

ნ. მექვაბიშვილი

რადიაციული უსაფრთხოება

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

## ნ. მექვაბიშვილი

# რადიაციული უსაფრთხოება



დამტკიცებულია სტუ-ს  
სარედაქციო-საგამომცემლო  
საბჭოს მიერ

თბილისი  
2009

უაკ (UDC) 62.574

სახელმძღვანელოში თანმიმდევრულადაა განხილული რადიაციული უსაფრთხოების საკითხები.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია საგანგებო სიტუაციების მართვისა და შრომის უსაფრთხოების მიმართულების მაგისტრების მოსამზადებელი სპეციალობებისათვის.

კურსი აღებულია ჩვენს ქვეყანაში არსებულ ნორმებზე დაყრდნობით, ამავე დროს გამოყენებულია სხვა ქვეყნების გამოცდილებაც.

რეცენზენტი პროფ. ლ. კლიმიაშვილი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-357-1

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

## სარჩევი

I თავი.	რადიაქტიურობა	-5
1.2	ბიოსფეროს რადიაქტიურობის დაბინძურება	-10
1.3	რადიაქტიური გამოსხივება	-11
1.4	რადიაქტიური გამოსხივების მთავარი რადიოიზოტოპები	-13
1.5	დასხივების მეთოდები	-16
1.6	დოზიმეტრის კონტროლი	-20
1.7	ბიოლოგიური მოქმედება	-26
1.8	ატომური სადგურების აფეთქებებისას მიღებული შედეგები	-27
1.9	ბუნებრივი და ხელოვნური რადიაქტიურობის გავლენა მშენებლობაზე	-29
1.10	რადიაქტიური იზოტოპები	-31
II თავი.		
2.1	სამშენებლო მასალების რადიაქტიურობა	-39
2.2	სამშენებლო მასალების ტექნოგენური რადიაქტიურობა	-43
2.3	სამშენებლო მასალების გამოყენების კრიტერიუმები	-45
2.4	სამშენებლო მასალების რადიონუკლიდების კონტროლი	-46
2.5	რადიონუკლიდების კონცენტრაციის გაზომვა	-47
2.6	ხელოვნური სამშენებლო მასალების ტოქსიკურობა	-50
2.7	კოსმოსური გამოსხივება	-51
2.8	რადონი	-51
2.9	რადიაციის წყარო	-53
2.10	რადონის დასხივების შედეგები	-54
2.11	ტექნოგენური რადიაქტიურობა	-56

2.12	ბუნებრივი რადიაციული ფონი	-57
III თავი. პრაქტიკული სამუშაო №1		
3.1	რადიოაქტიური გამოსხივების საერთობიოლოგიური ეფექტი	-57
3.2	რადიოაქტიური გამოსხივების გავლენა მემკვიდრეობაზე	-59
3.3	ბუნებრივი და ხელოვნური რადიოაქტიურობა	-62
3.4	რა არის ჩვენს გარშემო რადიოაქტიური	-63
3.5	რადიაციის ზემოქმედება ადამიანზე	-64
3.6	რას ნიშნავს ნახევრადაშლის პერიოდი	-64
3.7	როგორ დავიცვათ თავი რადიაციისაგან	-66
3.8	რადონული წყლები	-66
3.9	ზოგადო ცნობები	-67
3.10	დოზიმეტრული კონტროლის მეთოდები და ხელსაწყოები	-69
3.11	კომპიუტერთან მუშაობის უსაფრთხოების წესების დაცვა	-73
3.12	პრაქტიკული სამუშაო №2	-83
3.13	ექსპერიმენტის შედეგების მათემატიკურ სტატისტიკური დამუშავება	-89
3.14	დასკვნა	

ლიტერატურული მიმოხილვა

## I თავი. რადიოაქტიურობა

### 1.1. ზოგადი მიმოხილვა

წარმოების ტექნიკური ღონის შემდგომი ამაღლება და შრომის პირობების მკვეთრი გაუმჯობესება მოითხოვს მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის უსაფრთხოების თეორიული საფუძვლების მეცნიერულ დამუშავებას.

რადიოაქტიურობას, როგორც მეცნიერულ დისციპლინას, დიდი მნიშვნელობა აქვს. ამ საგნის მიზანია იმ ორგანიზაციული და ტექნიკური ღონისძიებების შესწავლა და დამუშავება, რომლებიც სრულ უსაფრთხო და უვნებელ შრომის პირობებს უზრუნველყოფს მაქსიმალური მწარმოებლობის დროს.

ინჟინერ – ტექნიკური პერსონალი მოვალეა სრულყოფილად დაეუფლოს რადიოაქტიური და ტექნიკური უსაფრთხოების წესებს სახალხო მეურნეობის ყველა დარგში.

სახალხო მეურნეობისა და სამეცნიერო კვლევით პრაქტიკაში სულ უფრო ფართო გამოყენებას პოულობს რადიოაქტიური იზოტოპები და მაიონიზებელი გამოსხივების წყაროები, რომლებიც გამოიყენება დეფექტოსკოპიისას, შედუღების დეტალთა ცვეთის, ლითონთა სტრუქტურის განსაზღვრისას. საკონტროლო საზომ და მარეგულირებელ ხელსაწყოებში (სისქის, სიმკვრივისა და ღონის საზომები, ღონის მარეგულირებელი, ტექნოლოგიური პროცესების კონტროლისათვის, სტატიკური ელექტროების მუხტის ნეიტრონულ

ანალიზატორებში, მუშა სათავსის ჰაერში აირის ან მტვრის ძალიან მცირე კონცენტრაციის განსაზღვრისას, სიგნალიზატორებში).

რადიოაქტიურ გამოსხივებასთან მუშაობა ადამიანის ორგანიზმისთვის საშიშროებასთან არის დაკავშირებული. დადგენილია, რომ რადიოაქტიურმა გამოსხივებამ შეიძლება მძიმე შედეგი გამოიწვიოს. შრომის სწორი ორგანიზაციისა და დაცვის რღონისძიებათა ზუსტად შესრულებისას მაიონიზებელი რადიოაქტიური გამოსხივების გამოყენება შედარებით უსაფრთხოა.

მაიონიზებელი ეწოდება ელექტრომაგნიტური (გამა, რენტგენის და კორპუსკულური) ალფა, ბეტა, ნეიტრონულ გამოსხივებას, რომელსაც ნივთიერებასთან ურთიერთქმედებისას მასში მუხტების, იონების და ელექტრონების წარმოქმნის უნარი შესწევს. მძიმე ელემენტების რადიოაქტიური დედა ელემენტები  $U^{238}$ ,  $U^{235}$  და  $Th^{232}$  ქმნიან თანრიგის გარდამქმნელ გრძელ მწკრივს, რომლის დამახასიათებელი თვისებებია შეუქცევადობა. ბირთვის რადიოაქტიურ დაშლას თან ახლავს  $\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  გამოსხივება. რადიოაქტიური გამოსხივება ხასიათდება მაიონიზებელი და შეღწევადობის უნარით.

გამოსხივების მაიონიზებელი უნარი განისაზღვრება კუთრი იონიზაციით, ე.ი. იმ იონთა წყვილების რიცხვით, რომლებიც წარმოიქმნება მოცულობის, მასის ან ტრეკის სიგრძის ერთეულში.

რადიოაქტიური გამოსხივების შეღწევადობის უნარი განისაზღვრება თავისუფალი განარბენის სიგრძით. ნივთიერებებში გარბენისას ნაწილაკის სიჩქარე თანდათან მცირდება და გზის დასაწყისიდან გარკვეულ მანძილზე იგი უტოლდება მოცემული გარემოს ატომებისა და მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარეს. ამ მანძილს განარბენის სიგრძე ეწოდება.  $\alpha$  - გამოსხივება წარმოადგენს დადებითად დამუხტულ ნაწილაკებს, კელიუმის ბირთვის ნაკადს, რომელსაც გამოასხივებს რადიოაქტიური ელემენტების ატომგული რადიოაქტიური დაშლის ან ბირთვული

რეაქციის დროს. ატომგულიდან გამოტყორცნილი ალფა – ნაწილაკი მოძრაობს 10-20 ათასი კმ/წმ სიჩქარით, ხოლო მისი ენერგია 3-9 მეგ-ის ფარგლებში მერყეობს. რაც მეტია ნაწილაკის ენერგია, მით მეტია მის მიერ ნივთიერებაში გამოწვეული სრული იონიზაცია, ალფა-ნაწილაკების განარბენი ჰაერში 8-9 სმ-ს, ხოლო ბიოლოგიურ ქსოვილში რამდენიმე მიკრონს აღწევს. შედარებით დიდი მასის გამო ალფა-ნაწილაკები სწრაფად კარგავენ თავის ენერგიას, რაც განაპირობებს მათ დაბალ შეღწევადობას და მარალ იონიზაციას.

ბეტა-გამოსხივება ელემენტების ან პოზიტრონების ნაკადია, რომელიც რადიოაქტიური დაშლისას წარმოიქმნება. მათი სიჩქარე სინათლის სიჩქარეს უახლოვდება, მაქსიმალური ენერგია კი 0,05-3,5 მეგ-ის დიაპაზონშია. ბეტა-ნაწილაკების მაიონიზებელი უნარი უფრო დაბალია, ხოლო შეღწევადობის უნარი მაღალი, ვიდრე ალფა ნაწილაკებისა, რამდენადაც მათ მნიშვნელოვნად მცირე მასა და დიდი სიჩქარე აქვთ. ბეტა-ნაწილაკების მაქსიმალური განარბენი ჰაერში 1800 სმ-ს, ხოლო ცოცხალ ორგანიზმში 2,5 სმ-ს აღწევს. ნეიტრონული გამოსხივება ნეიტრონის ნაკადია. რამდენადაც ნეიტრონებს ელექტრული ველი არ აქვთ, ისინი თავისუფლად ურთიერთქმედებენ ატომთა ბირთვებთან, იწვევენ რა ბირთვულ რეაქციებს.

გამა-გამოსხივება ელექტრომაგნიტური, ფოტონური გამოსხივებაა, რომელიც წარმოიქმნება ატომგულში მიმდინარე ენერგეტიკული გარდაქმნების ან ნაწილაკთა ურთიერთქმედების შედეგად. გამა სხივებს ახასიათებს დიდი შეღწევადობა. რენტგენის გამოსხივება ელექტრომაგნიტური გამოსხივებაა, აღიძვრება ნივთიერებაში სწრაფი ელექტრონების დამუხრუჭებისას. პრაქტიკულად რენტგენის გამოსხივება შეიძლება აღიძვრას ნებისმიერ ელექტროვაკუუმურ დანადგარში, რომელთა ელექტრონთა კონის დასაჩქარებლად გამოიყენება საკმაოდ მაღალი ძაბვა. ბეტა-სხივების წყაროს გარემომცველ არეში რენტგენის მიღებაში გამოსხივების

ენერგია 1 მეგ-ს არ აღემატება. გამა გამოსხივების მსგავსად, რენტგენის გამოსხივებაც დაბალი მაიონიზებელი და ღრმა შეღწევადობის უნარით გამოირჩევა. რადიოაქტიური გამოსხივების საზომი ერთეულია ელექტრონვოლტი (ეე). ელექტრონვოლტი იმ მუშაობის ტოლი ენერგიაა, რომელიც სრულდება ელექტრონის გადაადგილებისას ელექტრონული ვოლტის ორ წერტილს შორის, როდესაც მათ შორის პოტენციალთა სხვაობა ერთი ვოლტის ტოლია. რადიოაქტიური ნივთიერებები უფრო ხშირად გამოიყენება ძლიერ მცირე რაოდენობით – გრამის მემილიონედი ან გრამის მეათასედი ნაწილით, რომელთა აწონვა რთულია, მეორე მხრივ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს არა რადიოაქტიური ნივთიერებების წონით რაოდენობას, არამედ გამოსხივებული ნაწილაკების რაოდენობას, ე.ი. დროის ერთეულში დაშლილ ატომებულთა რაოდენობას. ამასთან დაკავშირებით, რადიოაქტიური ნივთიერებების რაოდენობრივი დახასიათებისათვის შემოტანილია ფიზიკური სიდიდე აქტივობა, რომელიც განისაზღვრება დროის ერთეულში დაშლილ ატომთა რიცხვით. სი სისტემაში აქტივობის განზომილების ერთეულია წამში ერთი ბირთვული დაშლა. (დაშლა/წმ). ამ ერთეულს აღნიშნავენ ბკ-ით. 1 კი –  $3.7 \cdot 10^{10}$  ბკ-ს (ახალია  $4.7 \cdot 10^{10}$  ბკ); მაიონიზებელი გამოსხივების მოქმედების რაოდენობრივი შეფარდებისათვის გამოიყენება დოზის ცნება, რომელიც დასხივებულ ობიექტს ახასიათებს მასის ამ მოცულობის ერთეულის მიერ შთანთქმული სხივური ენერგიის რაოდენობით. ეს ენერგია იხარჯება გარემოს ამოგების იონიზაციაზე. განასხვაებენ გამოსხივების შთანთქმულ დოზებს, გამა-გამოსახულების ექსპოზიციურ დოზას და მაიონიზებელი გამოსხივების ეკვივალენტურ დოზას. სი სისტემაში გამოსხივების ექსპოზიციური დოზის ერთეულია კულონი/კგ, ხოლო სპეციალური ერთეულია რენტგენი (რენტ). ერთი რენტგენი არის რენტგენის ან გამა-გამოსახულების ისეთი ექსპოზიციური დოზა,

რომლის დროსაც შეუღლებული კორპუსკულური ემისია 1 სმ მშრალ ატმოსფეროში წარმოქმნის იონებს, რომელთაც თან მოაქვთ ერთი ელექტრო-სტატიკური ერთეული მუხტი ელექტრონების თითოეულ ნიშანზე. 1 რენტგენი – 0,285 კულონი/კგ, 1 რენტ. -  $2,58 \cdot 10^{-2}$  კულონი/კგ. იმასთან დაკავშირებით, რომ თანაბარი დოზით შთანთქმული სხვადასხვა სახის გამოსხივება ბიოლოგიურ მოქმედებას იწვევს შემოდებელია ეკვივალენტური დოზის ცნება. მაიონიზებული გამოსხივების ეკვივალენტური დოზა არის სიდიდე, რომელიც შემოდებელია ქრონიკული დასხივების რადიაციული საშიშროების შესაფასებლად. იგი განისაზღვრება ქსოვილში შთანთქმული დოზის ნამრავლით ქსოვილის მოცემულ წერტილში გამოსხივების ხარისხის საშუალო კოეფიციენტზე. გამოსხივების ხარისხის უგანზომილებო კოეფიციენტი განსაზღვრავს პატარა დოზებით ადამიანის დასხივების არახელსაყრელ ბიოლოგიურ შედეგს. იგი დამოკიდებული აგამოსხივების ენერგიეს სრულ ხაზოვან გადაცემაზე. ეკვივალენტური დოზის ერთეულია ზივიტი. 1 ზივიტი – 100 ბერი. ზივიტი არის ნებისმიერი გამოსხივების ეკვივალენტური დოზა, რომელიც იწვევს ისეთ ბიოლოგიურ ეფექტს, როგორსაც 1 გრეი დოზით შთანთქმული სანიმუშო რენტგენი ან გამა გამოსხივება. სანიმუშოდ დებულობენ 200 კ/ელ.ვოლტ ენერგიეს რენტგენის გამოსხივებას.

დოზას, რომელსაც ნივთიერების მასა შთანთქავს დროის ერთეულში, დოზის სიმძლავრე ეწოდება,  $P = \frac{D}{E}$  რენტ/წმ. სისტემგარეშე ერთეულია რადიუმის გრამ-ეკვივალენტი. ესაა რადიუმის პრეპარატის გრამ-ეკვივალენტი.

## 1.2. ბიოსფეროს რადიოაქტიური დაბინძურება

კრიპტონ 85-სგან განსხვავებით, რომელიც ქიმიურად ინერტულია, ყველა სხვა რადიოაქტიური ელემენტი ბიოსფეროში იწვევს დიდ დაბინძურებას. განსაკუთრებით ეს ელემენტები ატომური წარმოებებიდან ხვდება ბიოსფეროში. მდინარეები ძალიან ბინძურდება ატომური აფეთქებების და წარმოებებიდან გამოსული ნარჩენების შედეგად. საფრანგეთში მდ. სენაში დღე-ღამეში რად. გამოსხივება მერყეობს 3-დან 32 კ/ლ-მდე მდინარე კოლუმბიაში  $^{63}\text{Zn}$ -ის მნიშვნელობა  $5 \cdot 10^{-2}$  კ/ლ-ს აღწევს. უნდა აღინიშნოს, რომ ბევრ ადგილას მდინარის თევზებში აკუმულირდება რადიოაქტიური ელემენტები. ოლუმბიის მდინარეში 3%-ით დაბინძურებულია თევზები და მდინარის სხვა მობინადრეები. განსაკუთრებით საგანგაშოა ის, რომ თევზებში 500-ჯერ უფრო მეტი რადიოაქტიური ნივთიერებები აკუმულირდება, ვიდრე თვით მდინარის წყალში. დადგენილია, რომ უელსის მდინარის წყლებში 1800-ჯერ მეტი რადიოაქტიური რუბიდიუმი აკუმულირდება, ვიდრე თვით მდინარეშია. უელსის მცხოვრებნი სისტემატურად განიცდიან დაბინძურებული თევზებით მოწამვლას, უნდა აღინიშნოს, რომ დღემდე ამ რაიონებში რადიაცია ძალიან დიდია. ანალოგიური მდგომარეობაა კოლუმბიის მდინარეებშიც. საინტერესოა, როდის მიხვდება ადამიანი, რომ მდინარის დაბინძურება იწვევს თევზების, შემდგომ კი ადამიანის და ცხოველების დასხივებას. რაც შეეხება  $\text{Cr}^{90}$ -ის დამარხვას ოკეანის ფსკერზე 4000 მეტრის სიღრმეში, მას მაინც შეუძლია 100 წლის შემდეგ გამოიწვიოს ოკეანის 540 პკ/ლ-ით დაბინძურება.

ატომური ნარჩენები აბინძურებს ზღვებსა და ოკეანეებს. უნდა აღინიშნოს, რომ თუნდაც ერთმა თევზმა, რომ მიიღოს ატომური ნარჩენი, ამით 125000 ადამიანი შეიძლება დასხივდეს. საფრანგეთში მდინარე სენით ირწყვება მინდვრები, მისი დაბინძურება კი იწვევს მცენარეების დაბინძურებას რადიოაქტიური ელემენტებით. ტომური ენერგეტიკა ვითარდება მხოლოდ იმიტომ, რომ მოთხოვნილება ელექტროენერგიაზე ძალიან იზრდება. ატომური სადგურები, ატომური აფეთქებები – ყველაფერი ეს ზრდის ატომური ნარჩენების რაოდენობას ბიოსფეროში. საჭირო ხდება თავის დაცვა რადიოაქტიური იზოტოპებისაგან.

ბიოლოგები ყოველ ღონეს მიმართავენ ატომური ნარჩენებისაგან კაცობრიობის დასაცავად, რათა არ განმეორდეს ის უდიდესი შეცდომები, რაც იყო დაშვებული ატომური ენერგეტიკის განვითარების დასაწყისში. უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე მეთოდები – ნარჩენების განზავება და მოცილება, ვერ ახერხებს ბიოსფეროს სრულ გასუფთავებას. საჭიროა ახალი მეთოდები და ღონისძიებები, რათა ბიოსფერო გადავარჩინოთ ახალი დაბინძურებისაგან. ის პირები, რომლებიც განაგებენ ატომური ენერგეტიკისა და ბიოსფეროს საკითხებს, კაცობრიობის წინაშე ვალდებული არიან ძირეულად შეცვალონ თავიანთი დამოკიდებულება რადიაციული ნივთიერებებისაგან ბუნების გასუფთავების საკითხებთან. თანამედროვე ცივილიზაციამ ცუდი გაკვეთილი მიიღო წინა ეპოქიდან. მან ძირეულად უნდა შეცვალოს თავისი საქმიანობა და დიდი ყურადღება მიაქციოს ზუსტ მეცნიერულ გამოკვლევებს ატომური ენერგეტიკის დარგში. უთუოდ გასათვალისწინებელია ყველა შესაძლებლობა თავდაცვის საკითხში.

### 1.3. რადიოაქტიური გამოსხივება

რადიოაქტიური გამოსხივების ბიოლოგიური მოქმედება დაკავშირებულია მის მაღალ ქიმიურ აქტივობასთან. დასხივების შემდეგ ხდება ცოცხალი ქსოვილების მოლეკულური კავშირის გაწყვეტა, რასაც თან სდევს შედარებით მგრძობიარე უჯრედების დაზიანება და ქსოვილის შედგენილობაში ქიმიური სტრუქტურის შეცვლა. როგორც ვიცით ადამიანის ორგანიზმი 70% წყალს შეიცავს, ამიტომ დასხივების პროცესში მთავარ როლს ასრულებს წყლის რადიოლიზი.

*რადიოაქტიური მოქმედება ცხოველებზე, მცენარეებსა და ადამიანებზე.* იონიზებული მოქმედება შედგება ორი ნაწილისაგან: სომატურისა და გენეტიკურისაგან.

პირველ შემთხვევაში იონიზებული მოქმედება იწვევს სხვადასხვა დასხივებას. მეორე შემთხვევაში ხდება გენეტიკური გადაცემა, რადიაციისაგან ივსება ქრომოსომებიც.

ცხრილი 1

იონიზებული მოქმედება ცხოველებსა და ადამიანებზე

რად. დოზა	დასხივების შედეგი
100 000	სიკვდილი მაშინვე
10 000	სიკვდილი რამდ. საათში
1000	სიკვდილი რამდ. დღეში
700	90% რამდ. დღეში კვდება
200	10% რამდ. დღეში კვდე
100	სიკვდილი არ არის მოსალოდნელი, ჩნდება სიმსივნე

იონიზებული სხივები იწვევს გენეტიკური კოდის დარღვევას. ისინი ბაქტერიების დასხივების მიმართ ნაკლებად მგრძობიარენი არიან, რამდენიმე მილიონი რად. იწვევს მათში დასხივებას. მორიელში 190000 რად-იც კი არ იწვევს მათ სიკვდილს. ს არის რეკორდი მწერებს შორის. იგი გამძლეა რადიაციის მიმართ. რაც შეეხება ჩიტებს, ისინი მცირე დოზასაც კი ვერ უძლებენ. მათი ორგანიზმი უფრო ძნელად დასხივდება, ვიდრე განვითარებული ორგანიზმი. დასხივება ასაკთანაც არის დაკავშირებული; როგორც ცხოველები, ასევე ადამიანები ასაკის ზრდასთან ერთად უფრო ძლიერნი არიან დასხივების მიმართ. იონიზებული მოქმედება იწვევს შემდეგ შედეგებს: 1) ასუსტებს ორგანიზმის ცხოვრების უნარიანობას (აღუწებს იმუნურ სისტემას), ორგანიზმს დაავადების მიმართ სუსტს ხდის; 2) ამცირებს სიცოცხლის ხანგრძლივობას; 3) მოქმედებს გენზე. ცირდება მცენარეების ზრდა და ორგანიზმში ნუკლეინის მუავის სინთეზი, რის გამოც ანტისხეულების წარმოშობა მცირდება და როგორც აღვნიშნეთ, იმუნური სისტემა სუსტდება. უნდა აღინიშნოს, რომ ქალები უფრო მგრძობიარები არიან დასხივების მიმართ, ვიდრე კაცები. ველაზე საშიშია რენტგენული სხივები (რენტგენული შემოწმებები, ტელევიზორი სისტემატურად ასხივებს ადამიანს). რენტგენული დასხივება არ არის რეკომენდებული ბავშვებისათვის.

