр. 89.
- Габелова Н. А., К исследованию механизма поглощения иода щитовидной железой, там же, стр. 74.
- Габелова Н. А., Особенности иодного обмена, у человека в условиях зобной эндемии, там же, стр. 112.
- Галанин Н. Ф., Защита глаз от воздействия лучистой энергии, Гигиена труда, 1933, № 3, стр. 31.
- Гаршин В. Г., О влиянии рентгеновских лучей на фагоцитарную функцию гигантских клеток, Вестник рентгенологии и радиологии, 1936, 17, 412.



- Гасуль Р. Я., Поляков А. Н., О биохимическом действии рентгеновских лучей на протеолитические и другие процессы, Журнал экспериментальной биологии и медицины, 1929, 23, стр. 15.
- Гасуль Р. Я., Клиническое значение исследования и биохимического действия рентгеновских лучей, Врачебное дело, 1929, 8, 522.
- Гейсман Я. И., Жирмунская Е. А., К механизму действия рентгеновских лучей на функциональное состояние центральной нервной системы (по данным электроэнцефалографии), Вестник рентгенологии, 1953, № 2, стр. 5.
- Гемпельман Л., Лиско Г., Гофман Д., Острый лучевой синдром, изд. л., по заказу Минздрава СССР, Москва, 1954 г.
- Гзвришвили А. З., Применение радиоактивного фосфора в целях функциональной диагностики почек, тезисы докладов Зак. радиологической конференции, Грузмедгиз, Тбилиси, 1955.
- Гюоргадзе К. Л., Функциональное состояние щитовидной железы при гипертонической болезни. Тезисы докладов Зак. радиологической конференции, Грузмедгиз, Тбилиси, 1955.
- Гюгоберидзе Д. Б., Физики-пионеры отечественной рентгенологии, Вестник рентгенологии, 1952, № 4, стр. 75.
- Гюльдштейн Л. М., Бекерман Г. И., О способах повышения выносливости кожи к рентгеновским лучам при лечении злокачественных опухолей внутренних органов, Новости медицины, вып. 18, 1950.
- Гюльдштейн Д. И., Герасимова В. В., Кондратьева Л. Г., Влияние витамина С на скорость обновления пулукленновых кислот в клетке животного организма, в кн.: Опыт применения радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз УССР, Киев, 1955.
- Гюризонтов П. Д., Функциональное проявление поражающего действия внешнего облучения, в кн.: Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954.
- Гюродинский С. М., Пархоменко Г. М., Вопросы профилактики при работах с радиоактивными изотопами, Гигиена и санитария, 1953, № 4, стр. 22.
- Гюродинский С. М., Пархоменко Г. М., Гигиена труда при работе с радиоактивными изотопами, Медгиз, Москва, 1954.
- Гюродецкий А. А., Особенности течения и исхода острого лучевого синдрома при общем внешнем и внутреннем облучении ионизирующими радиациями, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 186.
- Гюродецкий А. А., Биологическое действие ионизирующих проникающих излучений, в кн.: Опыт применения радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз УССР, Киев, 1955.
- Гюродецкий А. А., Влияние рентгеновских лучей на функцию физиологической системы соединительной ткани. Сб. трудов Киевского ин-та усов. врачей, 1950.

- Тородецкая Г. Я., Влияние общего рентгеновского облучения на некоторые процессы обмена веществ в головном мозгу и периферических органах и тканях, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, 1955, изд. АН СССР, стр. 187.
- Горчаков А. К., Черенько М. П., Опыт лечения больных с гипертиреозидной формой зобной болезни радиоактивным изотопом йода, Врачебное дело, 1955, 8.
- Граевский Э. Я., Исследования по защите животного организма от поврежденного действия ионизирующих излучений, сб. трудов Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, 1955.
- Гречишкин С. В., К вопросу практической дозиметрии, Вестник рентгенологии, 1938, 19, стр. 542.
- Гречишкин С. В., Условия труда в радоновых лабораториях, Гигиена труда и техника безопасности, 1934, № 2, стр. 87.
- Грозденский Д. Э., Замычкина К. С., Королева Е. И., Исследования выделительной функции пищеварительных желез методом меченых атомов. Сообщение I. труды по применению радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз, Москва, 1955.
- Грозденский Д. Э., Замычкина К. С., Королева Е. И., Выделение радиоактивного фосфора с кишечным соком, сообщение II, там же стр. 226.
- Грозденский Д. Э., Замычкина К. С., Королева Е. И., Полесова Р. Я., Выделение радиоактивного фосфора с желчью, получаемой из фистулы желчного протока человека, оперированного по поводу острого холецистита, сообщение III, там же стр. 230.
- Грозденский Д. Э., Королева Е. И., Всасывание фосфата натрия на пищеварительного тракта при гипоксии, там же, стр. 235.
- Гусев Н. Г., Абсолютная радиометрия радиоактивных изотопов (Определение активности радиоактивных препаратов в единицах Кюри), в кн.: Труды по применению радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз, Москва, 1955.
- Даниленко А. И., Интенсивность бета-излучения крови человека, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 200.
- Дахнов В. Н., Применение радиоактивных методов при разведке полезных ископаемых, сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, Москва, 1955.
- Дейтон Ф. С., О существовании свободных атомов и радикалов в воде и водных растворах, подвергнутых действию ионизирующего излучения, химическое действие излучений большой энергии, изд. п.—л. 1949, стр. 97.
- Дейнеке И. Я., Дубовой Е. Д., Полинчук В. Д., Лечение радиоактивным фосфором некоторых воспалительных заболеваний, Врачебное дело, 1955, № 8.