#### **14. რადიოაქტიური გამოსხივების**

##### **მთავარი რადიოიზოტოპები**

$\alpha$  - გამოსხივება პლუტონ 239-იდან ნელა აღწევს ორგანიზმში, მიუხედავად იმისა, რომ აქვს 3 მკეე ენერჯია. ლფა გამოსხივების ელემენტებს შეუძლია იონიზაცია გაუწიოს 100000 მოლეკულას.

ცხრილი 2

რადიოიზოტოპი	ნახევრად დაშლა	გამოსხივება		
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
	<b>ა ჯგუფი</b>			
$C^{14}$ -ნახშირბადი	5568წ.		+	
$H^3$ -ტრიტიუმი	12.4წ.		+	
$^{32}Po$ -ფოსფორი	14,5 დღე	+	+	+
$^{35}S$ -გოგირდი	87,1		+	
$^{45}Ca$ -კალციუმი	160 დღე		++	
$^{84}Na$ -ნატრიუმი	15 დღე		+++	+++
$^{42}K$ -კალიუმი	1,3 მლ.წ		++	++
$^{59}Fe$ -რკინა	45 დღე		++	+++
$^{54}Mn$ -მანგანუმი	300 დღე			
$^{131}I$ -იოდი	8 დღე		++	++
	<b>ბ ჯგუფი</b>			
$^{90}Sr$ -სტრონციუმი	27,7 წ.		++	
$^{137}Cs$ -ცეზიუმი	32 წ		++	+
$^{106}Ru$ -რუთენიუმი	1წ.		++	+
$^{144}Ce$ -ცერიუმი	285 დღე		++	
$^{91}Y$ -იტრიუმი	61 დღე		+++	++
$^{239}Pu$ -პლუტონიუმი	24000 წ.	++		
		++		

	ც ჯგუფი			
<sup>41</sup> Ar-არგონი	2 სთ.		++	
<sup>85</sup> Kr-კრიპტონი	10 წელი		+	
<sup>133</sup> Xe-ქსენონი	5 დღე		+++	

ამოსხივების დიდ ენერგიეს კი (1 მგეე) შეუძლია მხოლოდ 6300 მოლეკულის იონიზაცია. დადოაქტივობის ყველაზე გავრცელებული განზომილებაა კიური. ხშირად იყენებენ მიკროკიურს (1 მკი=10 კი), ნანოკიურს (1 ნკ – 19 კ), პიკოკიურს (1 პკ = 10 კ).

$$1 \text{ გრეი} = 1 \text{ ჯ/კგ} = 100 \text{ რადი}$$

რადი შთანთქმული დოზის სპეციალური ერთეულია. იონიზაციის ეფექტის დასახასიათებლად რენტგენის და გამა გამოსხივებისთვის გამოიყენება ექსპოზიციური დოზა. იგი წარმოადგენს დასხივებული ჰაერის მოცულობაში მეორეული ელექტრონების ჯამური მუხტის ფარდობას მასასთან. სისტემაგარეშე ექსპოზიციური დოზის ერთეულია კულონი/კგ, ხოლო სპეციალური ერთეულია რენტგენი. რენტგენი, ეს არის გამოსხივების ისეთი რაოდენობა, რომლის 1 სმ ქსოვილზე მოქმედების შედეგად შთანთქმება 85 გრეი ენერგია, 1 რენტგენის მოქმედებისას შთანთქმება 0,11 გრეი ენერგია. იმასთან დაკავშირებით, რომ თანაბარი დოზით შთანთქმული სხვადასხვა სახის გამოსხივება ბიოლოგიურ ქსოვილში სხვადასხვა ბიოლოგიურ ზემოქმედებას იწვევს, შემოტანალია ეკვივალენტური დოზის ცნება. მაიონიზებელი გამოსხივების ეკვივალენტური დოზა არის სიდიდე, რომელიც შემოდებულია ქრონიკული დასხივების რადიაციული საშიშროების შესაფასებლად, ეკვივალენტური დოზის ერთეულია ზივიტი. ძივიტი არის ნებისმიერი სახის გამოსხივების ეკვივალენტური დოზა, რომელიც იწვევს ისეთივე ბიოლოგიურ ეფექტს, როგორცაა 1 გრეი

დოზით შთანთქმული სამშენებლო რეიტინგი ან გამა-გამოსხივება. სანიმუშოდ დებულობენ 200 კელვოლტი ენერჯის რენტგენის გამოსხივებას. კვივალენტური დოზის სისემაში მისი ერთეულია ბერი, რომელიც არის ნებისმიერი სახის გამოსხივების ეკვივალენტური დოზა. იგი ისეთივე ბიოლოგიურ ეფექტს იწვევს ქსოვილში, როგორსაც 1 რენტგენი დოზა, 1 ზივიტი=100 ბერს.

## 1.5. დასხივების მეთოდები

ბოლო წლებში პრაქტიკაში ფართოდ დაინერგა მაიონიზებული გამოსხივების ნახევარგამტარული ფოტო და თერმოლუმინისცენციური დეტექტორები.

კონტროლისთვის გამოიყენება ინდივიდუალური დოზიმეტრები, გადასატანი სასიგნალო – საზომი მოწყობილობები.

სხეულისა და ტანსაცმლის რადიოაქტიური გაჭუჭყიანების გასაზომად გამოიყენება აგრეთვე ნაცხის მეთოდი. ეს უკანასკნელი გამოიყენება მომატებული გამა – ფონის შემთხვევაში, რთული კონფიგურაციის ზედაპირის კონტროლისთვის და ა.შ. ბამბის ტამპონით ან ფილტრის ქაღალდით მიღებულ ნაცხს ზომავენ რადიოაქტიურ დანადგარზე.

ყველა შემთხვევაში, როდესაც არსებობს დასხივების ალბათობა, მომუშავის მიერ მიღებული დასხივების დოზის კონტროლისთვის გამოიყენება ინდივიდუალური დოზიმეტრული ხელსაწყო – ჯიბის იონიზაციური კამერები. ამ კამერებს მუხტავენ ან მათ ანიჭებენ გარკვეულ პოტენციალთა სხვაობას. მაიონიზებული გამოსხივების მოქმედება იწვევს ამ კამერების განმუხტვას და დაკარგული მუხტის სიდიდე მომუშავის მიერ მიღებული დოზის სიდიდეზე მსჯელობის საშუალებას იძლევა. არსებობს გამაფრთხილებელი დოზიმეტრები. ასეთ დოზიმეტრებში გამოსხივების რეგისტრაცია ხდება ორი მეთოდით – ბგერითი ან

შუქის მეთოდით. ბდერთი მეთოდის შემთხვევაში ზონაში გამოსხივების აღმოჩენისას ხშირად რეზონატორის ტელეფონის წკარუნი, ხოლო შუქის მეთოდის შემთხვევაში – სასიგნალო ნათურის შუქითი აფეთქებები, რაც გამოსხივების მაღალი ინტენსივობის ზონაში უწყვეტ ნათებაში გადადის. გამა – გამოსხივების დოზის სიმძლავრის ხარისხობრივი შეფასება ხდება სპეციალური ცხრილის საშუალებით, რომელიც თან ახლავს ხელსაწყოს.

ინდივიდუალური დოზიმეტრებისთვის შეიძლება აგრეთვე სტანდარტული ზომების (30X50მმ) იმ რენტგენული აფსკის ზოლების გამოყენება, რომელიც მოთავსებულია შუქშედწვეად კასეტებში. ღია რადიოაქტიურ ნივთიერებებსა და გამოსხივების წყაროსთან მომუშავე ყველა პირი სამუშაოს შესრულების დროს უნდა იყოს აღჭურვილი ინდივიდუალური დაცვის საშუალებებით, რომლის დანიშნულებაცაა რადიოაქტიური ჭუჭყის კანსა და ორგანიზმზე მოხვედრისგან, აგრეთვე  $\alpha$  და  $\beta$  - გამოსხივებისაგან ადამიანის დაცვა. ბიოლოგიური ეფექტი დამოკიდებულია დასხივების დოზაზე, გამოსხივების სახეზე და ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე.

ადამიანის ორგანიზმში ბიოლოგიური პროცესების დარღვევა შეიძლება იყოს შექცევადი, როცა დასხივებული ქსოვილის უჯრედის ნორმალური მუშაობა მთლიანად აღდგება და პათოლოგიურ ცვლილებებს აღგილი არა აქვს. შეუქცევადი პროცესი იწვევს ცალკეული ორგანიზმების ან მთელი ორგანიზმის დაზიანებას და სხივური ავადმყოფობის განვითარებას.

რადიაციული დასხივების თავისებურებანი იმაში მდგომარეობს, რომ ადამიანის ორგანიზმი დასხივების მომენტში მის მოქმედებას ვერ გრძნობს და მუდგენდება მოგვიანებით, როდესაც ესა თუ ის ორგანო უკვე დაზიანებულია. მას ახასიათებს ორგანიზმის დაზიანების ფარული პერიოდი.

რადიოაქტიურმა გამოსხივებამ შეიძლება გამოიწვიოს ორგანიზმზე საერთო მოქმედება, განსაკუთრებით სისხლსა და სისხლწარმოქმნელ ორგანოებზე. ადგილი აქვს სისხლწარმოქმნელი ორგანოების ფუნქციის დამუხრუჭებას, რაც, თავის მხრივ, იწვევს სისხლნაკლებობას და ლეიკემიას, სისხლის ნორმალური შედედების დარღვევას და სისხლძარღვების სიმეიფის გაზრდას, კუჭ – ნაწლავის ტრაქტის მოქმედების დარღვევას, ორგანიზმის გამოფიტვას, ინფექციური დაავადებების მიმართ ორგანიზმის წინააღმდეგობის დაქვეითებას (ორგანიზმის სტელირულობა), კანის დაზიანებას, ავთვისებიან სიმსივნეს, კატარაქტას, სიცოცხლის შემოკლებას, შეიძლება აღიძვრას გენეტიკური ცვლილებაც. თუ მაიონიზებული გამოსხივება მოქმედებს ჩანასახის უჯრედებზე, მაშინ ადგილი ექნება შთამომავლობაზე მოქმედებას, შთამომავლობითმა ცვლილებებმა შეიძლება გამოიწვიოს ჩანასახის არასასიცოცხლო უნარიანობა, რომელიც მუდავნდება პირველივე ან შემდეგ თაობებში. მავნე მოქმედება მუდავნდება აგრეთვე შთამომავლობის სტერილურობაში, შთამომავლობით დაავადებებში, თაობიდან თაობაზე ფარული ცვლილებების გადაცემაში (სიცოცხლის ხანგრძლივობის შემოკლება, ორგანიზმის სტერილურობა) და სხვა.

გენებთან დაკავშირებით გამოსხივების მოქმედება კუმულირდება მთელი იმ პერიოდისთვის, სანამ ორგანიზმს აქვს გამრავლების უნარი. მიტომ ძალიან მცირე, მაგრამ განმეორებადი დოზაც კი საშიშია. 25 – 50 ბერი დოზით ერთჯერადი დასხივება იწვევს სისხლში უმნიშვნელო ცვლილებებს, რომლებიც სწრაფად გაივლის. 80 – 120 ბერი დოზით დასხივებისას მუდავნდება სხივური ავადმყოფობის საწყისი ნიშნები, რასაც სასიკვდილო შედეგი არ მოჰყვება. მწვავე სხივური ავადმყოფობა ვლინდება 270 – 300 ბერი დოზით ერთჯერადი დასხივებისას. ასეთ შემთხვევაში 50% სიკვდილით მთავრდება, ხოლო 550 – 700 ბერი დოზით დასხივებისას ყველა შემთხვევა სიკვდილით მთავრდება. ეს მონაცემები ეხება

ისეთ შემთხვევებს, როც ადგილი არა აქვს მკურნალობას. ამჟამად სამკურნალო პრაქტიკაში გამოიყენება მთელი რიგი პრეპარატები, რომლებიც დასხივების მოქმედების მნიშვნელოვანი შესუსტების საშუალებას იძლევა.

დასხივების ერთსა და იმავე ჯამური დოზის შემთხვევაში გამოსხივების მოქმედება მით უფრო მსუბუქია, რაც უფრო მცირეა ამ დოზის ცალკეული შემადგენლობები, ე.ი. მნიშვნელობა აქვს დოზის გაჭიმვას, ვინაიდან გამოსხივების მიმართ ორგანიზმის წინააღმდეგობა დაკავშირებულია ადგენის უნართან.

გამოსხივების სხვადასხვა სახე სხვადასხვანაირად მოქმედებს ორგანიზმზე, ეს აიხსნება მათი სხვადასხვა შეღწევით. კუთრი იონიზაცია და შეღწევის უნარი ერთმანეთთან უკუპროპორციულად დამოკიდებულებაშია. რაც მეტია შეღწევის უნარი, მით უფრო მცირეა მის მიერ გამოწვეული კუთრი იონიზაცია. ალფა, ბეტა, გამა ნეიტრონული იონიზაციის უნარი მცირდება. კუთრი იონიზაციის უნარის სხვადასხვაობის გამო, გამოსხივების სხვადასხვა სახის დამაზიანებელი მოქმედებაც სხვადასხვაა.

ადამიანის სხეულის ზოგიერთი ორგანო განსაკუთრებით მგრძობიარეა დასხივების მიმართ, მაგალითად, კანის, სისხლის წარმომქმნელი ორგანოები, სასქესო ჯირკვლები.

ადამიანი გამუდმებით განიცდის გამოსხივების ბუნებრივი ფონის მოქმედებას. ამოსხივების ბუნებრივი ფონი შედგება კოსმოსური გამოსხივებისა და დედამიწის ქერქში, ატმოსფეროში, კვების პროდუქტებში, წყალში და ა.შ. განაწილებული ბუნებრივი რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოსხივებისაგან. ბუნებრივი ფონი ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიაზე საშუალოდ ქმნის ექსპოზიციური დოზის სიმძლავრეს 40 – 200 რენტგ/წმ. ამოსხივების მცირე დოზებმაც კი შეიძლება ორგანიზმში შებრუნებული უკუცვლილებები გამოიწვიოს.

გენებთან დაკავშირებით გამოსხივების მოქმედება კუმულირდება მთელი იმ პერიოდისთვის, სანამ ორგანიზმს აქვს გამრავლების უნარი. ზოგიერთ შემთხვევაში გამა – გამოსხივების წყაროსთან მუშაობისას შეუძლებელია სტაციონალური დაცვის მოწყობა (დანადგარების გადამუხტვისას, რადიოაქტიური პრეპარატის კონტეინერიდან ამოღებისას, ხელსაწყოთა დაგრაფებისას და ა.შ), მცირე აქტიურობის წყაროს შემთხვევაში მომსახურე პერსონალის გამოსხივებისაგან დასაცავად გამოყენებულ უნდა იქნეს ე.წ. დაცვა დროით და დაცვა მანძილით. ეს ნიშნავს, რომ გამა – გამოსხივების წყაროსთან ყველა მანიპულაცია უნდა შესრულდეს გრძელი მაშების დამჭერების საშუალებით და მხოლოდ იმ დროის მონაკვეთში, რომლის განმავლობაშიც მომუშავეს მიერ მიღებული დოზა არ გადააჭარბებს სანიტარული წესით დადგენილ ნორმებს. ასეთი სამუშაოები უნდა შესრულდეს დოზიმეტრის კონტროლის ქვეშ. ამავე დროს, შენობაში არ უნდა იყვნენ გარეშე პირები, ხოლო ზონა, რომელშიც მუშაობის პროცესში დოზა აჭარბებს ზღვრულ დასაშვებს, აუცილებლად უნდა შემოიფარგლოს.

## 1.6. დოზიმეტრის კონტროლი

პერიოდულად აუცილებელია დამცავი მოწყობილობების კონტროლი დოზიმეტრული ხელსაწყოების საშუალებით, ვინაიდან დროთა განმავლობაში მთლიანობის შეუმჩნეველმა დარღვევამ შეიძლება ნაწილობრივად დაუკარგოს მას დაცვითი უნარი. ეს შეიძლება გამოიწვიოს ბეტონის და ბარიტობეტონის გადღობვაში ბზარების გაჩენამ, ტყვიის ფურცლების გაგლეჯვამ და ა.შ.

შენობები, რომლებიც განკუთვნილია რადიოაქტიურ იზოტოპებთან სამუშაოდ, დანარჩენი შენობებისაგან იზოლირებული და სპეციალურად აღჭურვილი უნდა იყოს. ასეთ სათავსოში კედლები,

ჭერი და კარები მზადდება გლუვი, რათა არ ჰქონდეს ფორები და ბზარები. სათავსში ყველა კუთხეს მომრგვალებულს აკეთებენ რადიოაქტიური მტვრისაგან სათავსის გაწმენდის გასაადვილებლად. 2 მეტრის სიმაღლეზე კედელს ფარავენ ზეთის საღებავით, ხოლო სათავსის ჰაერში რადიოაქტიური აეროზოლის ან ორტქლის შემთხვევაში, როგორც კედლები, ასევე ჭერი მთლიანად უნდა იქნეს დაფარული ზეთის საღებავით.

იატაკი მზადდება მკვრივი მასალისაგან, რომელიც არ შეიწოვს სითხეს. ამისათვის გამოიყენება ლინოლიუმი, პოლიქლორენილის პლასტიკი და ა.შ. ლინოლიუმისა და ოლასტიკის ბოლო კედლის გასწვრივ 20 სმ სიმაღლეზე უნდა იყოს აწეული და გულდასმით ამოქოლილი.

სათავსში აუცილებელი საჭაერო გათბობის გათვალისწინება, აგრეთვე გამწოვი ვენტილაციის მოწყობა არანაკლებ ხუთჯერადი ჰაერცვლით. მუშა სათავსი ყოველდღიურად იწმინდება რადიოაქტიური ჭუჭყის დაგროვების თავიდან აცილების მიზნით. თვეში ერთხელ აუცილებელია სათავსის გენერალური წმენდა კედლების, ფანჯრების, კარების და ავეჯის ცხელი წყლით ჩამორეცხვით.

რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან მუშაობის დაწყების წინ გულდასმით უნდა შემოწმდეს ვენტილაციის მოქმედება, დანადგარისა და ინდივიდუალური დაცვის საშუალებათა მდგომარეობა. დანადგარის უწყესრიგობის შემთხვევაში, მისი ექსპლუატაცია დაუყოვნებლივ უნდა შეწყდეს.

რადიოაქტიურ ნივთიერებათა შენახვა, აღრიცხვა და გადაზიდვა, ნარჩენების ლიკვიდაცია. ლაბორატორიაში რადიოაქტიური ნივთიერება უნდა იმყოფებოდეს ისეთი ოდენობით, რომელიც არ აჭარბებს დღე – დამური მუშაობისთვის აუცილებელ ნორმას. გამასხივების გამოსხივებული და გამა – აქტივობის მქონე ნივთიერება, თუ იგი რადიუმის 1 მგ-ეკვ-ს არ აჭარბებს, აგრეთვე რადიოაქტიური ნივთიერება, რომელიც ასხივებს მხოლოდ ალფა და

ბეტა-სხივებს, შეიძლება ლაბორატორიაში შენახული იქნეს სპეციალურ სეიფში.

გამა-აქტიური ნივთიერება უნდა იმყოფებოდეს ტყვიის კონტეინერში, რომლის სეიფის ზედაპირზე გამა-გამოსხივები ზღვრული დასაშვები დონე რადიუმის 1 – 2000 მგ-ეკვივია, გამა – გამოსხივებული ნივთიერება ინახება კონტეინერში, რომელიც შეძლებისდაგვარად დაცულ საცავშია მოთავსებული.

რადიოაქტიური ნივთიერების აღრიცხვა უნდა უზრუნველდეს ნებისმიერი რიცხვის რადიოაქტიური ნივთიერების ფაქტიურ რაოდენობას, უზრუნველყოფილ უნდა იქნას ყოველდღიური კონტროლი. რადიოაქტიურ ნივთიერებათა აღრიცხვა წარმოებს იმ აქტიურობის მიხედვით, რომელიც მითითებულია თანხლებ საბუთებში.

რადიოაქტიურ ნივთიერებათა ტრანსპორტირება უნდა ხდებოდეს იმგვარად, რომ გამოირიცხოს მათი დაქცევის ან დაბნევის ყოველგვარი შესაძლებლობა. რადიოაქტიური ნივთიერება გადააქვთ განსაკუთრებულ ტარაში შეფუთული.

რადიოაქტიური ნივთიერებების გადაზიდვა შეიძლება ნებისმიერი სახის ტრანსპორტით. ქალაქის ფარგლებში მათი ტრანსპორტირება შეიძლება მხოლოდ სპეციალურად აღჭურვილი მანქანით. რადიუმის 1 მგ-ეკვივ რაოდენობით რადიოაქტიური იზოტოპი საცავიდან ლაბორატორიაში და პირიქით გადატანილ უნდა იქნეს გრძელსახელურიანი მსუბუქი კონტეინერით. ტრანსპორტირების ყველა შემთხვევაში უზრუნველყოფილ უნდა იყოს როგორც გამყოლის, ასევე გარემომცველი ხალხის გამოსხივებისაგან დაცვა. რადიოაქტიური ნარჩენების მოცილება იმ სირთულეებთანაა დაკავშირებული, რომ რადიოაქტიურობის განეიტრალება ფიზიკური და ქიმიური მეთოდებით შეუძლებელია. ერთ – ერთი მნიშვნელოვანი წესი, რომელიც უნდა დავიცვათ რადიოაქტიური ნარჩენების გადამუშავებისას და მოცილებისას, ესაა წარმოქმნის ადგილზე მათი

გაყოფა. კონცენტრირებული ნარჩენები უნდა შეგროვდეს ცალკე და არ შეეუროთ განზავებულს, რამდენადაც ეს უკანასკნელი პირდაპირ ან მარტივი წინასწარი გაწმენდის შემდეგ შეიძლება გავუშვათ წყალსაგდებ სისტემაში.

ასევე სასურველია მყარი ნარჩენების გაყოფა აქტიურობის ნახევრად დაშლის პერიოდის და ა.შ. მიხედვით. რადიოაქტიური ნარჩენების მოცულობა შეიძლება იყოს ცენტრალიზებული ან ინდივიდუალური.

აკრზალულია რადიოაქტიური ჩამდინარე წყლების ჩაშვება გუბურებში, რომლებიც განკუთვნილია თევზისა და წყალში მცურავ ფრინველთა საშენებლად, აგრეთვე იმ ნაკადულებსა და წყალსაცავებში, საიდანაც წყალი ჩაედინება გუბურებში.

რადიოაქტიური ნარჩენების დასამარხავად გამოყოფილია სპეციალური პუნქტები, რომლებიც შეიცავს მყარ და თხევად ნარჩენებისათვის ბეტონის სასაფლაოებს, მანქანებისა და კონტეინერების გასაწმენდ ადგილას, საქვაბეებს, შენობასმორიგე პერსონალისათვის, დოზირებულ პუნქტებსა და გასასვლელს.

ზოგჯერ დასამარხ პუნქტებში აწყობენ ღუმელს ნარჩენების დასაწვავად.

რადიოაქტიური ნარჩენების დასამარხი პუნქტი უნდა განლაგდეს ქალაქიდან არა უმცირეს 20 კმ დაშორებით, რაიონში სადაც არ არის გათვალისწინებული მშენებლობა (სასურველია იყოს ტყე) 1000 მეტრიანი სანიტარულ – დამცავი ზონით. სასაფლაოსათვის ადგილის არჩევისას უპირატესობა უნდა მივანიჭოთ იმ მონაკვეთს, სადაც წყალგაუმტარი თიხოვანი ნიადაგია. სასაფლაოს პუნქტის ტერიტორია უნდა შემოიღობოს სათანადო აღნიშვნების და უზრუნველყოფილ იქნეს მუდმივი დაცვით. თვით სამარხი უნდა იყოს მიწისქვეშა და დახურული. სამარხში გამორიცხული უნდა იყოს წყლის შეღწევა.

რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან და გამოსხივების წყაროსთან დოზიმეტრული კონტროლი უსაფრთხო მუშაობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია მომსახურე პერსონალის შიგა და გარე დასხივების დონეზე, აგრეთვე გარემოში რადიაციის დონეზე სისტემატური დოზირებული კონტროლის ორგანიზაცია. დოზირებული კონტროლის მოცულობა დამოკიდებულია რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან მუშაობის ხასიათზე. თუ სამუშაო მიმდინარეობს რადიაციის დახურულ წყაროსთან, მაშინ საკმარისია ძირითად და დამხმარე სათავსებში მომსახურე პერსონალის სამუშაო ადგილზე გამა-გამოსხივების დოზის გაზომვა. ღია რადიოაქტიურ ნივთიერებასთან მუშაობისას, მაგალითად, ცხელ ლაბორატორიაში და ბირთვულ რეაქტორებზე, სადაც შესაძლებელია პირველი კონტურის სისტემიდან რადიოაქტიური ნივთიერების მაჟონვა ან რადიოაქტიური აირების და აიროზოლების წარმოქმნა, რადიაციის გარეთა ნაკადის დონის გაზომვასთან ერთად აუცილებელია მუშა და მოსახდვრე სათავსებში ჰაერის და მუშა ზედაპირის რადიოაქტიური ნივთიერებებით გაჭუჭყიანების დონის კონტროლი.

პერიოდულად უნდა შემოწმდეს დაცვის დონისძიებეთა ეფექტურობა, უზრუნველყოფილ უნდა იქნეს ყოველკვირეული (ხოლო საჭიროების შემთხვევაში უფრო ხშირი) კონტროლი გარეგანი დასხივების დონეზე, თხევადი ნარჩენების რადიოაქტიურობის სისტემური კონტროლი. დოზირებული კონტროლის მონაცემების რეგისტრაცია წარმოებს სპეციალურ ჟურნალში. რადიოაქტიურ ნივთიერებასთან კონტაქტში მყოფი მომსახურე პერსონალი ადჭურვილი უნდა იყოს გამა-გამოსხივების დოზის კონტროლისათვის ინდივიდუალური დოზიმეტრული ხელაწყოთი.

რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან მუშაობის ადგილებში რადიაციული მდგომარეობის შეფასება ხდება ხელსაწყოებით. მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს იმ ცვლილებათა ეფექტების

რეგისტრაციაში, რომლებიც აღიძვრება ნივთიერებაში გამოსხივების მოქმედების პროცესში.

არსებობს მაიონიზებელი გამოსხივების იონიზაციური, სცინტილაციური, ფოტოგრაფიული, ქიმიური და კალორიმეტრიული მეთოდები.

იონიზაციური მეთოდები დაფუძნებულია გამოსხივებით გამოწვეული მაიონიზებელი ეფექტის გაზომვაზე. ნივთიერებაში გამოსხივების გავლის თანხლები ეფექტის აღმოსაჩენად გადამწოდად ძირითადად გამოიყენება იონიზაციური კამერები, აირგანმუხტავი მრიცხველები, ხოლო მარეგისტრირებელი სქემები შეიცავს მგრძნობიარე ელემენტებს. ამ ხელაწყოებით შესაძლებელია არა მარტო დამუხტული ნაწილაკების, არამედ გამა-გამოსხივებისა და ნეიტრონების რეგისტრირება. სტაციონალური მეთოდი ეყრდნობა მოვლენებს, რომლებსაც ადგილი აქვს დეტექტორებად გამოყენებულ ზოგიერთ კრისტალში (ნაფტალინი, ანთრაცენი, იოდოვანი ნატრიუმი, გააქტიურებული თალიუმი). დასხივების დროს თავისუფალი ელექტრონები კრისტალში იწვევენ დამახასიათებელ ფლუორესცენციას. ამ სინათლის აფეთქების რეგისტრაციისათვის გამოიყენება ფოტოელექტრონული მმართავი მარეგისტრირებელი ელექტრული სქემით. ნივთიერებებს, რომლებიც მაიონიზებელი გამოსხივების მოქმედებით გამოასხივებენ სინათლეს, ეწოდება სცინტილატორები (ფლუორები, ლუმინოფორები, ფოსფორები). ფოტოელექტრონული მამრავლი საშუალებას იძლევა სცინტილატორიდან სუსტი აფეთქება გარდაქმნას საკმაოდ დიდ ელექტროიმპულსად, რომელიც რეგისტრირდება ჩვეულებრივი მარტივი ელექტრული აპარატურით. ფოტოგრაფიული მეთოდი დაფუძნებულია ფოტოგრაფიულ ფირზე მაიონიზებელი გამოსხივების მოქმედებაზე. გამოსხივების დოზის დადგენა ხდება განსაზღვრული (ცნობილი) და გასაზომი დოზებით დასხივებული ფირების გაშავების ხარისხის შედარებით. გამოსხივების რეგისტრაციის ზემოთ აღნიშნული მეთოდები ძალიან

მგრძობიარეა და დოზების გაზომვისას არ გამოდგება. ამ მიზნით მოსახერხებელია ისეთი ქიმიური სისტემების გამოყენება, რომლებშიც გამოსხივების გავლენით მიმდინარეობს ესა თუ ის ცვლილებები, მაგალითად, ხსნარისა და მყარი სხეულის შეფერვა, ნაერთიდან აირის გამოყოფა, კოლოიდების გამოლექვა. გამოიყენება აგრეთვე სხვადასხვა მინები, რომლებიც გამოსხივების მოქმედებით ფერს იცვლის.

ძალიან მძლავრი დოზის გასაზომად გამოიყენება კალორიმეტრული მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია შთანთქმულ ნივთიერებაში გამოყოფილი სითბოს განსაზღვრაზე. ეს მეთოდი გამოიყენება ერთობლივი და გამა-ნიეტრონული გამოსხივების განსაზღვრისათვის ბირთვულ რეაქტორებში, მაჩქარებლებში, სადაც შთანთქმული დოზის სიმძლავრე შეადგენს რამდენიმე ათეულ რადს სთ-ში.

## 1.7. ბიოლოგიური მოქმედება

ბიოლოგიური მეთოდი დამოკიდებულია დასხივების ზომაზე, გამოსხივების სახესა და ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე.

ადამიანის ორგანიზმში ბიოლოგიური პროცესების დარღვევა შეიძლება იყოს შექცევადი, როცა დასხივებული, როცა დასხივებული ქსოვილის უჯრედის ნორმალური მუშაობა მთლიანად აღდგება და პათოლოგიურ ცვლილებებს ადგილი არა აქვს. შეუქცევადია, როცა ხდება ცალკეული ორგანოების ან მთელი ორგანიზმის დაზიანება და სხივური ავადმყოფობის განვითარება.

რადიაციული დასხივების თავისებურება ისაა, რომ ორგანიზმის დასხივების მომენტში ადამიანი მის მოქმედებას ვერ

გრძნობს და მუდგანდება მოდვიანებით, როდესაც ესა თუ ის ორგანო უკვე დაზიანებულია.

განასხვავებენ გარე და შიგა დასხივებას. გარე დასხივებაში იგულისხმება ადამიანზე გამოსხივების ისეთი მოქმედება, როდესაც რადიაციის წყარო ორგანიზმის გარეთაა და გამორიცხულია რადიოაქტიური ნივთიერების ორგანიზმში მოხვედრა. გარე დასხივებას აქვს ადგილი რენტგენის აპარატებსა და მაჩქარებლებზე, აგრეთვე ჰერმეტიკულ ამპულაებში მოთავსებულ რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან მუშაობისას. გარე დასხივებისას განსაკუთრებით საშიშია ბეტა, გამა, რენტგენის და ნეიტრონული დასხივება.

## 1.8. ატომური სადგურების აფეთქებების მიღებული შედეგები

არსებობს რეაქტორების სხვა დასხვა ტიპი: რეაქტორები, სადაც მხოლოდ არგონი გამოისროლება. ეს გაზი უვნებელია და ამდენად, რეაქტორი დიდ საშიშროებას არ წარმოადგენს. საფრანგეთში შეწყვიტეს ამ ტიპის რეაქტორებზე მუშაობა, ვინაიდან შემოტანილი მაზუთი, რომელიც რეაქტორებისთვის იყო საჭირო, ძვირი უჯდებიდათ. მეორე ტიპის რეაქტორია გამდიდრებულ ურანზე ჩაკეტილი ციკლით. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ მათ ზოგჯერ ერღვევათ ჰერმეტიკულობა და ხდება გარემოს დაბინძურება. ამ ტიპის რეაქტორზე საჭიროა წყლის გამოცვლა. სწორედ ამ შემთხვევაში ხდება (კრეპტონ 85, ქსენონ 133 და იოდ 131 – ით) მცირედ დაბინძურება. იოდ 131 გამოიტყორცნება ატმოსფეროში. ამ დროს ტრიტიუმითაც ბინძურდება მდინარეები. ყოველ 1000 მგ/ვატ ელექტროენერგიაზე გამოიყოფა რამდენიმე ათასი ტრიტიუმი, გადასროლილი მდინარეებში. ამ ტიპის ატომური სადგურები ატმოსფეროში სხვა ტიპებთან შედარებით მცირე გზას გამოყოფენ,

რამდენიმე ათეული კ/ლ–ს წელიწადში; რეაქტორებიდან გამომდინარე იოდ 131, რომელიც თავისი ბიოლოგიური აქტიურობით ძალიან მავნეა, ამავე დროს გამოიყოფა კრიპტონ 85. როგორც ვიცით, კრიპტონის ნახევრად დაშლის პერიოდი 10 წელია.

მესამე ტიპის რეაქტორები გააქტიურებული ურანი და ადუღებული წყალი. ამ რეაქტორების უპირატესობა ისაა, რომ არ წარმოიქმნება ტრიტიუმი, მაგრამ სამაგიეროდ დიდი რაოდენობით გამოიყოფა კრეპტონ 85. ამ რადიოაქტიური ელემენტის მოსასპობად, პრობლემა გადაიჭრა აშშ-ში. შეიქმნა ისეთი ციკლი რეაქტორებისა, სადაც კრიპტონ 85, იოდ 131 და ტრიტიუმი ინახება მეორეული პროდუქტების სახით და ხელახლა იყენებენ ციკლში. აშშ-ში აშენებულია და მოქმედებს ორი ასეთი ტიპის რეაქტორი. ამ შემთხვევაში რადიოაქტიური ნარჩენების განადგურება ხდება მხოლოდ ატომური საწვავის მომზადების დროს.

ატომური ენერჯის წარმოებაში ურანის გააქტიურება შემდეგ ეტაპად იყოფა: ურანის ამოღება ურანის შახტებიდან, მისი გააქტიურება რეაქტორებში. ამ ოპერაციების შესრულებისას ხდება გარემოს დაბინძურება.

რადიოაქტიური ურანის წარმოებაში მიტანა გადამუშავების და გააქტიურების მიზნით ხდება პლუტონ 239 გამოყოფით. ეს ქახნები სერიოზულად ანაგვიანებენ გარემოს – კრიპტონ 85, ქსენონ 133, იოდ 131 ხვდება ატმოსფეროში, სტრინციუმ 144, ცეზიუმ 137, რუთენიუმ 106, იოდ 131 იყრება მდინარეში. ამ დროს 500-1500 მ<sup>3</sup> წყლები ჭუჭყიანდება. ყოველწლიურად აშშ-ში 4250 ტონა რადიაციული ნარჩენებია, რომლებიც შეიცავს  $6 \cdot 10^6$  კი სტრინციუმს,  $90 \cdot 10^4$  კი კრიპტონს,  $36 \cdot 10^6$  კი ტრიტიუმს.

მეცნიერულად დადგენილია, რომ გენეტიკური მოქმედების თვალსაზრისით, ზრვრული დოზა არ არსებობს. ეს ნიშნავს, რომ რაც უნდა მცირე იყოს დასხივების დოზა, მისი მოქმედება გამოიწვევს უარყოფით ეფექტს. რაც შეეხება სომატურ მოქმედებას,

მის მიმართ არ არსებობს ერთნაირი აზრი. ზოგი თვლის, რომ არსებობს რაღაც ზღვრული დოზა, რომლის მოქმედება არ იწვევს ეფექტს, სხვები კი, ამას უარყოფენ. ადამიანს არ შეუძლია აღკვეთოს მაიონიზებული გამოსხივების გამოყენება. ამდენად, პრაქტიკული პრობლემა იმაში მდომარეობს, რომ დავადგინოთ ზღვ, რომელიც არ იქნება საშიში როგორც ცალკეული ინდივიდისათვის, ასევე მოსახლეობისთვის.

### 1.9. ბუნებრივი და ხელოვნური რადიოაქტიურობის გავლენა მშენებლობაზე

ბუნებრივი რადიოაქტიურობის დედა ელემენტებია  $U^{238}$ ,  $U^{235}$ ,  $Th^{232}$ . ემნაციის შედეგად ეს ელემენტები მტვერთან ერთად ხვდება ატმოსფეროში -  $Ra^{226}, I^{131}$ . ემნაციის წრებრუნვა იწყება იმით, რომ ემნირებული ელემენტები მტვერთან ერთად მიემართება დედამიწის ზედაპირისაკენ (გამორეცხვის, ვულკანიზაციის, ქანის გამოფიტვის და სხვა), შემდგომ კი გამოდიან ზედაპირზე. მანირებული ელემენტები, რომლებიც ატმოსფეროში ხვდება, როგორც ვერტიკალური, ისე ჰორიზონტალური მიმართულებით ვრცელდება, მანამ, სანამ არ დაუბრუნდება მიწის ზედაპირს. რადონის შემცველობა ატმოსფეროში აღმოჩენილია 100-150 კ/ლ ოდენობით. რადონის შემცველობა, როგორც აღვნიშნეთ, ემნაციის შედეგად იწყება მიწის ზედაპირზე ეროზიისას ქანების ნაპრალების წარმოქმნის დროს და სხვ. მიწის წიაღში კი რადონის შემცველობა მიწის სიღრმის მიხედვით იზრდება. თავიდან სწრაფად ხდება რადონის შემცველობის გაზრდა, ხოლო შემდეგ გარკვეულ ზონაში აღწევს ერთხაზოვნებას. ეს რაოდენობა ატმოსფეროში მყოფ რაოდენობაზე ბევრად მეტია. დიფუზიის მიხედვით მიწის ზედაპირზე მცირდება რადონის შემცველობა. დიფუზიაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის სინოტივე. ემნაცია წყალში 700-ჯერ ნელა მიმდინარეობს,

ვიდრე ჰაერში. უნდა აღინიშნოს, რომ ატმოსფეროს დაბალ ფენებში (დაახლოებით 100 მ-ზე) ხდება რადიოაქტიურობის შეფარდება რადონის და მისი დაშლის პროდუქტებთან. ყოველივე ეს უფრო მეტად გამოვლინდება დედამიწის ზედაპირთან რაც შეიძლება ახლო ფენაში.

ბუნებრივ რადიოაქტიურობასთან დამ ის იზოტოპებთან (კოსმოსური გამოსხივება) ერთად, ბოლო ხანებში ატმოსფეროში გამოჩნდა მესამე ფორმა რადიოაქტიური ელემენტებისა, რომლებიც ურანისა და პლუტონიუმის დაშლის შემდეგ მიიღება. ეს არის ხელოვნური რადიოაქტიურობა, რომლებიც უფრო დიდ ზიანს აყენებს გარემოს, ვიდრე ბუნებრივი. ატომური აფეთქებების შედეგად რადიოაქტიური ელემენტები და მისი დაშლის პროდუქტები აღწევს ატმოსფეროდან და ასევე დიდი რაოდენობით ხვდება დედამიწაზე. იზრდება ამ ელემენტების იზოტოპების რაოდენობა.

კოსმოსური გამოსხივება ატმოსფეროში. კოსმოსურ გამოსხივებას მიეკუთვნება ატმოსფეროში სხვადასხვა რა რადიოაქტიური იზოტოპების გამოსხივება. ამ გამოსხივების 91,5% არის კრიპტონი. მძიმე ნეიტრონების ხანგრძლივობა 17 წთ-ია და ამდენად, ისინი დიდ მანძილს ვერ გაივლიან. გამოტყორცნილი ნაწილაკები დიდი ზომისაა. ატომბირთვთან შეჯახების შემდეგ ხდება მათი შერწყმა, ამ დროს წარმოიქმნება მეზონები, დაშლის შემდეგ კი – კვანტები და აგრეთვე მაგნიტური ველი. ეს ყოველივე ფოტოეფექტების შედეგია, დიდ როლს ასრულებს კოსმოსური სხივები, რომლისგან უნდა დავიცვათ ოზონის ფენა.

კოსმოსური დასხივების დროს სხივდება მთის მასივები, ამ დროს ნეიტრონები რეაქციაში მონაწილეობენ. რაც შეეხება ატომურ რეაქციას, იგი ლითოსფეროში უფრო დიდია, ვიდრე ატმოსფეროში ჰიდროსფეროში ძირითადად გროვდება ატომური ელემენტები, რომლებიც მიღებულია სხვადასხვა მიზეზით. ძირითადი ნაწილი ატმოსფეროდან რადიოაქტიური იზოტოპების სახით წარმოიქმნება.

მეტეორიტებში იზოტოპები წარმოდგენილია იმ რადიოაქტიური ელემენტების დიდი რაოდენობით, რომლებიც კოსმოსური გამოსხივების შედეგად არის წარმოდგენილი. როგორც ვიცით მეტეორიტებისაგან დედამიწას იცავს ოზონის ფენა, მაგრამ დედამიწაზე მაინც აღწევენ მეტეორიტების სხვადასხვა ფორმები, ესენის: რკინის შემცველი მეტეორიტები, ქვისებრი მეტეორიტები. ძოგჯერ ხდება კობალტისა და ნიკელის შედუღება. ზოგ შემთხვევაში მეტეორიტებში იზოტოპების გაზის სახით აღმოჩენილი იყო ჰელიუმი, ნეონი და არგონი. შემდეგში კი იზოტოპები  $Ar^{37}$  და  $Ar^{39}$ . ერთ-ერთი პირველთაგანი ელემენტი, რომელიც მეტეორიტებში აღმოაჩინეს ესაა ტრიტიუმი, ძირითადად ქვოვან მეტეორიტებში. რაც შეეხება რკინის შემცველ მეტეორიტებში ტრიტიუმის აღმოჩენა ძალიან ძნელია. ქვისებრ მეტეორიტებში აღმოაჩინეს დიდი დაშლის პერიოდის რადიოაქტიური ელემენტები  $Na^{22}$  და  $Ca^{60}$ , ბევრ მათგანში კი  $Ar^{39}$  და  $Cl^{36}$ . ბოლო წლებში, გარდა არგონისა აღმოაჩინეს მისი იზოტოპებიც, ხოლო კოსმოსური დასხივებით აღმოცენილია  $K^{40}$  და აგრეთვე მეტეორიტებში ნაპოვნია  $Ra^{226}$  და მისი იზოტოპები. რკინის მეტეორიტებში კალიუმის შემცველობა მცირეა. 1959 წელს რკინის მეტეორიტებში, რომელიც ცნობილია აროსის სახელწოდებით, ნაპოვნია მრავალი რადიოაქტიური ელემენტი, რომელთა დაშლის პერიოდი დაბალია. ზოგიერთ მეტეორიტებში კი ნაპოვნია  $Co^{57}$ ,  $Ni^{59}$ ,  $Na^{22}$ ,  $Al^{26}$ .

### 1.10. რადიოაქტიური იზოტოპები

მძიმე ელემენტების რადიოაქტიური იზოტოპების სამი ოჯახი უმთავრესად რადიოაქტიურია, რაც დაკავსირებულია ბუნებრივ პირობებში ადამიანის დასხივებასთან. ამ ოჯახთა დედა-ელემენტები  $U^{238}$ ,  $U^{233}$  და  $Th^{232}$  და მათი დაშლის პროდუქტები თანმიმდევრობით

ქმნიან დგებულ მწკრივს, რომელთა დამახასიათებელი თვისებებია შეუქცევადობა და  $\alpha, \beta$  და  $\gamma$  ნაწილაკთა გამოსხივება. რადიოაქტიური გამოსხივება ძლიერ ბიოლოგიურ მოქმედებას ახდენს საკმაოდ დიდი ან ხანგრძლივმოქმედ მცირე დოზის დროს. მას შეუძლია ნებისმიერი ცოცხალი ქსოვილის დაშლა. შესაძლებელია ქსოვილის ეს დაშლა შეუქცევადი გახდეს, რაც სათანადო პირობებში იწვევს თვით ორგანიზმის დაღუპვას. დროულად თუ იქნება მიღებული ორგანიზმის დაცვის მიზანშეწონილი ღონისძიებები და მუშაობის სწორ რეჟიმს განვახორციელებთ, მაშინ შესაძლებელია დასხივება დაყვანილ იქნას ისეთ მცირე დოზამდე, რომ მას აღარ შეეძლოს ადამიანისთვის საგრძნობი ზიანის მიყენება.

რადიოაქტიურობის გამოვლენის მიზნით უნდა ჩატარდეს საცდელი გაზომვები ქარხნებში, წყალგამოვლენებში, ჰაერში. მანაცის შემცველობა უნდა იქნეს შესწავლილი, რისთვისაც აუცილებელია:

1. ცალკეულ წერტილებში რეჟიმული დაკვირვება, სადაც სავსე პირობებში ჰაერის ნიმუშები სისტემატურად აღება ტემპერატურის და ტენიანობის განსაზღვრით.
2. ბურღვის დროს ჰაერის განუწყვეტელ ნაკადში მტვრის რადიოაქტიურობაზე სისტემატური დაკვირვება "РАДИАГ-1" რადიომეტრით.
3. ქანების ემანირების კოეფიციენტისა და ელემენტების კონცენტრაციის განსაზღვრა.
4. ქიმიური და რადიოაქტიური ანალიზისთვის წყლის ნიმუშების აღება.
5. მადნის შემცველი ქანებით დატვირთულ ვაგონებზე სისტემური რადიოაქტიური კონტროლი.
6. ჰაერის რადიოაქტიურობის განსაზღვრა, მისი დაკვირვება და დაკავშირება ვენტილაციის რეჟიმთან.
7. მიწისქვეშა დეტალური  $\gamma$  და ემანაციური აგეგმვის ჩატარება.

## 8. ქარხნებში, ჰაერსა და წყალში რადონის განსაზღვრა.

საქართველოში რადიოაქტიური ელემენტების განსაზღვრა ურანის საბადოს გამოვლენის მიზნით მიმდინარეობს, რისთვისაც ფართოდ იყო გაშლილი რადიომეტრული სამუშაოები. კერძოდ, უნდა აღვნიშნოთ, ჭიათურის მარგანეცის საბადოზე ჩატარებული სამუშაოები, რომლებსაც აწარმოებდა საქართველოს გეოლოგიური სამმართველო, “საქნახშირ მაღნეული ტრესტი”, ტექნიკური უნივერსიტეტი და ჭიათურმარგანეც ტრესტი, აგრეთვე გეოფიზიკის ინსტიტუტი. შაველე მეთოდებიდან გამოყენებულია: ზედაპირულ მარშრუტული ძეხვის მეთოდი, მიწისქვეშა სამთო გამონამუშევრის, შურფებისა და თხრილების გამა-პროფილირება, წყალგამოვლინებათა რადიოჰიდროლოგიური გამოკვლევა, ემანაციური აგეგმვა, კერნის პროფილირება და სხვა.

ბუნებრივი რადიოაქტიურობის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა ატმოსფეროში რადონის და მისი დაშლის ხანმოკლე პროდუქტების კონცენტრაციის დადგენა. ატმოსფეროში ამ ელემენტებს შორის დარღვეულია რადიოაქტიური წონასწორობა, ამიტომ მათ კონცენტრაციას ცალ-ცალკე განსაზღვრავენ. რადონის დაშლის ხანმოკლე პროდუქტების (ღა , ღა , ღა ღაჩ) განსაზღვრისთვის ატმოსფერულ ჰაერს ზომავენ, როდესაც მაღარო მეტად ტენიანია (90-100%) და მასში ელექტროდების ძაბვა 360 ვოლტია. შაზომი ხელსაწყო უნდა მოვათავსოთ უახლოეს გარე შენობაში, რათა მგრძნობიარე ხელსაწყოზე არ იმოქმედოს.