- Добровольский Е. Е., Обручева-Добровольская Л. Н., Колебание осмотической резистентности эритроцитов в связи с действием лучей Рентгена и теория гемолиза, в сб.: Экспериментальная и клиническая рентгенология, Харьков, 1928, стр. 76.
- Дошмак М. П., Количественные закономерности действия внешних облучений, в кн.: Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954, стр. 56.
- Дошмак М. П., Раевская С. А., Опыт лечения радиоактивным фосфором больных полицитемией, сб., работ. Лечение радиоактивным фосфором больных эритремией и лейкозами. Москва, Медгиз, 1955, стр. 98.
- Дошмак М. П., Селихова В. В., Некоторые итоги лечения радиоактивным фосфором больных лейкозами, там же стр. 112.
- Дразнин Н. М., Изучение функционального состояния щитовидной железы при помощи радиоактивного йода, Клиническая медицина, 1955, т. 33, № 6.
- Дубинская Б. Н., Адливанкина Д. А., Константиновская М. С., Лейкоцитарная формула крови при воспалительных заболеваниях крови и связи с лечением их лучистой энергией, Врачебное дело, 1937, № 9—10, стр. 679.
- Дубинской А. А., Применение радиоактивного фосфора для лечения больных эритремией и лейкозами. Сб. работ. Лечение радиоактивным фосфором больных эритремией и лейкозами, Москва, Медгиз, 1955.
- Дубовой Е. Д., Никитин С. А., О сенсibiliзирующем действии бриллиантовой зелени при освещении рентгеновыми лучами, Вестник рентгенологии, 1933, т. XII, в. 5, стр. 370.
- Джибладзе Н. В., Тканевая терапия и ее влияние на состав периферической крови и костного мозга, диссертация на соискание степени к. м. наук, Тбилиси, 1955.
- Егоров А. П., Бочкарев В. В., Кроветворение и ионизирующая радиация, Медгиз, М., 1950, стр. 227.
- Егоров А. П., Значение анализов крови при лучевой болезни, в кн.: Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954.
- Ершов З. В. Радиологическая характеристика условий труда в радиевом производстве. Сб. трудов по рентгенологии, Биомедгиз, 1936, т. II стр. 222.
- Ефимов В. В., Биофизика для врачей, Медгиз, Москва, 1952.
- Жаброва Г. М., Применение изотопных методов при изучении катализаторов, Успехи химии, 1955, т. 24, в. 5.
- Жгенти В. К., Квалнашвили А. А., Семенская Е. М., Топурия Ш. Р., Цварава Е. Н., Клиника и лечение лучевой болезни, тезисы докладов Зак. радиологической конференции, Грузмедгиз, Тбилиси, 1955.
- Жданов И. М., Влияние лучей радия-мезотория на кровеносные сосуды, Вопросы проницаемости кровеносных капилляров в патологии, М. 1946, стр. 58.

- Жолио-Кюри Ф.**, Что мы должны знать, Ж. В защиту мира, 1955, № 47, стр. 7.
- Жуковичский А. А.**, Методы исследования диффузии с помощью радиоактивных изотопов, техническое отделение Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, Москва, 1955.
- Заков С. В.**, Об охране труда рентгеновского персонала, Вестник рентгенологии, 1931, т. IX, в. 5—6, стр. 421.
- Закусов В. В.**, О действии рентгеновских лучей на периферические сосуды, Врачебное дело, 1942, № 20—23, стр. 1087.
- Закутинский Д. И.**, Особенности действия радиоактивных веществ на организм, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 248.
- Заславский Ю. С.**, Исследование износных свойств масел и топлива с помощью радиоактивных изотопов, Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, Москва, 1955.
- Зедгенидзе Г. А.**, Действие рентгеновых лучей на эластическую ткань кожи и сосудов белых мышей, Вестник рентгенологии, 1935, т. XV, в. 6, стр. 419.
- Зедгенидзе Г. А.**, Морфологические изменения в органах лабораторных животных при облучении рентгеновскими лучами, Вестник рентгенологии, 1936, XVII, 356.
- Зедгенидзе И. Ш.**, Изучение барьерной функции спинномозгового канала изотопами, тезисы докладов Зак. радиологической конференции, Грузмедгиз, 1955.
- Зисман Г. А.**, Мир атома, изд. тех. теор. литературы, М.—Л., 1951
- Зюзин И. К.** Опыт применения радиоактивных изотопов в нервно-психиатрической практике, Клиническая медицина, 1955, том 33, № 6.
- Иванов Н. И.**, Действие бета-лучей радия «Е» на кожу, в сб.: Вопросы онкологии, Медгиз, 1940.
- Иванов И. И.**, Некоторые данные о биохимическом механизме развития лучевой болезни, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 258.
- Иванов И. И., Модестов В. К., Штуккенбергер Ю. М., Романцов Е. Ф., Воробьев Е. И.**, Радиоактивные изотопы в медицине и биологии, Практическое руководство, Медгиз, Москва, 1955.
- Игнатович Ю. Ф.**, Ионизированный метод исследования защиты от рентгеновых лучей, Вопросы рентгенологии и смежных областей, 1935, том I, стр. 275.
- Игнатьев А.**, (под общей редакцией). Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954.
- Иоффе А. Ф.**, Основные представления современной физики, Госизд. тех. теор. литературы, 1949.
- Иткин С. И.**, Влияние рентгеновских лучей на проницаемость капилляров, труды института физиологии АН СССР, 1947, т. IV.

- Кабак Я. М.**, Разрушение щитовидной железы внутренней ионизирующей радиацией (радиоактивным иодом) и некоторые способы защиты (опыты на птицах). Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда, изд. АН СССР, 1955, стр. 266.
- Кавецкий Р. Е.**, Применение искусственно-радиоактивных изотопов в биологии и медицине. Опыт применения радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз УССР, Киев, 1955, стр. 7.
- Кавецкий Р. Е., Даниленко А. И., Уманский Ю. А.**, Исследование накопления радиожиелеза в опухолях при введении его в опухолевый организм в составе комплексного соединения аскорбината железа. Там же, стр. 105.
- Казанцева Т. И.**, К анализу повреждения тканевых белков кремневой кислотой и условия восстановления их в исследованиях с помощью радиоактивных веществ. Тезисы докладов сессии Ленинградского н/и института гигиены труда и профзаболеваний. Ленинград, 1954.
- Камен М.**, Радиоактивные индикаторы в биологии, Москва, 1948.
- Кокаревская А. А.**, Об изменениях функции внутренних органов при острой лучевой болезни. Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 274.
- Карлин М. И., Могильницкий Б. Н.**, К вопросу о действии рентгеновых лучей на легкие и сердце животных, Вестник Рентгенологии, Клиническая медицина, 1932, том X, № 13, стр. 449.
- Карлин М. И., Варрик Л. Н.**, К вопросу о действии рентгеновых лучей на кровяные пластинки, Вестник рентгенологии, 1929, том 7, в. 6, стр. 437.
- Карпов В. А.**, Действие ядерных излучений на высокополимерные вещества, Сб. трудов сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии. Изд. АН СССР, Москва, 1955.
- Катамадзе В. Р.**, К устройству естественной радиоэманатории в Цхалтубо, Клиническая медицина, 1953, № 5, стр. 48.
- Кельмен А. А., Крукнер М. Д.**, Антитоксическая функция печени у больных раком шейки матки при лучевой терапии. Клиническая медицина, 1955, № 4 стр. 85.
- Кеприн-Маркуа И. Б., Мартулис У. Я.** Краткий очерк физических основ радиологии. В кн.: Биологическое действие и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954, стр. 7.
- Киселев П. Н.**, Биологическое действие радиоактивного фосфора, сб. работ. Лечение радиоактивным фосфором больных эритремией и лейкозами, Медгиз, Москва, 1955.
- Кэваленко В. Н.**, Ионизация воздуха при некоторых видах лучистой энергии на производстве в свете гигиены труда, тезисы докладов Сессии Ленинградского н/и Института гигиены труда и профзаболеваний, 1954.
- Коврижных А. М., Кучаев В. А.**, Радиоактивные источники высокого напряжения, 1955, 6, стр. 86.

- Кометнани П. А., Ткешелашвили Л. К., Овсянко Т. К., Исследование распределения превращений и скорости обновления фосфорилхолина и фосфорилэтаноламина в животном организме. Тезисы докладов Зак. радиологической конференции, Грузмедгиз, Тбилиси, 1955.
- Кост Е. А., Лейкозы и эритремии (обзор методов лечения), сборник работ: Лечение радиоактивным фосфором больных эритремией и лейкозами, Медгиз, Москва, 1955.
- Корсунский М. И., Атомное ядро. Государственное изд. технико-теоретической литературы М.—Л. 1949.
- Кочаровский Б. В., Лечение радиоактивным фосфором некоторых кожных болезней. В кн.: Применение радиоактивного фосфора для лечения кожных заболеваний, Медгиз, Москва, 1955.
- Кочнева Н. П., Свертываемость и вязкость крови у больных леченных рентгеновыми лучами и радием, Вестник рентгенологии, 1924, том 2, стр. 135.
- Кочнева Н. П., О влиянии лечения лучами Рентгена и радием на ферменты крови, Вестник рентгенологии, 1922, том I, вып. 5—6, стр. 425.
- Коштоянц Х. С., Туркаева Т. М., Рывкина Д. Е., Исследование биохимической основы процессов нервного возбуждения и торможения с помощью изотопов. Сб. тр. Сессии АН СССР по широкому использованию атомной энергии, Биологическое отделение, изд. АН СССР 1955, стр. 289.
- Краевский Н. А. Патологическая анатомия лучевой болезни, В кн.: Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954.
- Крылов Н. П., Атомная энергия и медицина, Советская медицина, 1947, 6, 19.
- Кронгауз А., Защита от излучений при работе с изотопами. Газ. Медицинский работник от 24, 4, 55, № 52.
- Круглев А. Н., Клавдиенко И. М., Применение люминаля при общей раяней рентгеновской реакции. Советское здравоохранение Киргизии 1952, № 3, стр. 13.
- Кублицкая Н. В., Влияние адреналина на реакцию слизистой рта при радиевой терапии злокачественных новообразований, Вестник рентгенологии, 1951, № 3, стр. 13.
- Кузин А. М., Биохимические основы биологического действия ионизирующей радиации. Сб. тр. Сессия АН СССР по мирному использованию атомной энергии, Биологическое отделение, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 69.
- Кузин А. М., Будилова Е. В., Плишевская Е. Г., Эйбус Л. Х., Стражеская Н. Б., О значении нарушения структуры макромолекул в биологическом действии ядерных излучений. Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 353.