როგორც ცნობილია, ურანისა და თორიუმის ოჯახთა რადიოელემენტების შემცველ ქანებს ზომავენ ასმანის ტიპის ფსიქრომეტრით. ამ ქანებით დატვირთულ ვაგონებზე რადიომეტრულ კონტროლს აწარმოებენ რადიატორებით. დადონის დაშლის პროდუქტების გავლენის აცილების მიზნით, გაზომვები უნდა ჩატარდეს ვაგონის დატვირთვის მეორე დღეს. უნდა დავიცვათ

სათანადო წესები, რათა არ გამოხდეს  $Ra^{226}$  ველის ანომალური მნიშვნელობა.

აეროზოლებისა და ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტების კონცენტრაციას შორის არსებობს გარკვეული კავშირი, რაც დიდადაა დამოკიდებული დაკვირვების ადგილზე. ექსპერიმენტით დადგენილია, რომ რადონით ჰაერის გაჭუჭყიანება ძირითადად დამოკიდებულია კონტაქტის ხასიათზე.

ინერტული გაზი რადონის დასადგენად სამთო გამონამუშევარში ჰაერის ნიმუშს იღებენ რადიომეტრული დახასიათებისთვის ბურღვის დროს. ბურღვის დაწყებამდე და დამთავრების შემდეგ.

როგორც ცნობილია, ურანის და თორიუმის ოჯახთა რადიოელემენტების შემცველი ქანები წარმოშობილ ემენეციათა ნაწილს გამოყოფს გარემომცველ სივრცეში, საიდანაც ის ვრცელდება ნიადაგში. ემანირების ხარისხი დამოკიდებულია ემანირებული სხეულის ფიზიკურ მდგომარეობასა და ტემპერატურაზე. იგი ხასიათდება ემანირების კოეფიციენტის სიდიდით. ვინაიდან რადიოაქტიური ანალიზი საჭიროებს დიდი დროს, ამიტომ ემანირების კოეფიციენტის განსაზღვრისთვის გამოიყენება კომბინირებული მეთოდი (ემანაციური და  $\gamma$  გამოსხივების ინტენსიურობის მიხედვით), აგრეთვე აწარმოებენ ემანაციურ აგეგმვას. ხოლო, რაც შეეხება გამა-აგეგმვას, ატარებენ თითოეულ წერტილში.  $\gamma$  - აქტიურობა განისაზღვრება ვერტიკალურ ჭრილში, იატაკის და ჭერის გასწვრივ.

მადაროს ცალკეულ წერტილებში ასმანის ტიპის ფსიქრომეტრით იზომება ტემპერატურა, უსათუოდ უნდა განისაზღვროს ჰაერის ტენიანობაც.

მადნით და შემცველი ქანებით დატვირთული ვაგონები უნდა გაიზომოს რადიომეტრით. გაზომვები ტარდება ვაგონების დატვირთვის მეორე დღესვე.

ეროზოლების სპექტრის კონცენტრაცია განისაზღვრება ემპაქტორული დამლექავით.

თიხიანი ფილების გამა – აქტივობა 18-22 გამა სიდიდით ხასიათდება, ხოლო ამ უბანზე აღებულ ნიშნებში ურანის შემცველობა ლაბორატორიული გაზომვრბის მიხედვით მხოლოდ 0,004%-ს აღწევს. კვარციანი სილის და ქვიშაქვის ნიშნულებში 40 გამაა.

დაბინძურებული ქანი უნდა შემოწმდეს რადიომეტრებით, კერძოდ,  $\alpha$ , СРП, РПН, რადიომეტრებით. ორივე რადიომეტრის ჩვენება უნდა აღირიცხოს და შედარდეს. ქანებზე დაკვირვება უნდა წარმოებდეს წლის სხვადსხვა დროს; რადიომეტრულად საინტერესოა უბნებზე დაკვირვება რამდენჯერმე განმეორდეს, უნდა შემოწმდეს ქანის გამა-აქტივობა. მიღებული სიდიდის საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა გამოისახოს გამებით. რადიომეტრული დახასიათება ვერტიკალური ჭრილის მიხედვით ჩატარდება ორივე კედელსა და ჭერზე. რამდენიმე ქანის გადაკვეთის შემთხვევაში, რადიომეტრული დახასიათება მოცემულია ცალ-ცალკე თითოეული ქანისთვის. თუ გამა-აქტივობა იცვლება მცირე სიდიდით, მაშინ პუნქტის დახასიათებისთვის აღებულია საშუალო მნიშვნელობა, ხოლო დიდ შემთხვევაში მოცემულია ცვლილებების საზღვრები. მომატებული გამა-აქტივობა უმთავრესად დაკავშირებულია ქვიშაქვებთან და ქვიშა ფილებთან.

როგორც ცნობილია, ემანაციურ აგეგმვას ახდენენ ურანის მომატებული შემცველობის უბნის გამოსავლენად. ეს მეთოდი გამოიყენება ნაყარის დიდი სიმძლავრის შემთხვევაში. საზოგადოდ, იგი სიღრმით მეთოდად ითვლება. ამ მეთოდის გამოყენებით ხდება რადონის მომატებული შემცველობის უბნის გამოვლენება და დიდი კონცენტრაციის გარკვეულ ქანებთან დაკავშირება. ამრიგად, ქვიშაქვის ნიმუშებში შემცველობა საკმაოდ დიდია. ზოგჯერ ნიმუშში კონცენტრაცია მომატებულია, სავარაუდოდ ამის მიზეზია ემანირების

კონცენტრაციის დიდი მნიშვნელობა. რადიოაქტიური წონასწორობა ურანსა და რადიუმს შორის დარღვეულია. რადონის კონცენტრაციის დასადგენად უნდა გამოვიყენოთ ელექტრომეტრი და ემანომეტრი. რადონის დაშლის პროდუქტების განსაზღვრა უნდა წარმოებდეს ჰაერის ფილტრში დალექვით და დროში აქტიურობის ცვლილების გაზომვით, აგრეთვე უნდა გაიზომოს ჰაერის ნაკადის სიჩქარე.

როგორც აღვნიშნეთ, მომატებული გამა-აქტივობა დაკავშირებულია ქვიშაქვასთან და მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა მიღებულია სხვა ქანებიდან ქვიშაქვის მკვეთრად გამოყოფის შემთხვევაში. ქვიშაქვის ემანირების კოეფიციენტი დიდია. ამის გამო ურანსა და რადიუმს შორის რადიოაქტიური წონასწორობა დარღვეულია.

რადონის ხანმოკლე ელემენტების კონცენტრაცია ჰაერში სჭარბობს, განიცდის ცვალებადობას და რადიოაქტიური ცვალებადობა დარღვეულია.

ამრიგად, რადონი და მისი დაშლის ხანმოკლე პროდუქტები უმთავრესი ტოქსიკური რადიოაქტიური ელემენტებია, რომელთა მომატებული კონცენტრაცია ჰაერში მეტად საზიანოა მომუშავე პერსონალისთვის, ამიტომ ატმოსფეროში სამუშაო პირობების შესაქმნელად აუცილებელია მტვერსაწინააღმდეგო და რადონის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა სისტემური განხორციელება. რადონის კონცენტრაციის შესამცირებლად აუცილებელია სამუშაო ადგილებისათვის განიავება და ვენტილაცია. ეფექტური ვენტილაციისთვის საჭიროა საწარმოში შემოვიდეს სუფთა ჰაერის საჭირო რაოდენობა, რის შედეგადაც ჰაერში რადონის შემცველობა სანიტარულ ნორმაზე ნაკლებ სიდიდემდე გადაიყვანება.

თანამედროვე გეოლოგიისა და კოსმოგონიის მონაცემების მიხედვით, ანთროპოგენების ეპოქაში კოსმოსური სხივების ინტენსიურობას და რადიოაქტიურ ნივთიერებათა კონცენტრაციას ადამიანის გარემოცვაში არ განუცდია მნიშვნელოვანი ცვლილებები.

ათიათასეული წლების განმავლობაში ადამიანი შეეგუა ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტების ფონურ კონცენტრაციას. მეორე მხრივ, ბოლო წლებში ატომური ენერჯის ინტენსიური გამოყენება მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობასა და მეცნიერებაში ადიდებს რადიოაქტიურ ნივთიერებათა კონცენტრაციას ბიოსფეროში, რის გამოც ადამიანის გარემოცვაში იზრდება ყოველდღიური დასხივების დოზა, იზრდება სამშენებლო მასალების რადიოაქტიურობა და შესაძლებელია აშენებული სახლის ბლოკებში ბუნებრივი რადიოაქტიურობის დონე მაღალი იყოს. ადამიანის ორგანიზმის სასაზღვრო დასხივების დონე (ს.დ.დ.) ძირითადად განსაზღვრავს რადიოაქტიური ელემენტების (ს.დ.კ.) კონცენტრაციას ჰაერსა და წყალში. იგივე უდევს საფუძვლად ადამიანის ორგანიზმში მათ სასაზღვრო დასაშვები შემცველობის გაანგარიშებას. უახლოეს 30 წლის განმავლობაში რიგი გამოკვლევების შედეგად დასხივების სასაზღვრო დასაშვები დონე 12-ჯერ იქნა შემცირებული და იგი მომავალშიც ალბათ შემცირდება.

დასხივებისადმი ყველაზე მგრძობიარე უჯრედი დაყოფის პროცესშია. ადამიანის ორგანიზმში რადიოაქტიური ნივთიერება მოხვდება ფილტვების, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის და კანის დაზიანებული საფარის მეშვეობით. აქედან ყველაზე სახიფათო არის პირველი, ვინაიდან ადამიანი ჰაერს ჩაისუნთქავს დღე-ღამეში 15-20 მ, ხოლო წყალს 2-4 ლ-ს დეზულობს. კუჭ-ნაწლავისთვის დამახასიათებელია რესორბციის კოეფიციენტის (სისხლში მოხვედრილი რადიოაქტიურ ნივთიერებათა რაოდენობის შეფარდება ორგანიზმში მოხვედრილ რაოდენობასთან) მცირე მნიშვნელობა 4-10%. ყოველი ჩასუნთქვის დროს, სასუნთქ ორგანოებში რადონთან ერთად შედის მისი დაშლის ხანმოკლე პროდუქტების ახალი სულფატები, რომლებიც უერთდება ფილტვებსა და სასუნთქი ორგანოების ზედა ნაწილში უკვე დაღეჭილ ატომებს.

ზოგ შემთხვევაში ადგილი აქვს: ა) ენერჯის შთანთქმით კონტაქტურ დასხივებას  $4\pi$  კუთხით; ბ) რადიოაქტიურ ნივთიერბათა უმეტესობა კონცენტრირებას ახდენს ცალკეულ ორგანოებში და თანაბრად ნაწილდება სხეულის ყოველ ქსოვილში; გ) ადამიანის შინაგან ორგანოებს არა აქვს კანის დაცვითი ფენა, ამიტომ ყველაზე სახიფათოა ორგანიზმის შიგნით მოხვედრილი  $\alpha$ -ნაწილაკი, რომელიც დიდი კუთხური იონიზაციით ხასიათდება.

კალიუმის ერთ-ერთი იზოტოპი არგონად გარდაიქმნება სიჩქარით, რომელზეც დამოკიდებულია კალიუმის მინერალების განსაზღვრა. მთავარი პრობლემაა რადიოგენური არგონის გაჟონვა ატმოსფეროში; იგი იწვევს ატმოსფეროს დაბინძურებას რადიოაქტიურობით. რადიუმ-სტრონციუმის მეთოდი განისაზღვრება რუბიდიუმის დაშლით სტაბილური სტრონციუმის მიღებამდე. მისი დაშლის პერიოდი 50 მლ/წელია.

უძველესი ქანების ასაკი 3,8 მილიარდი წელია, ისინი ზოგიერთ მეტეორიტზე (4,7 მლნ/წელი) უფრო დიდი ასაკისა არიან, ზოგიერთი მთავარი ქანის ასაკი 4,7 მლნ/წელი, ხოლო მზის სისტემის ასაკი 5 მლნ/წელია.

დედამიწას აქვს მაგნეტიზმის უნარი. ყოველივე ეს გამოიყენება რკინის წიაღისეულის მოსაპოვებლად. როგორც ვიცით, მიწის წიაღის სითბო გამოწვეულია ურანის დაშლით ამ დროს გამოყოფილი სითბო ზღვებსა და მიწის წიაღში ერთნაირია. რაც შეეხება ოკეანის და გეოთერმული რაიონების ტემპერატურეს, იგი  $5000^{\circ}\text{C}$ -მდე აღწევს.

როგორც აღვნიშნეთ, ბუნებრივი რადიოაქტიურობის დედა-ელემენტი და მათი დაშლის პროდუქტები აღმოჩენილია სამშენებლო მასალებში, რაც იწვევს ადამიანის დასხივებას. ამისათვის აუცილებელია სამშენებლო მასალა მშენებლობის დაწყებამდე შემოწმდეს.

მაიონიზებელი ეწოდება ელექტრომაგნიტურ გამა, (რენტგენის) და კორპუსკულურ (ალფა, ბეტა, ნეიტრონულ) გამოსხივებას,

რომელსაც შესწევს ნივთიერებასთან ურთიერთობისას მასში მუხტების, იონებისა და ელექტრონების წარმოქმნის უნარი.

ბირთვის რადიოაქტიურ დაშლას თან ახლავს ალფა ( $\alpha$ ), ბეტა ( $\beta$ ) და აგამა ( $\gamma$ ) გამოსხივება.

რადიოაქტიური გამოსხივება ხასიათდება მაიონიზებელი და შეღწევალობის უნარით. გამოსხივების მაიონიზებელი უნარი განისაზღვრება კუთრი იონიზაციით, ე.ი. იმ იონთა წყვილების რიცხვით, რომლებიც წარმოიქმნება მოცულობის, მასის ან ტრეკის სიგრძის ერთეულში.

რადიოაქტიური გამოსხივების შეღწევალობის უნარი განისაზღვრება თავისუფალი განარბენის სიგრძით. ნივთიერებაში გარბენისას ნაწილაკების სიჩქარე თანდათან მცირდება და გზის დასაწყისიდან გარკვეულ მანძილზე იგი უტოლდება მოცემული გარემოს ატომებისა და მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარეს. ამ მანძილის განარბენის სიგრძე ეწოდება.

## 2. თავი

### 2.1. სამშენებლო მასალების რადიოაქტიურობა

ბუნებრივი ნედლეულის გადამუშავების ზოგიერთი ტექნოლოგიური პროდუქტი – ბოქსიტური შალმი, ფოსფორის მადნების გადამუშავების ნარჩენები, ფოსფორთაბაშირი, ბრძმედული წიდა და ქვანახშირის დაწვის შემდეგ მიღებული ნაცარი – მაღალი რადიოაქტიურობით ხასიათდება. ზოგიერთი სახის ქვანახშირის 1 ტონა შეიცავს 1 კგ ურანს, სხვა რადიონუკლიდები კი უფრო მცირეა. ქვანახშირის დაწვისას რადიონუკლიდები კონცენტრირდება წიდასა და ნაცარში, მათ შორის, ნაცრის მტვერშიც. ამ უკანასკნელს კი ზოგიერთ ქვეყანაში (მაგალითად შვედეთში) ცემენტის დანამატად იყენებენ. მაღალი რადიოაქტიურობა ახასიათებს თიხამიწას,

რომელიც ასევე რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში გამოიყენებოდა შევედეთში. თიხამიწის გამოყენება მშენებლობაში ჯერ შეიზღუდა, ხოლო შემდეგ სავსებით აიკრძალა.

მაღალი ურანის შემცველობაა ფოსფატურ საბადოებში. ასევე მაღალია ფოსფოროვანი მადნების გადამუშავება თანაური პროდუქტის – კალციუმ-სილიკატური წილის ხვედრითი რადიოაქტიურობა. ეს უკანასკნელი ბეტონის და სხვა სამშენებლო მასალების ერთ-ერთ კომპონენტად გამოიყენება ჩრდილოეთ ამერიკისა და კანადაში. უნებრივ თაბაშირთან შედარებით, მაღალი რადიოაქტიურობით გამოირჩევა ფოსფორთაბაშირი – ფოსფოროვანი მადნების გადამუშავების კიდევ ერთი თანაური პროდუქტი, რომელიც საამშენებლო ბლოკების, ტიხრის, მშრალი ბათქაშის და ცემენტის წარმოებაში დღემდე გამოიყენება შემკვრელი ნარეგების მისაღებად, ასფალტბეტონში მინერალური ფხვნილის დანამატად. მოგვიანებით ცნობილი გახდა, რომ ფოსფორთაბაშირის შემცველი მასალებით აშენებულ სახლებში 30%-ით იზრდება ადამიანის დასხივება.

გაეროს კომისიის მონაცემების მიხედვით, 70-იან წლების ბოლოსთვის ფოსფორთაბაშირით დასხივების დოზა გაიზარდა, ხოლო ქვანახშირზე მომუშავე ყველა ელექტროსადგურიდან დასხივების დოზა შემცირდა.

გამოკვლევათა შედეგად დადგინდა, რომ ძალიან მაღალი ხვედრითი აქტიურობა აქვს თიხას, წითელ აგურს, კერამზიტს, გრანიტის ღორღს და წიდას. დაბალი ხვედრითი აქტიურობა ახასიათებს კირქვის ღორღს, კირს. გერმანელი მკვლევარები თვლიან, რომ რადიოაქტიური თვალსაზრისით, მეტალურგიული წიდეები უსაფრთხოა გარემოსათვის. მშენებლობაში გამოყენებული მაღალი რადიოაქტიურობის მქონე სამრეწველო ნარჩენებიდან აღსანიშნავია წითელი თიხა – ალუმინის წარმოების ნარჩენი, ბრძმედის წიდა-შავი მეტალურგიის ნარჩენი, რომელიც წარმოიქმნება ნახშირის წვისას. რადიოაქტიურობის გამო სამშენებლო

მასალებისადმი წაყენებული მოთხოვნები განისაზღვრება მასალაში ბუნებრივი რადიონუკლიდების კონცენტრაციით.

სამშენებლო მასალები ყველაზე დიდი მოცულობის პროდუქტია, რომელსაც კაცობრიობა იღებს დედამიწის წიაღიდან. მაგალითად დ/თ ქვეყანაში მშენებლობის ყველა დარგში ყოველ წლიურად იყენებენ 500 მლნმ<sup>3</sup> ღორღს, 800 მლნმ<sup>3</sup> ხრეშს, 400 მლნმ<sup>3</sup>, სამშენებლო ქვიშას, 250 მლნმ<sup>3</sup> ქვიშა-ხრეშიან ნარევს, 1 მლრდ 300000მ<sup>3</sup> ქვას. 1კმ საავტომობილო გზისთვის 5000მ<sup>3</sup> სამშენებლო მასალაა საჭირო.

მშენებლობაში დიდი რაოდენობით გამოიყენება აგრეთვე ტექნოგენური წარმოშობის მასალა: შავი და ფერადი მეტალურგიის ნარჩენები თანაური პროდუქტები, მყარ საწვავზე მომუშავე ელექტროსადგურების ნაცარწილოვანი ნარჩენებიდან 34%-მშენებლობაში, 23%-სოფლის მეურნეობაში სამშენებლო ინდუსტრიას არსებითი წვლილი შეაქვს ბუნებრივი გარემოს დაბინძურებაში, რითაც დიდ ზიანს აყენებს ადამიანანთა ჯანმრთელობას.

დღეს-დღეობით სამშენებლო ინდუსტრიის და დამხმარე დარგების წვლილი დაბინძურების საერთო ბალანსში გაიზარდა, ხოლო წილობრივი მონაწილეობა შეიცვალა, მაგრამ არა დ/თ ქვეყნების სასარგებლოდ.

უკანასკნელ წლებში გამოვლინდა, რომ ბევრი სამშენებლო მასალა რადიოაქტიურობით ხასიათდება. მაგლითად 70-იან წლების ბოლოს შვედეთში და ფინეთში აღმოაჩინეს ნაგებობები, რომელშიც რადიოს კონცენტრაცია 5000-ჯერ აღემატებოდა შენობის გარეთ ჰაერში მის კონცენტრაციას. ნალოგიური შემთხვევები დაფიქსირდა 1982 წლისთვის დიდ ბრიტანელსა და აშშ-ში. ასევე შემთხვევები სულ უფრო გრძელდება.

დედამიწის დასხივების კოლექტიურ დოზაში ძირითადი წილი /60%-90%/ მაიონიზებელი გამოსხივების ბუნებრივ წყაროზე მოდის, ამასთან, წამყვანი ადგილი უკავია სათავსის რადიაციული ფონის

კომპონენტებს, რომელთა რაოდენობა დამოკიდებულია სამშენებლო მასალის სახეზე, შენობის კონსტრუქციაზე, სათავსის ვენტილაციაზე, მის განლაგებაზე და ა.შ.

რადიოაქტიურობა ახასიათებს ბევრ მთის ქანას, რომელთა რადიოაქტიური კომპონენტები დედამიწის ზედაპირის შემადგელობაში დედამიწის გაჩენის დღიდან შედის. მთის ქანებში ძირითადად გვხვდება შემდეგი რადიოაქტიური იზოტოპები: კალიუმი-90; რუბიდიუმი-87; ხანგრძლივსიცხლისუნარიანი იზოტოპების უნარი-268 და თორიუმი-232-ის დაშლის პროდუქტები.

სამშენებლო მასალების რადიოაქტიურობა დამოკიდებულია მთის ქანის მდებარეობაზე და განლაგების სიღრმეზე. არემოზე და ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედების შეფასებისას მნიშვნელოვანი არა მარტო ისეთი ფაქტორები, როგორცაა: მტვერი, ხმაური, ვიბრაცია, ლანდშაფტის და გაოლოგიური გარემოს ნიადაგის, ფლორის და ფაუნის დაზიანება, არამედ მთის ქანების და სამშენებლო მასალების ზემოქმედებაც, რამდენადაც მაიონებელი დასხივება ხდება ყველა ეტაპზე მასალის მოპოვებისას, გადამუშავებისას, ტრანსპორტირებისას, შენახვისას, აგრეთვე მასთან კონტაქტისას როგორც საწარმოო, ისე არასაწარმოო გარემოში.

### სამშენებლო მასალების რადიოაქტიურობა

ასალა	რადიოაქტიურობა ბკ/კგ	ქვეყანა
Xე	11	ფინეთი
ბუნებრივი თაბაშირი	29	დიდი ბრიტანეთი
ქვიშა და ხრეში	<34	გერმანია
პორტლანდცემენტი	<45	გერმანია
აგური	126	გერმანია
გრანიტი	170	დიდი ბრიტანეთი

გრანიტის მტვერი	341	გერმანია
თიხამიწა/1974-79წწ/	496	შვედეთი
ფოსფორთაბაშირი		გერმანია
კალიუმსილიკატური	<574	აშშ
წილა		
ურანის		
გამამდიდრებელი	4625	აშშ
ფაბრიკის		
ნარჩენები		

ვულკანური წამოშობის მთის ქანებისათვის /გრანიტი, პემზა, ტუფი/ რადიოაქტიურობა ძალიან მაღალია, ხოლო კარბონატული ქანისათვის /კირქვა, მარმარილო და სხვა/ შედარებით მცირეა ქვიშაში, ღორღში და სრეშში შემავალი ბუნებრივი რადიონუკლიდების ხვედრითი რადიოაქტიურობა, როგორც წესი, დედამიწის ქერქის ხვედრითი აქტიურობა რამდენჯერმე აღემატება სილიკატური აგურის ხვედრით აქტიურობას. ცემენტის ბეტონში ხვედრითი აქტიურობა დამოკიდებულია მასალებში იგი გაცილებით მაღალია, ვიდრე სხვა ქვეყნებში მოპოვებულ მასალებში. შვედეთში XX ს–ის 30–იან წლებში მშენებლობაში ფართოდ გამოიყენებოდა შაბის ფიქალები /ასეთ საცხოვრებელ სახლებში ცხოვრობს მოსახლეობის 10%/ გამოირკვა, რომ ასეთი ფიქალი მაღალი რადიოაქტიურობით ხასიათდება. ამასთან დაკავშირებით შეწყდა ფიქალის გამოყენება მშენებლობაში.

ბუნებრივი სამშენებლო მასალების  $\gamma$  – გამოსხივება ყოფილ სსრკ–ს რესპუბლიკაში შეადგენს 100 მკ.ზგ/წ დიდი ბრიტანეთში – 400 მკ.ზგ/წ,  $B$  – გამოსხივება კი შესაბამისად 350 და 800 მკ.ზგ/წ.

## 2.2.სამშენებლო მასალების ტექნოგენური რადიოაქტიურობა

ბუნებრივი ნედლეულის გადამუშავების ზოგიერთი ტექნოგენური რადიოაქტიობა ბოქსიტური შლამი, ფოსფორის მადნების გადამუშავების ნარჩენები, ფოსფორთაბაშირი, ბრძმედული წიდა და ქვანახშირის დაწვის შედეგად მიღებული ნაცარი – მაღალი რადიოაქტიურობით ხასიათდება. ზოგიერთი სახის ქვანახშირის 1 ტონა შეიცავს 1 კგ. ურანს, სხვა რადიონუკლიდები კი უფრო მცირეა. ქვანახშირი დაწვისას ხდება ამ რადიონუკლიდების კონცენტრირება წიდაში და ნაცარში, მათ შორის ნაცრის მტკერშიც ამ უკანასკნელს კი ზოგიერთ ქვეყანაში /მაგ: შვედეთში/ ცემენტის დანამატად იყენებდნენ: მაღალი რადიოაქტიურობა ახასიათებს თიხამიწას, რომელიც ასევე რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში გამოიყენებოდა შვედეთში. თიხამიწის გამოყენება მშენებლობაში ჯერ შეიზღუდა ხოლო შემდეგ სავსებით აიკრძალა.

მაღალი ურანის შემცველობაა ფოსფატურ საბადოებში. მაღალია ფოსფოროვანი მადნების გადამუშავების თანაური პროდუქტის – კალციუმ – სილიკატური წილის ხვედრითი რადიოაქტიურობა. ეს უკანასკნელი ბეტონის და სხვა სამშენებლო მასალების ერთ – ერთ კომპონენტად გამოიყენება ჩრდილოეთ ამერიკასა და კანადაში. ბუნებრივ თაბაშირთან შედარებით მაღალი რადიოაქტიურობით გამოირჩევა ფოსფორთაბაშირი ფოსფოროვანი მადნების გადამუშავების კიდევ ერთი თანაური პროდუქტი, რომელიც დღემდე გამოიყენება სამშენებლო ბლოკების, ტიხრის, მშრალი ბათქაშის და ცემენტის წარმოებაში, შემკვრელი ნარეგების მისაღებად, ასფალტობეტონში მინერალური ფხვნილის დანამატად. მოგვიანებით ცნობილი გახდა, რომ ფოსფორთაბაშირის შემცველი

მასალებით აშენებულ სახლებში 30%-ით იზრდება ადამიანების დასახლება.

გაეროს კომისიის მონაცემების მიხედვით 70 – იან წლების ბოლოსთვის ფოსფორთაბაშირით დასახლების დოზა დაახლოებით 300000 ად.ზვ-ს მიაღწია, ხოლო ქვანახშირზე მომუშავე ყველა ელექტროსადგურიდან დასახლების დოზა 2000 ად.ზვ – ს.

გამოკვლევითა შედეგად დადგინდა, რომ ძალიან მაღალი ხვედრითი აქტიურობა აქვს თიხას, წითელ აგურს, კერამზიტს, გრანტის ღორღს და წიდას. დაბალი ხვედრითი აქტიურობა ახასიათებს კირქვის ღორღს, კირს. ერმანელი მკვლევარები თვლიან, რომ მეტალურგიული წიდეები რადიოაქტიური თვალსაზრისით უსაფრთხოა გარემოსათვის. მშენებლობაში გამოყენებული მაღალი რადიოაქტიურობის მქონე სამრეწველო ნარჩენებიდან აღსანიშნავია წითელი თიხა – ალუმინის წამოების ნარჩენები, ბრძმედის წიდა – შავი მეტალურგია ნარჩენი, რომელიც წარმოიქმნება ნახშირის წვისას. ანადის ქალაქ პორტ – ჰოპში სამშენებლო მიზნებისათვის გამოიყენებოდა რადიუმის ამოწვილვის შემდეგ დარჩენილი მადანი. ამ შემთხვევაში მთავრობამ პასუხისმგებლობაში მისცეს დამნაშავე პირები, რომლებმაც დიდი ზიანი მიაყენეს ამ სახლებში მცხოვრებთ.

სამშენებლო მასალებისადმი წაყენებული მეთოდები: რადიოაქტიურობის გამო სამშენებლო მასალებისადმი წაყენებული მოთხოვნები განისაზღვრება მასალაში ბუნებრივი რადიონუკლიდების კონცენტრაციით.

### 2.3. სამშენებლო მასალების გამოყენების კრიტერიუმები

ლასი	ხვედრითი რადიოაქტიურობა ბაგ/კგ	გამოყენების მიზანი
------	--------------------------------	--------------------

1	370-ზე ნაკლები	მშენებარე საცოვრებელი და
2		საზოგადოებრივი შენობები
3	740-ზე ნაკლები	საგაზო მშენებლობა
	1350-ზე ნაკლები	საგაზო მშენებლობა /დასახელებული პუნქტის გარეთ/

სანიტარული ნორმების თანახმად სამშენებლო მასალებში ბუნებრივი რადიონუკლიდების ხვედრითი რადიოაქტიურობა არ უნდა აღემატებოდეს 1კი/კგ-ს.

რადიუმი -226- სათვის  $1 \cdot 10^{-8}$

თორიუმი -223- სათვის  $7 \cdot 10^{-3}$

კალიუმი – 40- სათვის  $1.3 \cdot 10^{-3}$

ბუნებრივი რადიონუკლიდების ხვედრითი აქტიურობა არ შეიძლება გახდეს შეზღუდვის მიზეზი სამშენებლო მასალის /მაგ: ცემენტის/ და ცალკეული სმშენებლო კონსტრუქციების დამზადებისას. კრიტერიუმები განისაზღვრება სამშენებლო მასალებში ხრეში, ღორღი, ქვიშა, ყორე, ქვა და დახერხილი ქვა, ცემენტის და კარიერის ნედლეულის, სამრეწველო წარმოების თანაურ პროდუქტებში და ნარჩენებში (ნაცარი, წიდა) ბუნებრივი რადიონუკლიდების მიხედვით.

## 2.4.სამშენებლო მასალების რადიონუკლიდების კონტროლის ორგანიზება

კონტროლი ორ ეტაპად ტარდება. პირველ ეტაპზე ხდება სამშენებლო მასალების მიღების წყაროების /კარიერი, ნაყარი/ და სხვადასხვა მასალის /ღორღი, ქვიშა, და სხვა/ გამოყენების წლიური მოცულობის ტ/წ განსაზღვრა მეორე ეტაპზე დგინდება მასალის გამოყენებული, გამოყენების მიზანი / საგზაო, სამრეწველო, სამოქალაქო მშენებლობა/ და მასალის გამოყენების მოცულობა. აღების მეთოდის მიხედვით სინჯი შეიძლება იყოს ზუსტი და სისტემური. / აიღება მასალის უწყვეტი ან ციკლური გადამუშავების სქემის მიხედვით/ უკანასკნელი მეთოდი რთულია, მისი გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ სტაციონალურ პირობებში, რამდენადაც ამ დროს ნავარაუდებია როგორც გამოსაკვლევი, ისე საკონტროლო ნიმუშის არსებობა რომელიც შეიცავს იზოტოპს ცნობილი კონცენტრაციით და არ შეიცავს სხვა ნივთიერებას.

## 2.5. რადიონუკლიდების კონცენტრაციის გაზომვა.

სამშენებლო მასალებში რადიონუკლიდების (რად-226, რადონ-222,) კონცენტრაცია იზომება ორი მეთოდით: (რადიოქიმიური ანალიზი) და აგამა-სპექტრომეტრომეტრული. ამ უკანასკნელისთვის აუცილებელია მაღალმგრძნობიარე აგამა-სპექტრი. იოდოვანი ნატრიუმისკრისტალბის /არა ნაკლებ 63X63მმ/ გამოყენებით. კრისტალს ათავსებენ კონტეინერში, რომელშიც მოთავსებულია 1-2ლ. მოცულობისმასალის სინჯი / განსაზღვრის სიზუსტე შეადგენს 10%, გაზომვის დრო-10 წთ /ამასთან შესაძლებელია რადიონუკლიდების როგორც ჯამური, ისე ცალკეული აქტიურობის განსაზღვრა. რადიონუკლიდების საშუალო კონცენტრაციის

შესაფასებლად იკვლევდნენ მასალებს; ყოველ 1/მლნ მცხოვრებზე აიღება 15-20 სინჯი. სამშენებლო მასალების რადიოაქტიურობის კონტროლი ხორციელდება და<sup>225</sup>-ის მიხედვით. ხოლო შენობაში და სათავსებში რადონის კონცენტრაცია / მოცულობითი აქტიურობა / ღნ<sup>222</sup> - ის აქტიურობის მიხედვით. ნებისმიერ სამშენებლო მასალაში ბუნებრივი რადიონუკლიდების და,<sup>226</sup> თჰ-228, -40 ჯამური ხვედრითი აქტიურობა არ უნდა აღემატებოდეს 370 ბკ/კგ. სანშენებლო მასალების კონტროლისას იზომება ხვედრითი აქტიურობის ქვედა დონე. გაზომვის სიზუსტის უზრუნველსაყოფად ხელსაწყოების დაგრაღუირებისას გამოიყენება ეტალონური ურან-თორიუმის მადნის კალიუმის ქლორიდის ნიმუშები.

სამშენებლო მასალებში ბუნებრივი რადიონუკლიდების ხვედრითი აქტიურობის განსაზღვრისათვის, გამოიყენება ყ-სპექტროსკოპული მეთოდი. ხელსაწყოებზე ჩვენების აღებისას უნდა გავითვალისწინოთ კოეფიციენტი. ინდივიდუალური დასხივების დოზის კონტროლი ხდება ჯიბის ფოტოფირიანი დოზიმეტრით. კონტროლის შედეგები ფორმდება აქტის სახით 2 ეგ ზემქლიარიდან, რომლისგან ერთი გადაეცემა ორგანიზაცია – მწარმოებელს /მომხმარებელი/ , ხოლო მეორე ინახება მაკონტროლებელ ორგანიზაციაში /გამოყენებული დოზიმეტრული ხელსაწყოს ტიპის მითითებით/. წელიწადში ერთხელ ხდება სამშენებლო მასალების რადიაციული ხარისხის კონტროლის შედეგების განზოგადება და ანალიზი. ანგარიში მიეწოდება ზემდგომ უწყებრივ ორგანიზაციას.

რადაციის გასაზომი ხელსაწყოები სამშენებლო მასალებში ბუნებრივი რადიონუკლიდების ხვედრითი აქტიურობის განსაზღვრის მეთოდები იყოფა რადიოქიმიურ, რადიომეტრულ და აგამა-სპექტრულ მეთოდებად. რადიოაქტიურობის გასაზომად გამოიყენება სხვადასხვა ხელსაწყოები რენდგენომეტრები, დოზიმეტრები რადიომეტრები. ანასხვავებენ სახელმწიფო, საუწყებო კონტროლს. სახელმწიფო კონტროლს ატარებენ სანიტარულ – ეპიდემიოლოგიური ზედამხედვე-

ლობის რადიოლოგიური განყოფილება. ამ დროს ხდება საერთო რადიაციული მდგომარეობის გამოკვლევა / კონტროლის პირველად ჩატარების შემთხვევაში / მოცემულ რეგიონში გამოყენებული ყველა სახის ნედლეულისა მასალის ანალიზის გზით.

საუწყებო კონტროლის დროს ხორციელება სისტემატური დაკვირვება რადიონუკლიდების შემცველობაზე საწყის მინერალურ ნედლეულში და სამშენებლო მასალებში, ნაკეთობაში და კონსტრუქციაში /საჭიროების შემთხვევაში ტარდება რადიონის და მისი დაშლის პროდუქტების ექსპოზიციური დოზის სიმძლავრის და მოცულობითი აქტიურობის კონტროლი. /განსაკუთრებული კონტროლის დროს საუწყებო ორგანიზაციები სანეპიდზედამხედველობის ტერიტორიული განყოფილების სპეციალისტთან სპეციალისტებთან ერთად ანხორციელებენ ერთჯერად შემოწმებას. ღია ცის ქვეშ გამოსხივების დოზის სიმძლავრის გაზომვას ატარებენ დედამიწის ზედაპირიდან 1მ სიმძლავრეზე.

ცოცხალი ორგანიზმების დასაცავად რადიაციული უსაფრთხოების ძირითადი პრინციპებია:

- დოზების დადგენილი ზღვების დაცვა
- ნებისმიერი დაუსაბუთებელი დასიხივების თავიდან აცილება
- გამოსხივების დოზის შემცირება შექლებისდაგვარად დაბალ დონემდე საცხოვრებელი სახლების მშენებლობაში დაბალი აქტიურობის მქონე მასალების გამოყენება ხელს შეუწყობს ადამიანების დასიხივების დოზის შემცირებას და ორგანიზაციული ღონისძიებების ეფექტურობის ამაღლებას ეკონომიკური დანახარჯების უმნიშვნელოდ გაზრდის პირობებში.

სამშენებლო მასალების რადიაციული უსაფრთხოების შესაფასებელი ფაქტორებიდა ყველაზე მნიშვნელოვანია მაიონებელი გამოსხივების სიდიდე, რომელიც განისაზღვრება

მასალაში რადიაქტიური ნივთიერებების კონცენტრაციით მათში ბუნებრივი რადიონუკლიდების რაოდენობა დამოკიდებულია მასალის ტიპზე განლაგების ადგილზე და სიღრმეზე. შერჩევითი გამიკვლევის საფუძველზე დადგენილია, რომ სამშენებლო მასალებში მათი საშუალო კონცენტრაცია უახლოვდება დედამიწის ქერქში აქტიური ნივთიერებების საშუალო კონცენტრაციას მასალების მხოლოდ 4% შეიცავს ბუნებრივ რადიონუკლიდებს ისეთი კონცენტრაციით, რომელიც აღემატება ზღვრულ დასაშვებ სიდიდეს. ვარაუდობენ, რომ ეს გადამეტება შესაძლებელია მთის ქანებისთვის, ასფალტობეტონისათვის, მთის ქანისგან დაზადებული ღორღისათვის, სამთამადნო, მეტალურგიული და ქიმიური მრეწველობის ნარჩენებისათვის. ისეთი სამშენებლო მასალები, როგორცაა კირქვა, ცემენტი და თაბაშირი. შეიცავს რადიონუკლიდებს საშუალოზე დაბალი კონცენტრაციით, ხოლო მათი გადაჭარბება ქვიშაში და თიხაში ნაკლებად სავარაუდოა. სამშენებლო მასალებიდან შესწავლილია აზბესტ-ქრიზოლიტი, რომელიც წარმოადგენს მაგნიუმის წყლიან სილიკატს. ბუნებაში აზბესტი გვხვდება აზბესტის ბიჭკოს სახით. აზბესტი მოიპოვება რუსეთში, კანადაში. აზბესტისგან ამზადებენ: შიფერს, კედლის პანელებს საცხოვრებელი და საწამოლო შენობების. სავენტრაციო მილებს. თბოსაიზოლაციო მოსაპირკეთებელ ხსნარებს, ცეცხლმედეგ საღებავებს. იყენებენ ასფალტობეტონში. აზბესტზე დამზადებული მასალები ხასიათდება მაღალი მექანიკური სიმტკიცით, წყალგამძლეობით, აზბესტის ტექნოლოგიური დამუშავებისას ხდება გარემოს დაბინძურება. აღმოჩნდა რომ აზბესტი კანცეროგენული ნივთიერებაა იწვევს ფილტვების, ზედა სასუნთქი გზების კუჭნაწლავის ტრაქტის კიბოს. ბოლო წლებში შემცირდა

აზბესტის მაგვარი მინერალების მოპოვება და გამოყენება.

## 2.6 ხელოვნური სამშენებლო მასალების ტოქსიკურობა

რუსეთში აგურის წარმოებაში იყენებდნენ თიხის მაგვარ წილებს: არგილიტი, დისპერსიული ქვანახშირი. შემდეგ აღმოჩნდა, რომ ნარევი შეიცავდა ბორის ფთორიდს, რომელიც ჰიდროლიზის შედეგად გარდაიქმნებოდა ფთორწყალბადად, რომელიც იწვევდა თმების ცვენას ზედა სასუნთქი გზების და ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებას.

## 2.7. კოსმიური გამოსხივება

კოსმიური სხივები ჩვენამდე აღწევს სამყაროს სიღრმიდან მაგრამ მისი გარკვეული ნაწილი ჩნდება მზეზე მზიური აფეთქების დროს კოსმოსურ სხივებს შეუძლიათ დედამიწის ზედაპირამდე და გამოიწვიონ მეორადი გამოსხივება და წარმოქმნან სხვადასხვა რადიონუკლიდი. დედამიწის ზოგიერთი უბანი კოსმოსური სხივების შედარებით ძლიერი ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება. კოსმოსური დასხივების დონე იზრდება სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ვინაიდან ამ დროს მცირდება ჰაერის ფენის სისქე, რომელიც დამცველი ეკრანის როლს ასრულებს.

## 2.8. რადონი

რადონზე და მის დაშლის პროდუქტებზე მოდის დასხივების წლიური ინდივიდუალური ეფექტური ექვივალენტური დოზის  $3/4$ . ამ დოზის დიდ ნაწილს ადამიანი ღებულობს რადიონუკლიდებიდან, რომლებშიც ორგანიზმში გვხვდება ჩასუნთქულ ჰაერთან ერთად. ბუნებაში რადონი გვხვდება ძირითადად ორი რადიოაქტიური იზოტოპის 222/V-238-ის დაშლის პროდუქტი/ და რადონ-222 თორიუმ-232 რადიოაქტიური რიგის წევრის სახით.

რადონ-22 იზოტოპის აქტიურობა 20-ჯერ აღემატება რადონ-220 იზოტოპს რადიოაქტიურობას. საერთო დასხივების დიდი ნაწილი მოდის რადონის დაშლის პროდუქტებზე და არა თვით რადონზე. ატმოსფეროში რადონი დედამიწის ქერქის დიფუზიური პროცესების შედეგად გვხვდება. ედამიწის ქერქიდან რადონის გამონთავისუფლება ყველგან ხდება, მაგრამ ჰაერში მისი კონცენტრაცია დედამიწის სფეროს სხვადასხვა წერტილში განსხვავებულია და მერყეობს  $9,6/0,02$  ბაკ/მ<sup>2</sup> ფარგლებში. შეაღწევს რა რადონი სათავსში /გუნტიდან ფუნდამენტის ან იატაკის გავლით, ან სახლის კონსტრუქციებში გამოყენებული მასალებიდან გამონთავისუფლებისას/, გროვდება იქ, რის შედეგადაც სათავსში შეიძლება გაჩნდეს რადიაციის საკმაოდ მაღალი დონე, განსაკუთრებით კი ისეთ სახლში, რომელიც დგას რადიონუკლიდების შედარებით მაღალი შემცველობის მქონე გრუნტზე ან თუ მის ასაშენებლად გამოყენებული იყო რადიოაქტიური ნუკლიდების მაღალი შემცველობის მქონე მასალები. დათბობის მიზნით სათავსისი ჰერმეტიზება კიდევ უფრო ამძიმებს მდგომარეობას. ბოლო წლებში სულ უფრო ხშირად არეგისტრირებენ საცხოვრებელ სახლებში რადონის მაღალ კონცენტრაციას. ჰელსინკში რადონის მაქსიმალური კონცენტრაცია (ატმოსფერულ ჰაერში მის საშუალო კონცენტრაცია 5000-ჯერ მაღალი) აღმოჩნდა ისეთ სახლებში, სადაც დასხივების

წყარო შეიძლება იყოს მხოლოდ გრუნტი. 1982 წელს დიდ ბრიტანეთში საცხოვრებელი სახლების სათავსებში რადონის კონცენტრაცია, როგორც წესი, უფრო დაბალია, ვიდრე პირველ სართულზე. ნორვეგიაში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ხის სახლებში რადონის კონცენტრაცია კიდევ უფრო მაღალია, ვიდრე აგურის სახლებში, თუმცა ხე ძალიან უმნიშვნელო რაოდენობის რადონს გამოყოფს სხვა მასალებთან შედარებით. ამ შემთხვევაში რადონის მაღალი კონცენტრაცია აიხსნებ იმით, რომ ხის სახლები მცირე სართულიანია და ოთახები მიწასთან ახლოს არის. საცხოვრებელ სათავსში რადონის შედწევის წყაროა აგრეთვე, ბუნებრივი აირი და წყალი. ზოგიერთი წყაროს წყალი, განსაკუთრებით ღრმა ჭის ან არტეზიული ჭაბურღილის წყალი, შეიცავს რადონს. მაგალითად დიდი რაოდენობით აღმოჩნდა ფინეთში და აშშ-ში რადონი არტეზიული ჭის წყალში. რადონი მიწის ქვეშ ბუნებრივი აირის შემადგენლობაშიც აღწევს. მნიშვნელოვნად იზრდება რადონის კონცენტრაცია ისეთი სათავსის ჰაერში, რომელიც ენერჯის ეკონომიის მიზნით არ ნიავედება. ეს მოვლენა განსაკუთრებით შეიმჩნევა შევდეთში, სადაც განსაკუთრებით ჰერმეტიზირდება სახლები. სხვადასვა ქვეყანაში ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგინდა რომ რადიაციის ყველა ბუნებრივი წყაროდან მიღებული წლიური დოზის დაახლოებით ნახევარს ადამიანი რადონით დასხივების შედეგად იღებს. ბუნებრივ წყაროებში რადონი განაწილებულია შემდეგნაირად, ბკ/დღე-ღამეში იღებს.

ბუნებრივი აირი -----	3
წყალი-----	4
ჰაერი/გარეთ/-----	10
სამშენებლო მასალები და გრუნტი (შენობის ქვეშ)-----	60

## 2.9. რადიაციის წყაროები

გეოთერმალური წყლები გამოიყენება, როგორც საქართველოში ასევე მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში. გეოთერმალური წყლები გამოიყენება სასათბურე მეურნეობაში, უნდა აღინიშნოს რომ თერმალური წყლები შეიცავენ ელემენტ ღნ<sup>222</sup>-ს. რომელიც ზრდის მოსახლეობის კერძოდ კი მომსახურე პერსონალი დასხივებას. ზოგიერთ ქვეყანაში ენერგეტიკული კრიზისის გადასაწყვეტად იყენებენ გეოთერმალურ წლებს. მაგ: იტალიაში XX საუკუნის დასაწყისიდან ელექტროსადგურებში ტურბინების ასამუშავებლად იყენებენ გეოთერმალურ წლებს. ასათი ელექტრო სადგურების გამოკვლევის შედეგად დადგინდა, რომ მომსახურე პერსონალი იღებს დასხივებას, სამჯერ უფრო მეტს. ვიდრე ქვანახშირზე მომუშავე ანალოგიური ელექტროსადგურის პერსონალი.