- Кузин А. М., (под редакцией). Изотопы в биохимии. Изд. И. Л. Москва, 1953.
- Курсанов А. Л., Сондак В. А., Неговский Н. П., Рудерман А. И., Комбинированное действие бальзама Шестаковского и Шанцина из листьев чая при рентгеновских повреждениях, Вест. рент. и радиологии, 1952, № 6, стр. 68.
- Куршаков Н. А., К вопросу о клинике и лечения лучевой болезни, В кн.: Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954.
- Куршаков Н. А., Клиника и принципы лечения острой лучевой болезни, Клиническая медицина, 1955, том 33, № 6.
- Лазарев Н. В., (общая редакция), Вредные вещества промышленности. Гос. научно-техническое изд-во химической литературы, Ленинград, 1954.
- Лазарева А. П., Опыт применения метацилла для стимуляции лейкопоэза при лучевой лейкопении, тр. АМН СССР, Вопросы онкологии, 1952, том 18, вып. 4.
- Лаптева-Попова М. С., Мартинкевич Е. Н., Эффективность гепалола при т. н. общей рентгеновской реакции, Клиническая медицина, 1947, № 2.
- Левина З. Н., Условия труда в рентгеновских лабораториях. В кн.: К проблеме оздоровления труда в металлообрабатывающей промышленности, Л., 1936, стр. 120.
- Левитин Б. А., Изменения оварально-менструальной функции под влиянием микродоз радия у работниц радиевого производства. Труды Центрального института гигиены труда и промышленной санитарии, вып. 3, 1933.
- Левитин Б. А., Основные принципы оздоровления производства радия и защиты от воздействия радиоактивных веществ, труды центрального института гигиены труда и промышленной санитарии, вып. 3, 1935.
- Левитин Б. А., Реакция яичников при облучении микродозами радия, Труды центрального института рентгенологии и радиологии им. В. М. Молотова, 1941, том 5, стр. 225.
- Левитин Б. А., Санитарно-радиологическая оценка условий труда в физической и химической лабораториях радиевого производства, в сб.: Гигиена труда в производстве радия, 1935, стр. 67.
- Левитин Б. А., Современное состояние вопроса о влиянии радия на здоровье рабочих в производственных условиях, труды центрального института гигиены труда и пром. санитарии, вып. 3, 1935.
- Летавед А. А., Тарасенко Н. Ю., Вопросы гигиены труда при промышленном радиографировании, Гигиена и санитария, 1951, № 2, стр. 24.
- Лешковцев В. А., Атомная энергия, Гостехтеориздат, Москва, 1955.
- Ломонос П. И., Изменения условно-рефлекторной деятельности собак при рентгеновском облучении, Сообщение I, Вестник рентгенологии и радиологии, 1953, № 4.