უკანასკნელი 70 წლის განმავლობაში ადამიანებმა შექმნეს ხელოვნური რადიონუკლიდიდი, დაიწყო ატომური ენერჯის ხალხის სამსახურში ჩაყენება. გამოიყენეს მედიცინაში, ატომური იარაღის შესაქმნელად, ელექტროენერჯის მისაღებად, ხანძრის კერების აღმოსაჩენად, სასარგებლო წიაღისეულის აღმოსაჩენად, მიწებში დაზიანებული მონაკვეთის აღმოსაჩენად და სხვა. ოველივე ეს კი იწვევს როგორც ცალკეული ადამიანების, ისე მთელი კაცობრიობის დასხივების დოზის გაზრდას. რადიაცია მედიცინაში გამოიყენება როგორც დიაგნოსტიკის, ისე მკურნალობის მიზნით. ყველაზე გავრცელებულია რენტგენის აპარატი, ბოლო წლებში შეიქმნა სრულყოფილი აპარატურა, რომელიც რენტგენის სხივებით დასხივების დოზის შემცირების საშუალებას იძლევა. მოსახლეობის დასხივების წყაროებია ბირთვული აფეთქებები, ატომური ელექტროსადგურების ავარია, ატომური იარაღის გამოცდა.

ბირთვული აფეთქებების შედეგად საშუაშროებას ქმნის ოთხი რადიოაქტიური ელემენტი.

ნახშირბადი, ცეზიუმი, ცირკონიუმი და სტირონიუმი. ბირთვული აფეთქებების შედეგად რადიოაქტიური მასალის ნაწილი გამოილეკება გამოცდის ადგილის სიახლივეს, გარკვეული ნაწილი აიტყორცნება ატმოსფეროში და გადაადგილდება დიდ მანძილზე. ლადიაქტიური ნივთიერებები ჰაერში იმყოფება საშუალოდ ერთი თვის განმავლობაში, შემდეგ კი ილეკება დედამიწაზე. რადიოაქტიური ნივთიერებების დიდი ნაწილი კი გაიფრქვევა სტრატოსფეროში, სადაც ის რჩება მრავალი თვის განმავლობაში, შემდეგ კი ნელ-ნელა ეშვება და გაიფანტება დედამიწის მთელ ზედაპირზე.

## 2.10 რადონის დასხივების შედეგები

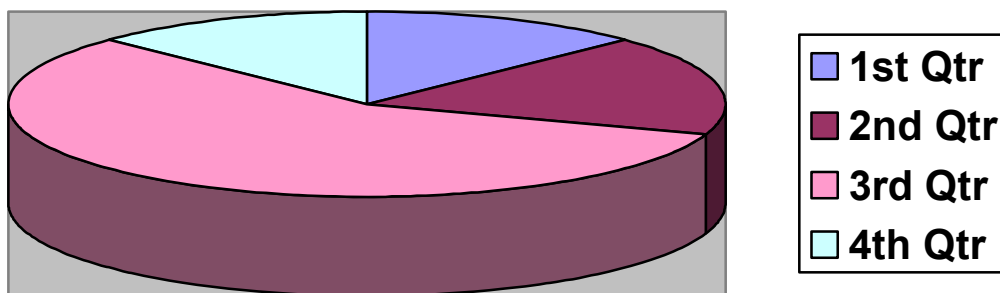
აღნიშნული ინერტული გაზის ძირითად წყაროს წარმოადგენს დედამიწის ქერქი. შენობებში რადონის მოხვედრის და დაგროვების ერთ-ერთი მიზეზია: საძირკვლის ბზარები და სახსრები, მეორეთვითონ საშენი მასალები, რომლებიც შეიცავენ ბუნებრივ რადიონუკლიდებს. რადონი შეიძლება მოხვდეს სახლებში წყლიდან ან ბუნებრივი აირის წვისას.

რადონი 7.5-ჯერ მძიმეა ჰაერზე. მიტომ მისი კონცენტრაცია მრავალსართულიან შენობებში ზედა სართულზე უფრო დაბალია, ვიდრე პირველ სართულზე.

რადონისგან მიღებული დასხივების ძირითადი დოზის ნაწილს ადამიანი ღებულობს დახურულ, გაუნიავებელ შენობებში. აერის რეგულარულად გაწმენდას შეუძლია რამოდენიმეჯერ შეამციროს რადონის კონცენტრაცია.

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში რადონის მოხვედრისას ორგანიზმში, იზრდება ფილტვების კიბოთი დაავადების რისკი.

რადონის სხვადასხვა წყაროების მიერ გამოსხივების სიმძლავრე ნახვენებია შემდეგ დიაგრამაზე:



1. ბუნებრივი აირი 4%; 2. ჭყალი 5%; 3. ჰაერი; 4. კედლებისთვის გამოყენებული მასალა და საძირკველის გრუნტი 78%;

### 2.11 ტექნოგენური რადიოაქტივობა

ტექნოგენური რადიოაქტივობა წარმოიშვა ადამიანის მოღვაწეობის შედეგად. სამეურნეო საქმიანობას, რომლის პროცესშიც მიმდინარეობს რადიონუკლიდების გადანაწილება და კონცენტრირება, მივყავართ ბუნებრივი რადიაციული ფონის

შესამჩნევ ცვლილებასთან. ამას განეკუთვნება ქვანახშირის, ნავთობის, გაზის და სხვა წიაღისეული საწვავის მოპოვება და წვა, ფოსფატების სასუქებად გამოყენება, მადნეულის მოპოვება და გადამამუშავება.

ტრანსპორტის ისეთი სახეობა, როგორცაა სამოქალაქო ავიაცია, თავის მგზავრებს კოსმოსური გამოსხივების ამადლებული ზემოქმედების საფრთხეს უქმნის, საფრთხეს ქმნიან ასევე ის ობიექტები, რომლებიც ცდიან ბირთვულ იარაღს.

შესაძლებელია მოხდეს რადიოაქტიური წყაროების შემთხვევითი გავრცელებაც, გამოწვეული ავარიებით, დანაკარგებით, გამტვერვით და ა.შ

## 2.12. ბუნებრივი რადიაციული ფონი

რადიოაქტიური გამოსხივება წარმოადგენს ბუნებაში არსებულ მატერიალურ ფაქტორს, რომელიც ზემოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმზე, როგორც გარემოს რომელიმე სხვა ფაქტორტი. ნდა აღინიშნოს, რომ რადიოაქტიური გამოსხივება, როგორც გარემოს ფაქტორი, ხასიათდება პრინციპული თავისებურებებით, რაც განპირობებულია მისი ფიზიკური ბუნებით.

ბუნებრივი რადიოაქტივობა განპირობებულია ლითოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროს და ბიოსფეროში რადიონუკლიდების შემცველობით.

ბუნებრივი რადიაციული ფონის ფორმირებაში ძირითადად მონაწილეობენ კოსმოსური ატმოსფეროსა და დედამიწის გამოსხივება.

კოსმოსური სხივები სამყაროს სივრციდან დედამიწის ზედაპირზე მოხვედრილი ბირთვული ნაწილაკების ნაკადს წარმოადგენს და პირველად კოსმოსურ გამოსხივებას უწოდებენ.

ატმოსფეროს რადიოაქტივობას ძირითადად განაპირობებს დედამიწის ქერქის ზედა ფენებიდან გამოყოფილი რადიოაქტიური აირები და მათი შვილეული პროდუქტები.

რადიოაქტიური აირების ემანაციის სიჩქარეს განაპირობებენ შემდეგი მიზეზები: ნიადაგის აირების ატმოსფეროში დიფუზია, მზის რადიაციის ხარჯზე დედამიწის გათბობის შედეგად ჰაერის ნაკადის კონვექცია, ბარომეტრული წნევის ცვლილება, თოვლის საფარის სისქე და სხვა.

ნიადაგის რადიოაქტივობა განისაზღვრება მასში რადიოიზოტოპების შემცველობით. ნიადაგის შემადგენლობაში ძირითადად გვხვდება კალიუმის, თორიუმის, ურანის, რუბიდიუმის, რადიოიზოტოპები და მათი დაშლის შედეგად წარმოქმნილი შვილეული რადიონუკლიდები, რომელთაგანაც აღსანიშნავია რადიუმ და რადონი.

ნიადაგში რადიოაქტიური ელემენტების კონცენტრაცია დამოკიდებულია ქანის წარმომავლობაზე.

### 3. თავი

#### 3.1. რადიოაქტიური გამოსხივების საერთობოლოგიური ეფექტი

ცოცხალი ბუნება წარმოდგენილია მეტად ნაირგვარი ორგანიზმებით. ისინი ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან რადიომგრძობელობის მიხედვით.

ბუნებაში არსებობს ე.წ რადიოაქტიური ფონი, რომელსაც ქმნიან ქიმიური ელემენტების რადიოაქტიური იზოტოპები, მათი გამოსხივება (რომელიც არსებობს ყველგან – ნიადაგში, მთის ქანებში, წყალსატევებში, ზღვაში, ჰაერში) და კოსმოსური გამოსხივება.

მოელი ცოცხალი ბუნება, მათ შორის ადამიანიც, მუდამ ექვემდებარება რადიოაქტიური გამოსხივების სხვადასხვა დოზების ზემოქმედებას. გარკვეული ზომით, რადიაცია, როგორც ჩანს, აუცილებელია ორგანიზმის სიცოცხლისა და განვითარების პროცესებისათვის.

ორგანიზმში რადიოაქტიური ელემენტების მცირე ოდენობის საჭიროებას მოწმობს ის ფაქტიც, რომ რადიოაქტიური ელემენტები დადებითად მოქმედებს მცენარის ზრდა-განვითარებაზე, ხელს უწყობს აყვავილებას და მომწიფების ვადების დაჩქარებას.

უნდა აღინიშნოს, რომ ყოველ ცოცხალ არსებას რადიოაქტიური გამოსხივების ბუნებრივი ფონისადმი ახასიათებს შეგუება, რომელიც გამომუშავდა მისი ევოლუციის პროცესში. ირკვევა, რომ ადამიანი წლის მანძილზე ექვემდებარება რადიოაქტიური გამოსხივების ზემოქმედებას, რომლის საერთო რაოდენობა შეადგენს 0,2 რენტგენს. მასში შედის გარეგანი ბუნებრივი გამოსხივება (0,1-0,15) და ორგანიზმში არსებული ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტების გამოსხივება.

ორგანიზმში რადიოაქტიური გამოსხივების ენერჯიის შეჭრა დიდ ზეგავლენას ახდენს ნივთიერებათა ცვლაზე, ფერმენტულ სისტემაზე, ჰორმონებზე, ცილებსა ნუკლეინის მჟავათა სინთეზზე, უჯრედის სტრუქტურასა და ფუნქციაზე. ამის გამო იცვლება ზრდა-განვითარების გამრავლება და განვითარება, მემკვიდრეობა. დოზის მიხედვით, შეიძლება ორგანიზმი დაიღუპოს, გაუჩნდეს სხივური დაავადება, ქსოვილებმა დაკარგოს თვითგანახლების უნარე, დაქვეითდეს სიცოცხლის პროცესები.

რადიოაქტიური გამოსხივების საერთო ბიოლოგიური ეფექტის საკითხთან დაკავშირებით უნდა აღინიშნოს მისი ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო მოქმედება ავთვისებიანი სიმსივნის – კიბოს უჯრედის მიმართ. რიგი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ რადიოაქტიური გამოსხივების დიდი ენერჯია ხასიათდება

კონცეროგენული მოქმედებით, ე.ი იწვევს კიბოს; ამასთან, მოზარდი უფრო დიდ მიდრეკილებას იჩენს რადიაციული კიბოსადმი, ვიდრე ზრდასრული ორგანიზმი; ამიტომ რაც შეიძლება უნდა ავარიდოთ გამოსხივების ზემოქმედებას ორსული ქალები და ბავშვები, ხოლო იგივე დიდი ენერჯის მოქმედება კიბოს ქსოვილზე აფერხებს მის ზრდას, შლის და ზოგიერთ შემთხვევაში სრულიად სპობს მას. შწორედ ამიტომ რენტგენისა და რადიუმის სხივებით სიმსივნეთა მკურნალობა ფართოდაა დანერგილი მედიცინის პრაქტიკაში. ამიტომ რადიაციული კიბოს პრობლემა, ისე როგორც საერთო კიბოს პრობლემა, უცდის თავის საბოლოო გადაწყვეტილებას. ამ თვალსაზრისით რადიობიოლოგიურ გამოკვლევებს ძლიერ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

### 3.2 რადიოაქტიური გამოსხივების გავლენა მემკვიდრეობაზე

რადიოაქტიური გამოსხივება დიდ გავლენას ახდენს ცოცხალი ორგანიზმის მემკვიდრეობაზე. ის ცვლის მას და იწვევს ნაირგვარ მემკვიდრულ ცვლილებებს (მუტაციებს). მუტაციები, რომლებიც უჯრედის მოლეკულურ დონეზე წარმოქმნილ ცვლილებას წარმოადგენს, ცვლის, არღვევს ორგანიზმს, როგორც ერთიანი სისტემის, ჩამოყალიბებულ შეგუებას გარემო პირობებისადმი. ამიტომ ისინი უმრავლეს შემთხვევაში უარყოფით სისტემას ატარებენ. მრავალი მუტაცია სპობს ჩანასახს წარმოქმნისთანავე ან მისი განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე, იწვევს ცხოველმყოფელობის უნაყოფობას და სხვადასხვა სახის ანომალიებს.

ადამიანში პრაქტიკულად ყველა მუტაცია მავნეა, მაგრამ როგორცთანამედროვე გამოკვლევები გვიჩვენებს, რადიაცია მემკვიდრეობაზე მარტო დამრღვევ ზეგავლენას როდი ახდენს, ის ადიდებს რა მემკვიდრული ცვლილებების უმრავლესობასთან ერთად.

ამჟამად რადიოაქტიური გამოსხივების ზეგავლენითი მემკვიდრული ცვალებადობის გაძლიერება დიდ ინტერესს იწვევს როგორც თეორიულ, ისე განსაკუთრებით პრაქტიკული თვალსაზრისით.

მედიცინაში ცნობილია, რომ სხვადასხვა სიმსივნეზე და მათ შორის კიბოზე რადიოაქტიური გამოსხივება დადებითად მოქმედებს.

ხელოვნური რადიოაქტიურობის აღმოჩენამდე რადიოაქტიური სხივებით მკურნალობა დიდი მასშტაბით არ წარმოებდა.

ფართო გამოყენება აქვს რადიოაქტიურ ფოსფორსაც კანის სხვადასხვა დაავადებების მკურნალობაში.

რადიოაქტიური იზოტოპებით შესაძლებელია ავადმყოფობის გამოვლენა – დიაგნოსტიკა.

რადიოაქტიური იზოტოპები უდიდეს დახმარებას უწევენ მეცნიერებას კვლევით მუშაობაში, ბიოლოგიაში, ზოოლოგიაში, ბოტანიკაში მომუშავეებს.

მედიცინაში ცნობილია, რომ სხვადასხვა სიმსივნეზე და მათ შორის კიბოზე რადიოაქტიური გამოსხივება დადებითად მოქმედებს.

ხელოვნური რადიოაქტიურობის აღმოჩენამდე რადიოაქტიური სხივებით მკურნალობა დიდი მასშტაბით არ წარმოებდა.

ფართო გამოყენება აქვს რადიოაქტიურ ფოსფორსაც პოლიციტიმოსა და კანის სხვადასხვა დაავადებების მკურნალობაში.

რადიოაქტიური იზოტოპებით შესაძლებელია ავადმყოფობის გამოვლენა – დიაგნოსტიკა.

რადიოაქტიური იზოტოპები უდიდეს დახმარებას უწევენ მეცნიერებას კვლევით მუშაობაში, ბიოლოგიაში, ბოტანიკაში მომუშავეებს.

დიდ გამოყენებას პოულობს რადიოაქტიური ელემენტები სოფლის მეურნეობაშიც. რადიოაქტიური კობალტით გასხივება

იხმარება პროდუქტების (კარტოფილის, ხახვის, სტაფილოს) დიდი ხნით შესანახად, კონსერვების სტერილიზაციისათვის და სხვა.

შესანიშნავი შედეგები და დიდი პერსპექტივები აქვს რადიოაქტიური ელემენტების გამოყენებას მეტალურგიაში.

დეფექტოსკოპიაში რადიოაქტიური კობალტის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა ლითონის ნაკეთობათა 300მლ—მდე გაშუქება.

რადიოაქტიური იზოტოპები გამოიყენება ლითონმცოდნეობაში ლითონებსა და შენადნობებში მიმდინარე პროცესების გამოსაკვლევად.

რადიოაქტიურმა იზოტოპებმა საშუალება მისცა გეოლოგებს, გაეგოთ თუ რამდენი წლისაა დედამიწა.

რადიოაქტიური ნახშირბადი გამოიყენებას პოელობს პალეობოტანიკაში, ზოოლოგიაში, პალეონტოლოგიაში. მისი საშუალებით შეგვიძლია დავადგინოთ სხვადასხვა სახის მცენარეებისა და ცხოველების წარმოშობისა და გვრცელების დრო.

მეტროლოგიურ გამოკვლევებებში ხელოვნური რადიოაქტიური ნახშირ-ბადის საშუალებით დებულობენ საინტერესო ცნობებს ჰაერის დინების, სიჩქარისა და მიმართულებების შესახებ. ოკეანეში არსებული რადიოაქტიური ნახშირბადის შესწავლა საშუალებას გვაძლევს, შევისწავლოთ მასში მიმდინარე პროცესები, კერძოდ წყლის მასების ცირკულაცია, ნალექების სედომენტაცია და სხვა.

რადიოაქტიური ელემენტების გამოყენებას შესანიშნავი მომავალი აქვს. ამ დიადი შემოქმედი ძალით შეიარაღებული ადამიანის წინაშე ახალი შესანიშნავი პერსპექტივები აიხსნება.

გენეტიკასა და სელექციის წიაღში შეიქმნა მისი ახალი განშტოებანი – რადიაციული გენეტიკა და რადიაციული სელექცია, რომლებიც მიზნად ისახავენ რადიაციის საშუალებით მემკვიდრული ცვლილებების გამოწვევას და შემდგომში შერჩევისა და ჰიბრიდიზაციის საშუალებით მცენარეთა, ცხოველთა და

მიკროორგანიზმთა ახალი ძვირფასი ჯიშებისა და ფორმირების გამოყენებას.

მცირე დოზებით ქრონიკული დასხივებისას ცოცხალ ორგანიზმში, განსაკუთრებით კი ადამიანში, რომელიც შედარებით ხანგრძლივად ცოცხლობს, შეიძლება დაგროვდეს მავნე მუტაციები და ამან კი საბოლოო ჯამში დიდი ზიანი მიაყენოს კაცობრიობის მომავალ თაობას.

ეს გარემოება მიუთითებს იმაზე, რომ საჭიროა, შემუშავებული იქნას რადიოაქტიური გამოსხივების სულ მცირე დოზების ზემოქმედებებისგანაც ადამიანის დაცვის ეფექტური და საიმედო სისტემა.

### 3.3 ბუნებრივი და ხელოვნური რადიოაქტიურობა

XIX ს–ის მიწურულს გერმანელმა მეცნიერმა რენტგენმა აღმოაჩინა ამჟამად ყველასთვის ცნობილი სხივები, რომლებიც მის სახელს ატარებენ. ამ სხივებს განსაკუთრებული განვლადობის უნარი აქვთ. ისინი თავისუფლად გადადიან ქაღალდში, ხეში, ადამიანის ორგანიზმში.

ბუნებაში რადიოაქტიური ელემენტებით მდიდარი საბადოები იშვიათია. ეს ელემენტები მცირე რაოდენობით გვხვდება მთის ქანებში, ოკეანესა და მდინარეების წყლებში, ჰაერში. საერთოდ მთის ქანის თითოეული ტონა შეიცავს 0,006 გ ურანს, 0,015 გ თორიუმს და გრამის მემილიარდედ ნაწილ რადიუმს. რადიუმის მცირე რაოდენობა გვხვდება სხვადასხვა მცენარეებში და ადამიანის ორგანიზმშიც კი, უმთავრესად ჩონჩხში. მცენარეებიდან რადიოაქტიური შემადგენლობით ყველაზე მდიდარია ყურძენი, ფორთოხალი და ბოსტნეული.

დედამიწის ქერქში არსებული რადიუმის საერთო წონა 100 მილიონ ტონას აღემატება.

ხელოვნური რადიოაქტიური ელემენტების საერთო რაოდენობის მინიმალურად შექმნილია სპეციალური აპარატები, რომელთა საშუალებედ შესაძლებელია დიდი ინტენსივობისა და ენერჯის ნაწილაკები, კერძოდ ნაწილაკების, ამიოპებისა და მიღება.

რადიოაქტიური იზოტოპები გამოიყენება მეცნიერებასა და ტექნიკაში.

### 3.4. რა არის ჩვენს გარშემო რადიოაქტიური

ადამიანზე ამა თუ იმ რადიაციული წყაროს ზემოქმედების შეფასებაში დაგვეხმარება ზელენკოვის მონაცემები:

- ავტოტრანსპორტით სარგებლობისას – 0,1%;
- რადიოლუმინესცენციური ნივთიერებების გამოყენებისას – 0,1%;
- ატომური ენერჯეტიკა – 0,3%;
- გლობალური პროდუქტების გამოყოფა ბირთვული ცდებისას – 1%;
- ბუნებრივი ფონი – 23%;
- მედიცინაში იონიზებული სხივების გამოყენებისას 34%;
- რადონისა და ტორონის დაშლის პროდუქტებით მოსახლეობის დასხივება – 12%.

ბუნებრივი რადიოაქტიურობა არსებობს მილიარდობით წლებია. ის გავრცელებულია აბსოლუტურად ყველგან. დედამიწაზე იონიზებული გამოსხივებები არსებობენ დიდი ხნით ადრე სიცოცხლის წარმოშობამდე, ხოლო კოსმოსში – დედამიწის წარმოშობამდე.

რადიოაქტიური ნივთიერებები შევიდნენ დედამიწის შემადგენლობაში მისი წარმოქმნის დროიდან. ნებისმიერი ადამიანი მცირედ რადიოაქტიურია.

გავითვალისწინოთ, რომ თანამედროვე ადამიანი დროის 80%-მდე ატარებს შენობებში – სახლში ან სამსახურში, სადაც ის ღებულობს რადიაციის ძირითად დოზას.

### 3.5 რადიაციის ზემოქმედება ადამიანზე

რადიაციის ზემოქმედებას ადამიანზე უწოდებენ დასხივებას. მის საფუძველს შეადგენს რადიაციის ენერჯის გადაცემა ორგანიზმის უჯრედებზე. დასხივებამ შეიძლება გამოიწვიოს ნივთიერებათა ცვლის დარღვევა, ინფექციური გართულებები. ინფექციური ლეიკოზი და ავთვისებიანი სიმსივნეები, სხივური უნაყოფობა, სხივური კატარაქტა, სხივური დამწვრობა, სხივური დაავადებები.

დასხივების შედეგი უფრო მეტად აისახება დანაყოფ უჯრედებზე და ამიტომ დასხივება უფრო სახიფათოა ბავშვებისათვის, ვიდრე მოზრდილთათვის.

სასურველია გვახსოვდეს, რომ უფრო მეტი რეალური ზიანის მომტანია ადამიანის ჯანმრთელობისთვის ქიმიური და ფოლადგადამამუშავებელი მრეწველობის ნარჩენები.

### 3.6. რას ნიშნავს ნახევარდაშლის პერიოდი

ერთი ტიპის რადიოაქტიური ბირთვების რიცხვი მუდმივად კლებულობს დროსი მათი დაშლის გამო.

დაშლის სიჩქარე მიღებულია, დავახასიათოთ ნახევარ დაშლის პერიოდით: ეს არის დრო, რომლის განმავლობაშიც ერთი ტიპის რადიოაქტიური ბირთვების რაოდენობა მცირდება 2-ჯერ.