- Лукьянов С. Ю., Основные представления экспериментальной ядерной физики, Природа, 1955, № 4, стр. 11.
- Ляпидевский В. К., Кронгауз А. Н., Шотов Д. А., Простейший индикатор на гамма излучение, Вестник рентгенологии, 1951, № 5, стр. 87.
- Макулова И. Д., Материалы к ранней диагностике хронического воздействия ионизирующей радиации. Тезисы докладов Ленинградского н/и института гигиены труда и проф. заболеваний, 1954, стр. 11.
- Мамамтавршвили Д. Г., Ионизирующая радиация и лучевая болезнь, Газ. «Заря Востока», 1955, № 174, (9366), 24. VII, стр. 3.
- Марцинковский Б. И., Экспертиза трудоспособности при профессиональных заболеваниях, Медгиз, Москва, 1953.
- Медведев Г. А., Мейсель М. Н., Шехтман Я. Л., О применении одномоментных, кратковременных облучений большой мощности для изучения динамики радиобиологического эффекта. Журнал общей биологии, 1952, 8, 3, 243.
- Мезенцев В., Народы требуют запрещения атомного и водородного оружия, Госполитиздат, Москва, 1955.
- Минаев П. Ф., Лучевой нож, Ж. Наука и жизнь, 1955, № 3, стр. 14.
- Минасов В. С., Действие излучения радиоактивного фосфора ( $P^{32}$ ) на кожу кролика, Вестник венерологии и дерматологии, 1953, № 1.
- Мишель Рузе, Атомная энергия уже приводит в действие электростанцию в СССР и подводную лодку в США, Ж. В защиту мира, 1955, № 47, стр. 68.
- Мищенко И. П., Влияние лучистой энергии на белковую молекулу, ж. Экспериментальной биологии и медицины, 1927, 17, 438.
- Мищенко И. П., Влияние рентгеновых лучей на эритропоэз, в кн.: Экспериментальная и клиническая рентгенология, Харьков, 1928, II, 58.
- Могильницкий Б. Н., Брумштейн М. С., Рентгеновые лучи и проницаемость капилляров. Вопросы проницаемости кровеносных капилляров в патологии, М, Изд. Академии Медицинских наук, 1949, стр. 61.
- Могильницкий Б. Н., Подляшук И. Д., К вопросу о действии рентгеновых лучей на центральную нервную систему, Вестник современной медицины, 1929, № 19, стр. 399.
- Молдавская Я. О влиянии профессиональной работы рентгенологов на эритропоэтическую функцию костного мозга, Журнал усовершенствования врачей, 1928, 6, 343.
- Можарова Е. Н., Белугина З. Т., Лечение радиоактивным фосфором больных истинной полицитемной и некоторыми формами лейкозов, сб. работ: Лечение радиоактивным фосфором больных эритремией и лейкозами, Медгиз, Москва, 1955.



- Маденинская Е. П., Исследование износа режущего инструмента с помощью радиоактивных изотопов. Сб. трудов тех. отдела сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, Изд. АН СССР, Москва 1955.
- Надсон Г. А., О действии рентгеновых лучей на клетку, Врачебное дело, 1925, 15—17, 1210.
- Назаршвили Г. П., Вепхвадзе Р. Я., Вахтангишвили Т. В., Гарсиашвили К. И., Образование костной мозоли при лучевой болезни. Труды первой Зак. конференции по медицинской радиологии. Грузмедгиз Тбилиси, 1956.
- Невлер А. И., Влияние лучистой энергии на дифтерийный и дизентерийный токсины, Вестник рентгенологии и радиологии, 1940, 22, 183.
- Невский Н. А., Смольников В. И., Изменение скорости кровотока и капиллярскопической картины у здоровых и у некоторых групп сердечных больных под влиянием радоновых ванн, Клиническая медицина, 1955, № 7, стр. 78.
- Нейман М. Б., Атомная энергия для мирных целей, Природа, 1955, № 4, стр. 9.
- Неменов М. И., О влиянии рентгеновских лучей на высшую нервную деятельность, Вестник рентгенологии и радиологии 1944, в. 1. стр. 54.
- Несмеянов А. Н., Лепицкий А. В., Руденко Н. П., Получение радиоактивных изотопов, Госхимиздат, Москва, 1954.
- Несмеянов А. Н., Меченые атомы, Гостехиздат, М., 1952.
- Несмеянов А. Н., Радиоактивные изотопы. Стенограмма публичной лекции, изд. «Знание», Москва, 1955.
- Несмеянов А. Н., Радиоактивные элементы и их применение, Москва, 1955.
- Николаева Н. В., Лечение больных эритремией радиофосфором, Клиническая медицина, 1953, № 12, стр. 12.
- Ойвин И. А., Результаты применения искусственных радиоактивных изотопов для изучения капиллярного кровообращения и капиллярной проницаемости. Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, 1955, стр. 453.
- Ойвин И. А., Смолитчев Е. П., О проницаемости кожи человека для растворов углекислой и двууглекислой соды (исследования с мечеными атомами углерода), Клиническая медицина, 1955, № 2.
- Осипов А. И., Шварцман Л. А., Иудин В. Е., Сазонов М. Л., Изучение процессов перемешивания в ваннах марганцевых печей с помощью радиоактивных изотопов, сб. трудов тех. отделения сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 29.
- Орбейн Л. А., Действие ионизирующих излучений на животный организм, сб. трудов биологического отделения сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, 1955, стр. 3.

- Павлов И. П., Полное собрание трудов, том I, изд. АН СССР, М.—Л., 1940.
- Павлов И. П., Полное собрание трудов, том II, изд. АН СССР, М.—Л., 1946.
- Павлов И. П., Полное собрание трудов, том III, изд. АН СССР, М.—Л., 1949.
- Павлов И. П., Полное собрание трудов, том IV, изд. АН СССР, М.—Л., 1947.
- Пасынский А. Г., Действие ионизирующей радиации на растворы белков и белковых комплексов. Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 471.
- Перепелкин С. Р., Нарушения секреторной функции и процессов всасывания в желудочно-кишечном тракте у собак при лучевой болезни. Экскреция некоторых радиоактивных и химических веществ из организма, там же, стр. 473.
- Петров В. А., Исследование защитной перегородки, Вестник рентгенологии, 1936, том XVII, стр. 575.
- Петров В. А., К вопросу о защите организма от действия рентгеновских лучей, Гигиена труда, 1937, № 1, стр. 31.
- Петров В. А., О сурротатировании свинца как материала рентгеновской защиты, Вестник рентгенологии, 1936, том VII, стр. 564.
- Петров В. А., Физические свойства радиоактивного кобальта и техника его применения в медицине. В кн.: Лечебное применение радиоактивного кобальта, Медгиз, Москва, 1955.
- Петров В. А., Физические и дозиметрические характеристики радиоактивного фосфора. В кн.: Лечение радиоактивным фосфором больных эритремией и лейкозами, Медгиз, Москва, 1955.
- Петров В. А., Физические и дозиметрические характеристики внешних—излучателей, используемых для внешнего облучения. В кн.: Применение радиоактивного фосфора для лечения кожных заболеваний, Медгиз, Москва, 1955.
- Пиццелаури Г. З., Друзьев Г. Ф., Гамбашидзе Г. М., Вопросы гигиены труда при работе с радиоактивными изотопами, тезисы докладов Закавказской радиологической конференции, Грузмедгиз, Тбилиси, 1955.
- Пигалов И. А., Клиника поражений радиоактивными веществами и вопросы патогенеза. В кн.: Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954, стр. 76.
- Плешков А. М., Лечение больных эритремией радиоактивным фосфором, Клиническая медицина, 1955, № 2, стр. 12.
- Побединский М. Н., Лучевые осложнения при рентгено-радиотерапии, Медгиз, М.—Л., 1954.

- Побединский М. Н.**, Реакция организма на воздействие рентгеновых лучей и радия в малых дозах, Врачебное дело, 1955, № 3, стр. 234.
- Покровский С. А.**, О применении радиоактивных изотопов в медицине, Врачебное дело, 1955, № 8.
- Попов В. И., Нейтрино Ж.**, «Наука и жизнь», 1955, № 3, стр. 23.
- Попова М. М.**, Некоторые особенности распределения радиоактивного кальция в костной ткани крыс, подвергнутых общему рентгеновскому облучению. В кн.: Опыт применения радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз, УССР, Киев, 1955, стр. 118.
- Поройков И. В.**, Защита от вредного действия рентгеновских лучей, Достижения в области рентгенотехники, 1932, стр. 34.
- Поройков И. В.**, Рентгенометрия, Гостехтеоретическое издательство, 1950.
- Поройков И. В.**, Основные проблемы современной дозиметрии (в рентгенотерапии). Труды центр. и/ института рентгенологии и радиологии им. В. М. Молотова, 1951.
- Проскурина М. А., Орехова В. Д., Барелко Е. В.**, Сенсбилизация и подавление окислительно-восстановительных реакций при радиолизе, Успехи химии, 1955, в. 5, стр. 584.
- Пшежеский С. Я.**, Некоторые закономерности механизма и кинетики простейших радиоационно-химических реакций (образование озона и окисления азота), сб. трудов Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, Заседания отделения химических наук, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 64.
- Ровенская Э. М.**, Влияние лучей рентгена и эманации радия на бактериофаг, Вестник рентгенологии и радиологии, 1938, 20, стр. 329.
- Розанова Л. М.**, Лечение радиоактивным фосфором больных полицитемией и различными формами лейкозов, в кн.: Лечение радиоактивным фосфором больных эритремии и лейкозами, Медгиз, Москва, 1955.
- Розенцвей Б. К.**, Профессиональные заболевания рентгенологов и их профилактика, Вестник рентгенологии, 1926, том IV, в. I, стр. 32.
- Романин В. П.**, Энергетическое использование атомной энергии, изд. «Знание», Москва, 1955.
- Рицлер В.**, Введение в ядерную физику, изд. И.—Л., Москва, 1954.
- Рязанов А. П.**, Обследование защитных приспособлений от рентгеновского излучения, Гигиена труда и техника безопасности, 1925, № 3, стр. 30.
- Самадашвили А. Г.**, Функциональное состояние щитовидной железы, определяемое при помощи радиоактивного йода при недостаточности сердечно-сосудистой системы. Тезисы докладов Закавказской радиологической конференции, Грузмедгиз, 1955.
- Семенов Л. Ф.**, О гибели животных при облучении головы рентгеновыми лучами, в кн.: Опыт применения радиоактивных изотопов в медицине, Медгиз УССР, Киев, 1955, стр. 153.