ბსოლუტურად მცდარია “ნახევარდაშლის პერიოდის” შესახებ შემდეგი სახის მსჯელობა: თუ რადიოაქტიური ნივთიერების დაშლის პერიოდია 1 საათი. ეს ნიშნავს, რომ ერთი საათის შემდეგ დაიშლება

მისი პირველი ნაწილი და კიდევ ერთი საათის შემდეგ – II ნაწილი და ეს ნივთიერება მთლიანად გაქრება.

რადიონუკლიდისათვის ეს საათიანი დაშლის პერიოდი ნიშნავს, რომ 1 სთ-ის შემდეგ, მისი რაოდენობა გახდება პირვანდელზე 2-ჯერ ნაკლები, 2 საათის შემდეგ – 4-ჯერ, 3 საათის შემდეგ – 8-ჯერ და ა.შ. მაგრამ მთლიანად არ გაქრება არასდროს. ასეთივე პროპორციით შესრულდება ამ ნივთიერების მიერ გამოსხივებული რადიაციის დაშლაც. ეს საშუალებას გვაძლევს, პროგნოზირება გავუკეთოთ, თუ როგორი ვითარება იქნება მომავალში რადიაციის მხრივ, თუ გვეცოდინება როგორი და რა რაოდენობით რადიაციული ნივთიერებები ქმნიან რადიაციას მოცემულ ადგილას, მოცემულ დროს.

ცალკეულ რადიონუკლიდს გააჩნია ნახევარდაშლის საკუთარი პერიოდი. ის შეიძლება შეადგენდეს როგორც წამის ნაწილს, ასევე მილიარდ წელს. მნიშვნელოვანია ის, რომ რადიონუკლიდის დაშლის პერიოდი მუდმივია და მისი შეცვლა შეუძლებელია.

რადიოაქტიური დაშლის დროს წარმოქმნილი ბირთვები, თავის მხრივ, ასევე შეიძლება იყოს რადიოაქტიური. ასე მაგალითად, რადიოაქტიური რადონი – 222, რომელიც ურან – 238 დაშლის შედეგია.

ხანდახან გვხვდება მოსაზრებები, რომ რადიოაქტიური ნარჩენები საცავეებში მთლიანად იშლება 300 წლის განმავლობაში. ეს ასე არ არის. დაახლოებით, ეს დრო შეადგენს ცეზიუმ 137 ნახევარდაშლის 10 პერიოდს და 300 წელიწადში მისი ნარჩენების რადიოაქტიულობა მცირდება თითქმის 1000-ჯერ, მაგრამ სამწუხაროდ არ ქრება.

### 3.7. როგორ დავიცვათ თავი რადიაციისაგან

რადიაციისაგან თავდაცვის საშუალებაა: დრო, მანძილი, ნივთიერება.

*დროით* – რაც უფრო ნაკლებ დროს ატარებ გამოსხივების წყაროსთან ახლოს, მით ნაკლებად დებულობ გამოსხივებას.

*მანძილით* – გამოსხივების წყაროსთან დაშორების მანძილის ზრდა იწვევს დასხივების შემცირებას (დასხივების შემცირება დასორების კვადრატის პროპორციულია). თუ რადიაციის წყაროსთან 1 მეტრის დაშორებით დოზიმეტრი აფიქსირებს 1000 მკრ/სთ, უკვე 5 მეტრით დაშორებისას, მაჩვენებელი მცირდება 40მკრ/სთ.

*ნივთიერებით* – აუცილებელია, ვეცადოთ, რომ რადიაციის წყაროსა და ჩვენს შორის იყოს რაც შეიძლება მეტი ნივთიერება. რაც უფრო ბევრი და მტკიცე იქნება ეს ნივთიერებები, რადიაციის მით უფრო მეტ ნაწილს შთანთქავს.

რაც შეეხება დასხივების მთავარ წყაროს შენობებში – რადონსა და მისი დაშლის პროდუქტებს, რეგულარული განიავება იძლევა საშუალებას, მნიშვნელოვნად შევამციროთ მათი წილი საერთო დატვირთვაში.

### 3.8. რადონური წყლები

მინერალური წყლების ასეთი სახით დაჯგუფება, რა თქმა უნდა სრულყოფილი არ არის, მაგრამ გარკვეულ დახმარებას გაუწევს ყველას, ვისაც საქმე აქვს მინერალურ წყლებთან.

წყალსატევების სისუფთავის ხარისხი დიდად არ არის დამოკიდებული მასში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობაზე. როგორც ვიცით რაც მეტია ჟანგბადის შემცველობა წყალში, მით უფრო სუფთაა.

როგორც ვიცით, წყალსატევებში გახსნილი ჟანგბადით შევსების ძირითად წყაროს ჰაერი წარმოადგენს. ყოველივე ეს ვრცელდება ყველა ტიპის წყალზე.

#### *პრაქტიკული სამუშაო №1*

**სამუშაოს მიზანი:** რადიაქტიული გამოსხივების შესწავლა წყლებში, ქანებში, საშენ მასალებში და საკვებ პროდუქტებში.

### 3.9. ზოგადი ცნობები

ყველა იმ ქიმიურ ელემენტს, რომლებიც გამოსხივების უნარს ირჩენენ რადიაქტიული ელემენტები ეწოდება, ხოლო თვით ამ მოვლენას რადიაქტივობა.

რადიაქტიულ ნივთიერებებს იყენებენ სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში. ნაწიბურების შედუღების, დეტალთა ცვეთის, მეტალთა სტრუქტურის განსაზღვრისას. საკონტროლო და საზომ ხელსაწყოებში, სისქის მზომები, სიმკვრივისა და ღონის მზომები, ტექნოლოგიური პროცესების კონტრო-ლისათვის, ჰაერში აირისა და მტვრის ნაწილაკების განსაზღვრისას. წარმოებებში სადაც გამოიყენება რადიაქტიული ნივთიერებები, მომუშავეები იმყოფებიან იონიზებული გამოსხივების ზემოქმედების ქვეშ, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ორგანიზმის დაავადება ზოგ შემთხვევაში კი სამუდამო ინვალიდობა ან სიკვდილი.

შრომის სწორი ორგანიზაციისა და დაცვის ღონისძიებათა ზუსტად შესრულებისას, მაიონიზებელი, რადიაქტიური გამოსხივების გამოყენება უსაფრთხოა.

რადიაქტიური ელემენტები ასხივებენ  $\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  სხივებს. ისინი უფრო ხშირად გამოიყენება ძლიერ მცირე რაოდენობით. გრამის მემილიონედი ან მეათასედი ნაწილით, რომელთა აწონვაც რთულია, მეორე მხრივ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს არარადიაქტიური ნივთიერების წონით რაოდენობას, არამედ გამოსხივებული ნაწილაკების რაოდენობას, ე.ი. დროის ერთეულში დაშლილ ატომებულთა რიხვს. რადიაქტიური ნივთიერებების რაოდენობრივი დახასიათებისათვის შემოტანილია ფიზიკური სიდიდე “აქტიურობა”,

რომელიც განისაზღვრება დროის ერთეულში დაშლილ ატომთა რიცხვით.

ში – სისტემაში აქტიურობის განზომილების ერთეულს წარმოადგენს წამში ერთი ბირთვული დაშლა (დაშლა/წამი); ამ ერთეულს ეწოდება ბეკერული (ბკ). ქტიურობის სისტემგარეშე ერთეულია კიური (კი), ესაა პრეპარატის აქტიურობა, რომელშიც ყოველ წამში ხდება  $4,5 \cdot 10^{10}$  დაშლა.

$$1 \text{ კი} = 4,5 \cdot 10^{10}$$

შთანთქმული დოზის განსაზღვრის შემდეგ

ში – სისტემაში შთანთქმული დოზის ერთეულია ლჯოული ლკილოგრამზე, რომელსაც ეწოდება გრეი.

$$1 \text{ გრეი} = 1 \text{ ჯოული} / \text{კგ} = 100 \text{ რადი}$$

რადი შთანთქმული დოზის სპეციალური ერთეულია.

იონიზაციის ეფექტის დასახასიათებლად რენტგენისა და გამა გამოსხივებისათვის გამოიყენება ექსპოზიციური დოზა.

$$\text{ექსპ} = \text{დ} / \text{დმ}$$

ში – სისტემაში ექსპოზიციური დოზის ერთეულია კულონი/კგ – ზე, ხოლო სპეციალური ერთეული რენტგენი

$$1 \text{ რენტგენი} = 0,258 \cdot 10^{-4} \text{ კულონი} / \text{კგ}$$

იმასთან დაკავშირებით, რომ თანაბარი დოზის შთანთქმული სხვადასხვა სახის გამოსხივება ბიოლოგიურ ქსოვილში სხვადასხვა ბიოლოგიურ ზემოქმედებას იწვევს, შემოტანილია ექვივალენტური დოზის ცნება.

მაიონიზებული გამოსხივების ექვივალენტური დოზა არის სიდიდე, რომელიც შემორებულია ქრონიკული დასხივების რადიაციული საშიშროების შესაფასებლად. ექვივალენტური დოზის ერთეულია “ზივეტი”.

ზივეტი არის ნებისმიერი სახის გამოსხივების ექვივალენტური დოზა, რომელიც იწვევს ისეთივე ბიოლოგიურ ეფექტს, როგორსაც

ერთი გრეი დოზით შთანთქმული სანიმუშო რენტგენი ან გამოსხივება.

ექვივალენტური დოზის სისტემგარეშე ერთეულია “ბერი”.

ბერი არის ნებისმიერი სახის გამოსხივების ექვივალენტური დოზა, რომელიც ისეთივე ბიოლოგიურ ეფექტს იწვევს ქსოვილში, როგორსაც ერთი რენტგენი დოზა.

$$1\text{ზივეტი}=100\text{ბერი}$$

### 3.10 დოზიმეტრული კონტროლის მეთოდები და ხელსაწყოები

იონიზებული გამოსხივება შეიძლება აღოჩენილ და გაზომილ იქნას შემდეგი მეთოდებით: იონიზაციის ფოტოგრაფიული სცინტილაციური, ნაცხის და ქიმიური მეთოდებით.

დანიშნულების მიხედვით დოზიმეტრული ხელსაწყოები იყოფა ორ ჯგუფად: საზომი და ინდიკატორული.

საზომი ხელსაწყოები – დოზიმეტრები, რენტგრონომეტრები, რადიომეტრები გამოიყენება დოზის რაოდენობის, დოზის სიმძლავრის, გაჭუჭყიანებული ზედაპირების და ჰაერის სისუფთავის გასაზომად, ხოლო ინდიკატორული ხელსაწყოები – დეზაქტივიზაციის გასასინჯად და დასაცავად.

აღფა და ბეტა აქტივობის დონის გასაზომად გამოიყენება უნივერსალური A რადიომეტრი.

დოზიმეტრული ხელსაწყოების ძირითადი მაჩვენებელია ათვლის სიჩქარე, სიზუსტე და გაზომვის ზღვარი. იმისათვის, რომ ხელსაწყოს ჩვენება იყოს სწორი და ზუსტი, საჭიროა მისი დაგრაღუირება ხმარების წინ. ამისათვის საჭიროა მისი შედარება აპარატ ეტალონთა ან ისეთ რადიაქტიურ ნივთიერებასთან, რომლებიც ეტალონს შეიცავს.

### სამუშაოს ჩატარების თანმიმდევრობა

საზომი ხელსაწყო დ რადიომეტრი.

წინასწარ გაწარმოებთ რადიაქტიური ხელსაწყოს ეტალონირებას, შემდეგ ვიღებთ სინჯს, ვღებთ ხელსაწყოში, ვიღებთ ანათვალს, შემდგომ ფორმულით ვსაზრვრავთ თუ რა გამოსხივება აქვს ამა თუ იმ სინჯს. (იგულისხმება ქანი, ქვალი, საკვები პროდუქტები).

**გამოთვლა:**

– სინჯის რაოდენობა,  $n$  – ანათვალი ხელსაწყოზე იმპულსების რიცხვი,

$t$  – დაშლის პერიოდი.

**ლაბორატორიული სამუშაოს შესრულების თანმიმდევრობა**

გამოსაკვლევ ნიმუშში (ჩვენს შემთხვევაში წყალში)  $R_a^{226}$  - ის დაყვანა ნორმის ფარგლებში.

*ცხრილი №1:*

№	ნიმუში	$R_a^{226}$ კ/ლ
1	ტალონი	$35 \cdot 10^{-9}$
2	წყალი გაწმენდამდე	$10^{-10}$
3	წყალი გაწმენდის შემდეგ	$10^{-10}$

*ცხრილი №2:*

$\lambda R_n^*$ -რადონის დაშლა	$t$ – დრო	რადონის დარგ. ბარბატორში
$4.5 \cdot 10^{-11}$	$4.5 \cdot 10^{-11}$	$10^{-9}$

ვიღებთ ეტალონს რომლის წარწერაა: კ/ლ კვეტავთ ბარბატორს (ჩაკვეტამდე ამოვტუმბავთ ჰაერს  $R_n^{222}$ -ის დაგროვების მიზნით ერთი თვის ფარგლებში დღით).

შემდეგ ვხსნით დღეების მიხედვით, შესწორებას შევიტანთ, გახსნისთანავე გადაგვაქვს  $R_n^{222}$  კამერაში და ვზომავთ ხელსაწყოზე. მონაცემები შეგვაქვს ფორმულაში.

შემდეგ იგივე მეთოდით ვსაზღვრავთ გამოსაკვლევ ნიმუშში  $R_a^{226}$ -ის შემცველობას. ვთქვათ იგი არის  $18.5 \cdot 10^{-10}$  კ/ლ.

ამ  $R_a^{226}$  -ით დაბინძურებულ 1ლიტრ წყალს ვუმატებთ 5მლ 10% ამონიუმის ფოსფატს. რის შედეგადაც ხდება  $R_a^{226}$  -ის გამოლექვა, ხოლო გასუფთავებულ წყალში დარჩენილ  $R_a^{226}$ -ს ვსაზღვრავთ შემდეგნაირად; ვიღებთ 1 ლიტრიდან გარკვეულ რაოდენობას, დაგვაქვს ბარბატორში, ამოვტუმბავთ ჰაერს ბარბატორიდან და ჩაკვეტავთ 1 თვის ფარგლებში. რამდენი დღეც გვინდა იმდენ დღეს. შემდეგ ვხსნით და ვზომავთ ხელსაწყო რადიომეტრზე. მიღებული შედეგი შეგვაქვს ცხრილ1-ში, მივიღებთ, რომ ნორმის ფარგლებშია; კერძოდ დავუშვათ, რომ  $R_a^{226}$  კ/ლ. მიღებული მონაცემი შეგვაქვს ცხრილ1-ში.

ასეთივე მეთოდით ვსაზღვრავთ ქანებში (საშენ მასალებში) რადიაქტივობას.

**დასკვნა:** ჩვენს მიერ განსაზღვრულ ნიმუშში რადიაქტივობა რეაგენტის გამოყენების შემდეგ დავიდა ნორმის ფარგლებში.

#### ძირითადი მეთოდი

*ქანში (საშენ მასალებში) რადიაქტივობის განსაზღვრა.*

სამუშაოს ჩატარების თანმიმდევრობა:

ვირებთ გამოსაკვლევ ნიმუშს (ქვისას, ცემენტს, ცარცს და სხვა) ვწონით, ვრთავთ ხელაწყოს, ვახდენთ ხელსაწყოს ეტალონირებას, შემდეგ კი ვათავსებთ ნიმუშს ხელსაწყოზე, ვზომავთ წამზომის დახმარებით, ანათვლებს ვიწერთ, შემდეგ კი ფორმულის საშუალებით ვითვლით.

$$I_6 = I_6 / n \text{ კ/გ}$$

–ხელსაწყოს ჩვენება

$I_6$  –ხელსაწყოს მგრძნობელობა ჩვენს შემთხვევაში კ/წთ

$n$ –ნიმუშის წონა გრ.

მიღებული შედეგი შეგვაქვს ცხრილში №3:

*ცხრილი №3:*

		ნიმუში	$R_a$ კ/გ
	№1	ეტალონი	$1.5 \cdot 10^{-9}$
	№2	ანი	$50 \cdot 10^{-15}$
ნ ო რ მ ა:			
$4.5 \cdot 10^{-11}$ კ/გ			

**დასკვნა:** ჩვენს მიერ შესწავლილ ნიმუშში რადიაქტივობა ნორმის ფარგლებშია.

### 3.11 კომპიუტერთან მუშაობისას უსაფრთხოების წესების დაცვა

მეცნიერულ-ტექნიკურ პროგრესს მოჰყვა სამუშაო პროცესის დადებითთან ერთად უარყოფითი თვისებების აღმოჩენა, როგორცაა სოციალური შედეგები თანამედროვე საწარმოებში, რომლებიც ფართოდ შეიცავენ რთულ ტექნიკურ სისტემებს, ადამიანის წინაშე გვხვდება მრავალი ისეთი მოთხოვნა, რომელიც აიძულებს მას იმუშაოს მთელი ფსიქოფიზიოლოგიური ძალებით; ძალზე რთულ სამუშაო პირობებში, ტექნიკურმა პროგრესმა დააყენა პრობლემა” ადამიანი მანქანა”. ტექნიკის განვითარებასთან ერთად წარმოიშვა ამოცანა მანქანის კონსტრუქციების და მისი ფუნქციონირების ადამიანთან შეგუება. მანქანა ყოველმხრივ უნდა იყოს ხელსაყრელი მოსამსახურე პერსონალისათვის. ზემოთ ჩამოთვლილ საკითხებზე კომპლექსურმა სისტემურმა მიდგომამ განაპირობა ახალი მეცნიერების, ეკონომიკის წარმოშობა. მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის პირობებში ეკონომიკა და შრომის დაცვა იძენენ კიდევ უფრო მეტ შინაარსს, უზრუნველყოფს ადამიანის ყოველმხრივ განვითარებას.

ოპერატორის დანიშნულება, რომელიც მუშაობს ეგმ-თან, მდგომარეობს შემდეგში: მან უნდა ჩართოს კომპიუტერი, ჩატვირთოს მანქანა, შეიტანოს გარკვეული სახის ინფორმაცია და დაამუშაოს იგი.

ჩვენ სამაგისტრო სამუშაოს ვატარებთ ეგმ-ზე, რომელიც, მუშაობს მოქნილ მაგნიტურ დისკზე. მუშაობას ვაწარმოებთ ოთახში, სადაც მოქმედებს კონდუქციონერი. თავად მანქანას გააჩნია ვენტილაცია, რომელიც აგვაცილებს გადახურებას და მანქანის მწყობრიდან გამოსვლას. ოპერატორი მუშაობს დამჯდარი; მისგან მარჯვნივ დგას მოწყობილობა, რომელშიც იტვირთება პროგრამული დისკები, პირდაპირ კი დისპლეია თავისი კვალიფიციურით, რომლის საშუალებითაც ხდება პროგრამის გამოძახება, გამართვა, ინფორმაციის შეტანა და საერთოდ პროგრამის მართვა მუშაობის პროცესში.

ვინაიდან პროგრამისტი მუშაობს დამჯდარ მდგომარეობაში, დასაჯდომად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სავარძლები, სკამები და ა.შ. მათი შერჩევა ხდება სამუშაოს ხანგრძლივობის მიხედვით, სკამს,

რომელზედაც ადამიანს უხდება ხანგრძლივი ჯდომა არ უნდა იწვევდეს კუნთების მოღლას.

მუშა ზედაპირის სიმაღლეს არ აქვს პირდაპირი დამოკიდებულება ადამიანის სიმაღლესთან, მაგრამ იგი დაკავშირებულია სკამის სიმაღლესთან. გარდა ამისა, მუშა ზედაპირსა და სკამს შორის მანძილი უნდა იყოს 280–300 მმ. წინააღმდეგ შემთხვევაში თავი არ შეიძლება მხოლოდ ერთ მხარეს გვექონდეს გადახრილი.

საბეჭდ მოწყობილობას გააჩნია კლავიშები ინდიკაციის ნათურებით, რომლებიც მიგვითითებენ საბეჭდი მოწყობილობის მდგომარეობაზე.

ეგმ-ზე ხანგრძლივი მუშაობის დროს ქვეითდება მხედველობა, ეკრანიდან სხვა საგანზე გადატანისას საგანი გაორებულიად ეჩვენება, უჩნდება ქავილის გრძნობა. უწითლდება ქუთუთოები, ზოგიერთ შემთხვევაში თვალის მოძრაობის დროს ტკივილსაც განიცდის ადამიანი. ხანგრძლივი მუშაობის დროს შეიძლება გამოიწვიოს თითების კუნთების დაზიანება, საჭიროა ხშირი შესვენება.

ელ. მაგნიტური ველებით მიღებული სიმძიმე დამოკიდებულია ველების ინტენსივობაზე, სიხშირეზე და ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე. ველების მავნე ზემოქმედების თავიდან აცილების მიზნით დადგენილია ველის დაძაბულობის ელექტრო და მაგნიტური მდგენელების და ენერჯის ნაკადის ზღვრული დასაშვები მნიშვნელობები.

ელ. მაგნიტური ველების ინტენსივობის კონტროლს ვახორციელებთ წელიწადში ერთხელ. გამოსხივების წყაროს მაქსიმალური სიმძლავრით მუშაობის დროს, წელიწადში სამჯერ.

რადიაქტიული გამოსხივება, ადამიანის ორგანიზმში იწვევს ატომების არაორგანიზებულ მოძრაობას, გარდა ამისა ქსოვილებში წარმოიქმნება წყალბადისა და ჟანგბადის მაღალი აქტივობის მქონე ნაერთები, რომლებიც იწვევენ ბიოქიმიურ პროცესებსა და შესაბამისად ნივთიერებათა ცვლის დარღვევას; ამ გამოსხივების ზემოქმედების თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ მას ახასიათებს ზემოქმედების ფარული პერიოდი, რის გამოც დაშვებული მკურნალობა ხშირად დაგვიანებულია. საჭიროა პროფილაქტიკური ღონისძიებების გატარება.

- სამუშაო ადგილის დაცვა დასხივებისაგან;
- გამოსხივების წყაროდან სამუშაო ადგილის დაშორება უსაფრთხო მანძილზე;
- დაცვის ინდივიდუალური საშუალებების გამოყენება;
- შრომისა და დასვენების რეჟიმის შემუშავება;
- ყოველი მუშაობის შემდეგ 10 წუთი დასვენება;
- სამკურნალო ფისკულტურის ჩატარება ( პროფილაქტიკური და სარეაბილიტაციო ვარჯიშების ჩატარება) .

კომპიუტერთან მუშაობის დროს საჭიროა ხმაურის შემცირება.

ხმაური არის სხვადასხვა ძალისა და სიხშირის მქონე ბგერების არაკანონზომიერი ერთობლიობა. ხმაური გარშემო ვრცელდება ბგერითი ტალღების საშუალებით და მისი სიჩქარე დამოკიდებულია ნივთიერების დრეკადობაზე. ბგერითი ტალღები ხასიათდებიან როგორც რხევითი პროცესები.

დახურულ სათავსოებში ხმაურის შემცირების ღონისძიებებს მიეკუთვნება ხმაურის იზოლაცია და ხმაურის შთანთქმა, ამის გამო ხმაურის წყაროებს ათავსებენ გარსაცმში, ან თუ ამის შესაძლებლობა არ არის, გამოყოფენ დანარჩენი სათავსოებისაგან.

გარსაცმიც და ტიხარიც წარმოადგენენ ზღუდეს, რომელიც ამცირებს ხმაურის დონეს. მისი ბგერითი იზოლაცია დამოკიდებულია ამ ზღუდის კონსტრუქციაზე და არ არის დამოკიდებული მასალაზე. ელექტრო მაგნიტური ველების გამოსხივების წყაროს წარმოადგენენ ინდუქციის კოჭები, მაღალი სიმძლავრის კონდესატორები და სხვა, რომლებთანაც ხშირად გვაქვს საქმე. ამ დანადგარების მუშაობის პროცესში მათ ირგვლივ იქმნება ელ.მაგნიტური ველი, რომელიც უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე. ელ. მაგნიტური ენერგია ადამიანის ქსოვილებში გარდაიქმნება თბურ ენერგიად თუ სხეულის თერმორეგულაციის მექანიზმს უნარი არ შესწევს გაფანტოს ზედმეტი სითბო. მოხდება სხეულის გადახურება, რაც დაუშვებელია.