- Семенова А. М., Опыт применения радиоактивного кобальта для теле-радиевой терапии рака гортани, там же, стр. 246.
- Серков Ф. Н., Влияние ионизирующего излучения на деятельность головного мозга. Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 543.
- Сидорова В. Ф., Восстановление рентгеногенной способности органов, подвергавшихся рентгеновому облучению. Автореферат диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата биологических наук, АН СССР, Москва, 1953.
- Синевский П. В., Прямое и «отраженное» действие лучей рентгена на костный мозг, Вестник рентгенологии, 1934, том XII, в. 4, стр. 263.
- Соболева Н. Г., Морфологические изменения печени и надпочечников белых мышей после освещения их рентгеновыми лучами, Вестник рентгенологии, 1936, том XVII, стр. 361.
- Соколов А. В., Сердобольский И. П., Применения изотопа фосфора в агрохимических исследованиях, изд. АН СССР, Москва, 1954.
- Спицын В. И., Кодочитов П. Н., Голутвина М. М., Кузина А. Ф., Соколова З. А., Методы работы с применением радиоактивных индикаторов, изд. АН СССР, Москва, 1955.
- Степаненко Б. Н., Изучение углеводного обмена в животном организме при помощи радиоактивного углерода, сб. работ сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии. Заседание отделения биологических наук, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 305.
- Тарусов Б. Н., Основа биологического действия радиоактивных излучений, Медгиз, Москва, 1954.
- Тарусов Б. Н., Особенности действия радиоактивных веществ на организм, в кн.: Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954.
- Тарусов Б. Н., Физико-химические механизмы лучевого поражения. Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 599.
- Тарханов И. Р., Опыт над действием рентгеновских X-лучей на животный организм, Известия С-Петербургской биологической лаборатории, 1896, том I, в. 3, стр. 47.
- Тарханов И. Р., О физиологическом действии рентгеновских лучей на центральную нервную систему, Больничная газета Боткина, 1886, № 33, стр. 753, № 34, стр. 785.
- Тарханов И. Р., Радий и первые акты. Архив биологических наук, 1904, том XI.
- Теселкина Е. Г., Динамика гемопоэза у работников радиевого производства, сб.: Гигиена труда в производстве радия, 1935, стр. 127.
- Тихомиров И. Н., О необходимости контроля спецодежды рентгеновских работников, Гигиена и безопасность труда, 1929. № 9, стр. 106.

- Тихомиров И. Н., Случай профессионального заболевания дерматитом под влиянием лучей рентгена, Врачебное дело, 1929, № 8, стр. 550.
- Тихомиров И. Н., Случай профессионального заболевания под влиянием лучей рентгена, Гигиена труда, 1930, № 3, стр. 97.
- Топчиев А., Использование атомной энергии в мирных целях, Ж. В защиту мира, 1955, № 47, стр. 83.
- Урушадзе Д. Ш., Результаты телекюрит-терапии рака кожи. Тезисы докладов Закавказской радиологической конференции, Грузмедгиз, Тбилиси, 1955.
- Флеров Г. Н., Алексеев Ф. А., Перспективы использования радиоактивных излучений в разведке и разработке нефтяных месторождений, сб. трудов Сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, Москва, 1955.
- Фрейфельд Е. И., Влияние рентгеновских лучей на кровь, в кн.: Гематология, изд. 4, Медгиз, Москва, 1947, стр. 152.
- Френкель Л. С., Баринштейн Л. А., Об изменении свертываемости крови у рентгенологов, Новая хирургия, 1927, том IV, в. 4, стр. 406.
- Френкель С. Р., Вайль С. С., Влияние рентгеновых лучей на протоплазму, Вестник рентгенологии, 1926, том IV, в. I, стр. 25.
- Френкель С. Р., Нисневич Л. Б., О действии изолированного освещения крови рентгеновыми лучами на паренхиматозные органы и злокачественную опухоль животных, Вестник рентгенологии, 1926, том 4, в. I, стр. 30.
- Фотеев М. Н., Определение скорости кровотока при помощи метода радионепрозрачности. Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, Москва, 1955.
- Фотеев М. Н., Терапевтическое применение радиоактивных изотопов. изд. И.—Л., Москва, 1954.
- Франк Г. М., Аладжолова Н. А., Вейзе Л. Г., Снежко А. Д., О ранних реакциях организма на облучение рентгеновскими лучами и зависимости от локализации воздействия, тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков и фармакологов, изд. АН СССР, Москва, 1955, стр. 643.
- Франк Г. М., Первичные изменения при действии ионизирующей радиации, в кн.: Биологическое действие излучений и клиника лучевой болезни, Медгиз, Москва, 1954.
- Фунт И. М., Колужный И. Т., Изучение с помощью радиоактивного йода функции щитовидной железы при различных степенях недостаточности кровотока, Клиническая медицина, 1955, том 33, № 6.
- Холин В. В., О действии ионизирующих излучений на течение беременности и плод. Клиническая медицина, 1955, том 33, № 6.
- Цераидис Г. С., Бабасева Е. П., Подгорецкая М. Г., Бетатерапия сосудистых родимых пятен, Врачебное дело, 1955, № 8.
- Чочиа К. Н., Тканевая терапия при лучевых повреждениях, Вестник рентгенологии, 1951, № 1, стр. 31.

- Шабад Л. М.**, Морфологические изменения в сердечной мышце, поджелудочной железе, почках и легких у больных мышцей после облучения их рентгеновыми лучами, Вестник рентгенологии, 1936, том XVII, стр. 364.
- Шевес Г. С.**, Интенсивность протеолиза и скорость включения радиоактивного метионина в белки мышц после денервации и тендотомии, Биохимия, 1955, том 20, в. 2, стр. 152.
- Шехтман Я. Л.**, Защита от рентгеновских лучей. Центральный институт рентгенологии и радиологии, Медгиз, М.—Л., 1939, в. 14.
- Шехтман Я. Л.**, Замена свинца баритобетоном и другими строительными материалами в защитных рентгеновских ограждениях, Новости техники, 1935, № 39—40.
- Шехтман Я. Л.**, Физико-техническое основание защиты от рентгеновских лучей, Достижения в области рентгенотехники. 1933, № 4, стр. 1.
- Шпольский Э. В.**, Атомная физика, т. 1, государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949.
- Шпольский Э. В.**, Атомная физика, т. 2, государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950.
- Эльпнер И. В.**, О биологическом действии ионизирующей радиации. Успех современной биологии, 1952, том 34, в. 2, стр. 219.
- Янушевский В. А.**, Опыт промышленного применения изотопов для маркировки стального проката, сб. трудов сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии, изд. АН СССР, Москва, 1955.
- Ясвин Г. В.**, О последовательности наступления морфологических изменений, возникающих в клетке под влиянием рентгеновых лучей и радона, Вестник рентгенологии и радиологии, 1926, том IV, в. 4, стр. 234.
- Ясиновский М. А., Дубовой Е. Д.**, Опыт лечения истинной полицитемии радиоактивным фосфором. Врачебное дело, 1955, № 8.
-

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი	3
ზშირად სახმარი ერთეულები, სიდიდეები და გამოსახვითი სიმბოლოები	6
თავი I. რადიოაქტიური ნივთიერებანი	8
ატომის აგებულება და ზოგიერთი თვისება	9
ელექტრული გარსები (ძრევები)	12
რენტგენის სხივები	15
ბუნებრივი რადიოაქტიობა	16
რადიოაქტიური გამოსხივებანი	19
ელემენტთა რადიოაქტიური გარდაქმნები	22
რადიოაქტიური ოჯახები	30
ხელოვნური რადიოაქტიობა	32
რადიოაქტიურ გამოსხივებათა დოზიმეტრია	34
დოზიმეტრიული ხელსაწყოები	47
თავი II. რადიოაქტიურ გამოსხივებათა ბიოლოგიური მოქმედება	66
იონიზაციური პროცესის შედეგად განვითარებული ცვლილებები ცოცხალ ორგანიზმში	76
დაცვითი თვისებები ცოცხალ ორგანიზმებში	81
თავი III. რადიოაქტიურ გამოსხივებათა მოქმედება ზოგიერთ ორგანოსა და სისტემაზე	86
სისხლის და სისხლმზადი ორგანოების რეაქცია რადიოაქტიური გამოსხივებისადმი	88
თავი IV. სხივური დაავადება	94
სხივური დაავადების ქრონიკული ფორმა	94
სხივური დაავადების მწვავე ფორმა	97
მკურნალობა	100
პროფესიული სხივური დაავადების შემთხვევები	103
თავი V. რადიოაქტიური იზოტოპების გამოყენება მედიცინაში და მეცნიერების ზოგიერთ დარგში	112
ზოგიერთი რადიოაქტიური იზოტოპი	114
სამრეწველო გამადეფექტოსკოპია	123
თავი VI. შიონიზირებელი გამოსხივებისაგან დაცვა და რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის სანიტარულ-ჰიგიენური საკითხები	125
შემღწევი რადიაციის დასაშვები ნორმები	127
პირადი ჰიგიენისა და პროფილაქტიკის ზოგიერთი ღონისძიება რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან მუშაობის დროს	130
რადიოლოგიური ლაბორატორიის მოწყობა და რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის წესები	137
რადიოაქტიურ ნივთიერებებზე მუშაობის წინააღმდეგჩვენებანი	153

რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის სანიტარული წესები და ნორმები	154
I. საწარმოს შენობების (სათავსოების) მოწყობილობისა და ვენტილაციის საკითხები	. 155
II. რადიოაქტიურ იზოტოპებზე მუშაობის წესები	. 156
III. რადიოაქტიური იზოტოპების გადატანა და შენახვა	. 159
IV. პირადი პროფილაქტიკის ღონისძიებანი	160
V. სანიტარულ-საწარმოო ინსტრუქტაჟი და სამედიცინო შემოწმება	152
VI. მომკმედ გამოსხივებათა მაქსიმალური დასაშვები დოზები	. 162
დანართი 1	163
დანართი 2	. 164
დანართი 3	. 168
ლიტერატურა	. 170

---



რედაქტორი პროფ. გ. ნაზარიშვილი

გამომცემლობის რედაქტორი მ. მენღარიშვილი

ტექნიკური რედაქტორი ვ. ხუციშვილი

ხელმოწერილია დასაბუქდად 10/XII-56 წ. ანაწილის ზომა  
6×10. ქალაქის ზომა 60×92. საარს.-საგომც თაბახი  
10,46. ნაბეჭდი თაბახი 11,75. საეცტორო თაბახი 10. ქალაქ-  
დის თაბახი 5,875. შეკე. № 1099. ტირაჟი 2000. უე 07192.

---

საქმედგამის სტამბა, თბილისი, მედქალაქი.