**ეგმ-ზე მუშაობისას აუცილებელია კარგი განათება.**

კარგი განათება აუცილებელია იმ ამოცანების გადასაწყვეტად, რომელიც ოპერატორის წინაშე დგას. იმისათვის, რომ სწორედ დავეგემოთ სისტემის განათება, აუცილებელია გავითვალისწინოთ სინათლის წყარო განათების სიმძლავრე, მისი განლაგება დაწესებულებაში, განათების სიმკვეთრე.

ეგმ-ს ვიყენებთ დაწესებულებებში, სადაც აუცილებელია გავითვალისწინოთ ხელოვნური განათების სისტემა, რომელიც წარმოადგენს ლუმენესცენციური დღის ნათურას. არსებობს პირდაპირი, არეკლილი და დიფუზიური ხელოვნური განათების სისტემები. პირდაპირი განათების დროს, სინათლე ეცემა ობიექტს უშუალოდ განათების წყაროდან. არეკლად განათების დროს სინათლის 90-100 % მიემართება ჭერისა და კედლის ზედა ნაწილისაკენ. რის შედეგადაც ხდება დაწესებულების მეტნაკლები განათება. დიფუზიური განათება უზრუნველყოფს გაფანტულ სინათლეს თანაბრად განაწილებულს ყველა მიმართულებით. განათების ოპტიმალური პირობები, შეიძლება მიღწეულ იქნეს ჭერის გამოყენებით, როდესაც სინათლის წყარო დაფარულია ნახევრად გამჭვირვალე ზედაპირით. ასეთი ჭერიდან წამოსული რბილი სინათლე თითქმის არ ქმნის ჩრდილებსა და სიპრიალეს. პირდაპირ დაცემას ოპერატორზე, სინათლის მცირე რაოდენობაც კი მიმართული დამკვირვებლის თვალისაკენ სპობს განათებული ობიექტის დანახვის შესაძლებლობას.

განათებასთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული ჭერის, იატაკისა, კედლების და აგრეთვე მასში განლაგებული მოწყობილობების ფერების ოპტიმალური შეხამება, რომელიც დაფუძნებული უნდა იყოს ფიზიკურ და ფსიქოლოგიურ ფაქტორებზე. ეგმ-ს დეკორაციული დაფარვისათვის, ფერთა კომბინაციური შერჩევას ძირითადს წარმოადგენს თეთრი-ცისფერი, თეთრი-წითელი, თეთრი-ნაცრისფერი, შეხამება ამასთან ერთად უპირატესობა ენიჭება თეთრისა და ცისფერის შეხამებას.

გარემო პირობების ტემპერატურა არსებითად მოქმედებს ადამიანის შრომის უნარიანობაზე. განსაკუთრებით მის გონებრივ მუშაობაზე დადგენილია, რომ 50 ს-ზე, (რომელიც ბევრად აღემატება დასაშვებ ნორმას) ადამიანს შეუძლია გაძლოს ერთი საათის განმავლობაში. 30 –ზე ადამიანის გონებრივი მუშაობა დაქვეითებულია, შენელებულია მისი რეაქცია, რაც იწვევს შეცდომების დაშვებას.

ზაფხულის პერიოდში მეტნაკლებად სასურველი ტემპერატურაა 18 /24 -ს, ზამთრის პერიოდში კი ტემპერატურისა და ტენიანობის სხვადასხვა შეხამება ცვლის დასაშვები ტემპერატურის დიაპაზონს,

სამუშაო ადგილას ვენტილაციის გამოყენება ამაღლებს ადამიანის შრომის უნარიანობას, რეკომენდირებულია, რომ ვენტილაციის ინტენსივობა დადგენილია ეგმ-სათვის ყოველ ერთ მეტრ იატაკზე.

ელ. უსაფრთხოება არის ორგანოზაციულ ღონისძიებათა და ტექნიკურ საშუალებათა სისტემა, რომლის ერთ-ერთი მიზანია ადამიანზე ელ. დენის მავნე ზემოქმედების თავიდან აცილება.

ელ. დანადგარების ექსპლუატაციის პირობებში უსაფრთხოების ტექნიკური თვალსაზრისით მკვეთრად განსხვავდებიან სხვა დანადგარების ექსპლუატაციის პირობებისაგან, რადგან ამ დროს შეუძლებელია ძაბვის არსებობის განსაზღვრა დისტანციურად, სპეც, ხელსაწყოების გამოყენების გარეშე. სწორედ ამიტომ უსაფრთხოების წესების შესრულებას დანადგარების ექსპლოატაციის დროს უაღრესდ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

ელ. დენის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე ვლინდება ელ. ტრამვებისა და ელ. დარტყმის სახით.

ელ. ტრამვა არის ადამიანის სხეულის ქსოვილების მთლიანობის დარღვევა, მასში ელ. დენის გავლის შემდეგ.

სიდამწვრე შეიძლება იყოს ორი სახის: კონტაქტური და რადიკალური. კონტაქტურ სიდამწვრეს ძირითადად ვხვდებით 100 ვ-ზე ძაბვის ქსელში და იგი შეიძლება წარმოიქმნეს ადამიანის სხეულში მნიშვნელოვანი დენების გავლის დროს, როდესაც ადამიანი კონტაქტში იმყოფება ძაბვის ქვეშ მყოფ სადენთან.

ქსოვილში დენის გავლის დროს ადგილი აქვს სითბოს გამოყოფას და თუ ეს სითბო გაახურებს სხეულს 60-დან 70-მდე, მოხდება ცილების შედედება და წარმოიქმნება სიდამწვრე.

კონტაქტური სიდამწვრე პირველი ან მეორე ხარისხისაა. რკალური შეიძლება წარმოიქმნას 1000 ვ-ზე მეტი ძაბვის ელ. დანადგარებში, დენგამტარ სადენთან უშუალო კონტაქტის გარეშე, მათთან დაუშვებელ მანძილზე მიახლოებისას. თუ ეს მანძილი ხდება ნაპერწკალური განმუხტვა, რომელიც გადადის რკალში.

ელ. დარტყმის დროს ადამიანის სხეულს უხდება კუნთების ძალაუნებური შეკუმშვა და თუ სხეულში გადის 100 ა-ზე მეტი სიდიდის დენი, ადამიანი შეიძლება ვერ განთავისუფლდეს ძაბვის ქვეშ არსებული სადენისაგან, და თუ ეს მდგომარეობა გაგრძელდა გარკვეული დროის განმავლობაში ადამიანი შეიძლება დაიღუპოს.

ამგვარად კომპიუტერთან მუშაობისას აუცილებლად უნდა დაიცვათ უსაფრთხოების წესები.

1. მანძილი კომპიუტერს შორის უნდა იყოს არა ნაკლებ 2მ-ის.
2. ფეხმძიმე დედეები არ დაიშვებიან კომპიუტერთან.
3. სწორედ მოაწყოს სამუშაო ადგილი.
4. დაიცვი ტემპერატურა, სინესტე, განათება შენობაში სადაც მუშაობთ კომპიუტერთან.
5. გამათბობლებიდან მოშორებით მოთავსდეს კომპიუტერი.
6. კომპიუტერთან მუშაობის დროს პერიოდულად ივარჯიშეთ.
7. თვალების ვარჯიში შეგინარჩუნებთ მხედველობას.
8. დაიცავით კომპიუტერი სითხის და მექანიკური დაზიანებისაგან.

### პრაქტიკული სამუშაო №2

3.11 ასკან თიხის გააქტიურების მეთოდი რადიუმის და რადონის ჩამოცილების მიზნით. რაგააქტიურებული ასკანის თიხის გამოყენება კარგ ეფექტს არ იძლევა, ამიტომ მიზნად დავისახეთ შერბილების ხარისხის გაზრდა პროცესის გამარტივებასა და დაჩქარებასთან ერთად.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0,000	0,165	0,303	0,418	0,514	0,591	0,661	0,717	0,763	0,802	0,835	0,862	0,885	0,904
1	0,007	0,171	0,308	0,422	0,517	0,597	0,663	0,719	0,765	0,801	0,836	0,863	0,886	0,905
2	0,015	0,177	0,313	0,426	0,521	0,600	0,665	0,721	0,767	0,805	0,838	0,864	0,887	0,905
3	0,022	0,183	0,318	0,431	0,525	0,603	0,668	0,723	0,769	0,807	0,839	0,865	0,888	0,906
4	0,030	0,190	0,323	0,435	0,528	0,606	0,671	0,725	0,770	0,808	0,840	0,866	0,888	0,907
5	0,037	0,196	0,328	0,439	0,532	0,609	0,673	0,727	0,772	0,810	0,841	0,867	0,889	0,907
6	0,044	0,202	0,333	0,443	0,535	0,612	0,676	0,729	0,774	0,811	0,812	0,868	0,890	0,908
7	0,051	0,208	0,338	0,447	0,539	0,615	0,978	0,731	0,776	0,813	0,814	0,869	0,891	0,909
8	0,058	0,214	0,343	0,452	0,512	0,618	0,681	0,733	0,777	0,814	0,845	0,870	0,892	0,910
9	0,055	0,219	0,348	0,456	0,515	0,620	0,683	0,735	0,779	0,815	0,846	0,871	0,892	0,910
10	0,072	0,225	0,353	0,460	0,519	0,623	0,685	0,737	0,781	0,817	0,847	0,872	0,893	0,911
11	0,079	0,231	0,358	0,464	0,552	0,626	0,626	0,739	0,782	0,818	0,848	0,873	0,894	0,912
12	0,086	0,237	0,363	0,468	0,556	0,629	0,629	0,741	0,784	0,819	0,849	0,874	0,895	0,912
13	0,093	0,243	0,367	0,472	0,559	0,632	0,632	0,743	0,785	0,821	0,850	0,875	0,896	0,913
14	0,100	0,248	0,372	0,476	0,562	0,634	0,634	0,745	0,787	0,822	0,852	0,876	0,896	0,914
15	0,106	0,254	0,377	0,480	0,565	0,637	0,637	0,747	0,789	0,824	0,853	0,877	0,897	0,914
16	0,113	0,259	0,382	0,484	0,569	0,640	0,640	0,749	0,790	0,825	0,854	0,878	0,898	0,915
17	0,120	0,265	0,386	0,487	0,572	0,613	0,613	0,751	0,792	0,826	0,855	0,879	0,899	0,915
18	0,126	0,270	0,391	0,491	0,575	0,615	0,615	0,753	0,793	0,827	0,856	0,880	0,899	0,916
19	0,133	0,276	0,395	0,495	0,578	0,648	0,648	0,754	0,795	0,829	0,857	0,881	0,900	0,917
20	0,139	0,281	0,400	0,499	0,582	0,651	0,651	0,756	0,796	0,830	0,858	0,881	0,901	0,917
21	0,146	0,287	0,401	0,503	0,585	0,653	0,653	0,758	0,798	0,831	0,859	0,881	0,902	0,918
22	0,152	0,292	0,409	0,506	0,588	0,656	0,656	0,760	0,799	0,833	0,860	0,883	0,902	0,919
23	0,159	0,297	0,413	0,510	0,591	0,658	0,658	0,762	0,801	0,834	0,861	0,884	0,903	0,919

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	0,933	0,911	0,953	0,961	0,967	0,973	0,977	0,981	0,984	0,987	0,989	0,991	0,991	0,994	0,994
1	0,933	0,941	0,954	0,961	0,968	0,973	0,977	0,989	0,981	0,987	0,989	0,91	0,992	0,994	0,994
2	0,934	0,945	0,954	0,962	0,968	0,973	0,978	0,981	0,984	0,987	0,989	0,991	0,992	0,994	0,994
3	0,934	0,945	0,954	0,962	0,968	0,973	0,978	0,981	0,984	0,987	0,989	0,991	0,992	0,994	0,994
4	0,935	0,946	0,955	0,962	0,969	0,974	0,978	0,982	0,985	0,987	0,989	0,991	0,992	0,994	0,994
5	0,935	0,946	0,955	0,962	0,969	0,974	0,978	0,982	0,985	0,987	0,989	0,991	0,993	0,994	0,994
6	0,936	0,946	0,955	0,963	0,969	0,974	0,978	0,982	0,985	0,987	0,989	0,991	0,993	0,994	0,994
7	0,936	0,947	0,956	0,963	0,969	0,974	0,978	0,982	0,985	0,987	0,989	0,991	0,993	0,994	0,994
8	0,937	0,947	0,956	0,963	0,969	0,974	0,979	0,982	0,985	0,988	0,990	0,991	0,993	0,994	0,994
9	0,937	0,948	0,956	0,964	0,970	0,975	0,979	0,982	0,985	0,988	0,990	0,991	0,993	0,994	0,994
10	0,938	0,948	0,957	0,964	0,970	0,975	0,979	0,982	0,985	0,988	0,990	0,991	0,993	0,994	0,994
11	0,938	0,948	0,957	0,964	0,970	0,975	0,979	0,982	0,985	0,988	0,990	0,991	0,993	0,994	0,994
12	0,939	0,949	0,957	0,964	0,970	0,975	0,979	0,983	0,985	0,988	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
13	0,939	0,949	0,958	0,965	0,970	0,975	0,979	0,983	0,986	0,988	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
14	0,940	0,950	0,958	0,965	0,971	0,975	0,980	0,983	0,986	0,988	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
15	0,940	0,950	0,958	0,965	0,971	0,976	0,980	0,983	0,986	0,988	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
16	0,941	0,951	0,959	0,965	0,971	0,976	0,980	0,983	0,986	0,988	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
17	0,941	0,951	0,959	0,966	0,971	0,976	0,980	0,983	0,986	0,988	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
18	0,941	0,951	0,959	0,966	0,971	0,976	0,980	0,983	0,986	0,988	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
19	0,942	0,951	0,959	0,966	0,972	0,976	0,980	0,983	0,986	0,988	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
20	0,942	0,952	0,960	0,966	0,972	0,977	0,980	0,984	0,986	0,989	0,990	0,992	0,993	0,994	0,994
21	0,943	0,952	0,960	0,967	0,972	0,977	0,981	0,984	0,986	0,989	0,991	0,992	0,993	0,994	0,994
22	0,943	0,953	0,960	0,967	0,973	0,977	0,981	0,984	0,987	0,989	0,991	0,992	0,993	0,995	0,995
23	0,944	0,953	0,961	0,967	0,973	0,977	0,981	0,984	0,987	0,989	0,991	0,992	0,993	0,995	0,995

### რადიოაქტიური გამოსხივება

რადიოაქტიური იზოტოპების უსაფრთხო გამოყენებისათვის აუცილებელია ისეთი ისეთი ღონისძიებების გატარება, რომლებიც დაიცავს როგორც რადიოაქტიურ

ნივთიერებებთან უშუალოდ მომუშავეებს, ისე მოსაზღვრე შენობებში მყოფთ და საწარმოს ახლომდებარე ტერიტორიაზე მცხოვრებთ გამოსხივების მაგნიტუდას ზემოქმედებისგან დასაცავად ჭირდება ტექნიკური, სანიტარული-ჰიგიენური და სამკურნალო-პროფილაქტიკური ღონისძიებები.

დაცვის ტექნიკურ საშუალებათა მიეკუთვნება სტაციონალური და მოძრავი ეკრანების მოწყობა ისეთი მასალებისგან, რომლებიც აირეკლავენ და შთანთქავენ რადიოაქტიურ გამოსხივებას.

ვინაიდან სხვადასხვა სახის გამოსხივებას განსხვავებული თვისებები აქვს, დაცვის ღონისძიებებიც სხვადასხვაგვარია ალფა გამოსხივება ჰელიუმის დადებითი მუხტის მქონე ბირთვების ნაკადია შედარებით დიდი მასის გამო ნივთიერებებთან ურთიერთქმედებისას ალფა ნაწილაკი სწრაფად კარგავს ენერგიას, რაც განაპირობებს დაბალი შეღწევის უნარს და მაღალ კუთრ იონიზაციას. ალფა-გამოსხივებისაგან დაცვა შედარებით ადვილია საკმარისია რამდენიმე სანტიმეტრის სისქის ჰაერის ფენა.

მაღალი ენერგიის ბეტა-ნაწილაკების მოქმედებისაგან დასაცავად გამოიყენება ტყვიის ეკრანი, რომელიც შიგნიდან მოპირკეთებულია მცირე ატომური მასის მქონე მასალით

რათა, შემცირდეს ელექტრონის საწყისი ენერგია და შესაბამისად ტყვიაში აღძრული გამოსხივების ენერგია. შიგა ეკრანის სისქეს იღებენ ბეტა-ნაწილაკების განარბენის სიგრძის ტოლს

გამა და რენტგენის გამოსხივებისაგან დასაცავად გამოიყენება უფრო მსუბუქი მასალები, რომლებიც შედარებით იაფი და ნაკლებად დეფიციტური ფოლადი, თუჯი, სპილენძის შენადნობები. სტაციონალური ეკრანები, რომლებიც

წარმოადგენს სამშენებლო კონსტრუქციების ნაწილს, მიზანშეწონილია დამზადდეს ბეტონისა და ბარიბეტონისაგან ნეიტრონული გამოსხივების დასაცავად გამოიყენება წყალბადშემცველი მასალები (წყალი, პარაფინი) ბერილიუმი, გრაფიტი და სხვა. ნეიტრონებსა და გამა გამოსხივებისაგან კომბინირებული დაცვისათვის გამოიყენება მძიმე მასალის, წყალთან ან წყალბადშემცველ მასალასთან ნარევი, მძიმე და მსუბუქი მასალის ფენოვანი ეკრანები (ტყვია-პოლიეთილენი, რკინა-წყალი და ა.შ.)

რადიოაქტიური გამოსხივების დასხივების ფონი წყაროს და დასხივების ხანგრძლივობის პირდაპირ პროპორციულია, ხოლო წყაროდან სამუშაო ადგილამდე მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულია ე.ი. გარე დასხივებისაგან ორგანიზმის დაცვა ან დასხივების მინიმუმამდე დაყვანა შესაძლებელია ე.წ. დაცვა რაოდენობით, დაცვა მანძილით, დაცვა დროით და დაცვა სპეციალური მოწყობილობებით. (ეკრანები, ფარები, კომტეინერები და სხვა.

პერიოდულად აუცილებელია დამცავი მოწყობილობების კონტროლი დოზიმეტრული ხელსაწყოების საშუალებით, ვინაიდან დროთა განვავლობაში მთლიანობის შეუმჩნეველმა დარღვევამ მათ შეძლება ნაწილობრივ ან მთლიანად დაუკარგოს დაცვითი უნარი.

რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან სამუშაოდ განკუთვნილი შენობის კედლები ფერი და კარები მზადდება გლუვი, ფორებისა და ბზარების გარეშესათავეში ყველა მომრგვალებულ კუთხეს აკეთებენ რადიოაქტიური მტვირასაგან სათავის გაწმენდის გასაადვილებლათ იატაკიც გლუვი უნდა იყოს.

სათავსში აუცილებელია საჭაერო გათბობის და მომდენ-გამწოვი ვენტილაციის (არანაკლებ ხუთჯერადი ჰაერცვლით) მოწყობა მუშა სათავსებში ეწყობა ყოველდღიური სველი, ხოლო თვეში ერთხელ გენერალური წმენდა.

რადიოაქტიური იზოტოპები გამოიყენება სახალხო მეურნეობის ბევრ დარგში, მათ შორის მშენებლობაშიც გამა სხივებით გამოუქება გამოიყენება ბეტონის ბლოკებისა და ფილების, ასევე გრუნტის მოცულობითი მასის გამოსაკვლევადა, ბეტონის შემკვრივების საკონტროლოდ მასალებში ფარული დეფექტების აღმოსაჩენად გამოიყენება გამა-დეფექტოსკოპის მეთოდი. გასაშუქებელ ხელსაწყოებზე მომუშავენი იმყოფებიან იონიზებული გამოსხივების ქვეშ, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ორგანიზმის დაავადება, სამუშაო ინვალიდობა და სიკვდილიც კი.

რადიოაქტიური გამოსხივებისაგან დაცვა გულისხმობს დასხივების ხანგრძლივობის შემცირების, დასხივების წყარომდე მანძილის გაზრდას და დამცავი ეკრანების გამოყენებას ეკრანის მასალა და სისქე დამოკიდებულია გამოსხივების სახეზე ხ,დ,ც გამოსხივებისაგან დასაცავად სხვადასხვა ეკრანები გამოიყენება

რადიოაქტიური ნივთიერების გადასატანად და შესანახად გამოიყენება კონტეინერები, გაწოვი კარადები, ეკრანები, ბოქსები კამერები, მაღალი აქტივობის ნარჩენები იგზავნება სპეციალურ სასაფლაოზე, დაბალი აქტივობისა და გადაიყრება.

ინდივიდუალური დაცვის საშუალებებად გამოიყენება სპეცტანსაცმელი, ფეხსაცმელი და სათვალეებისასუნთქი ორგანოების დასაცავად კი რესპირატორები და აირწინაღები

### რადიოაქტიურ ნივთიერებათა შენახვა

აღრიცხვა, გადაზიდვა და ნარჩენების ლიკვიდაცია

1. სამუშაო ადგილზე განთავსებული რადიოაქტიური ნივთიერებების არ

უნდა

აჭარბებდეს დღე-ღამურ ნორმას.

2. რადიოაქტიური ნივთიერებების აღრიცხვა უნდა უზრუნველდეს ფაქტობრივ რაოდენობას ნებისმიერი რიცხვისთვის.

3. რადიოაქტიური ნივთიერებების ტრანსპორტირება ხდება სპეციალური კონტეინერით. მისი გადატანა ქალაქის ფარგლებში შეიზღება მხოლოდ სპეციალურად აღწერილი მანქანით რადიოაქტიური ნივთიერებების ტრანსპორტირებისას უზრუნველყოფილი უნდა იყოს გამყოლისა და გარშემო მყოფი ხალხის გამოსხივებისაგან დაცვა.

4. რადიოაქტიური ნარჩენების ლიკვიდაციის სირთულე განპირობებულია იმით, რომ მათი განეიტრალება ფიზიკური და ქიმიური მეთოდებით შეუზღებელია თხევადი და კონცენტრირებული და განზავებული ნარჩენები უნდა შეგროვდეს ცალ-ცალკე ვინაიდან ეს უკანასკნელი შეიძლება პირდაპირ გაშვებული იქნას კანალიზაციის სისტემაში.

5. აკრძალულია რადიოაქტიური ჩამდინარე წყლების ჩაშვება შთანთქმელ ორმოებში, ჭაბურღილებში, სარწყავ მინდვრებსა და გუბურებში, რომელიც განკუთვნილია თევზისა და წყალში მცურავ ფრინველთა მოსაშენებლად.

6. რადიოაქტიური ნარჩენების დასამარხად უნდა გამოიყოს სპეციალური პუნქტები, სადაც მოეწეობა ბეტონის სასაფლაოები მყარი და თხევადი ნარჩენებისათვის .

7. მყარი რადიოაქტიური ნარჩენები უნდა შეგროვდეს პლასტიკატებისაგან დამზადებულ ტომრებში, თხევადი კი ჰერმეტიკულად დახურულ სპეციალურ ჭურჭელში.

8. რადიოაქტიური ნარჩენების დასამარხი პუნქტები უნდა განლაგდეს ქალაქიდან არანაკლებ 20 კმ-ის დაშორებით 1000 მეტრიან სანიტარული დამცავი ზონით.

**ცხრილი**

გააქტიურებული ასკანის თიხის მოცულობითი ტევადობის განსაზღვრა (ფოსფორმჟავა ნატრიუმის და დეფენილამინის ხსნარით 1:1)

ასკანის თიხის მეორედი გამოყენების ჯერადობა	15,86 მგ-ეკვ/ლ სიხისტის წყლის დამატებული რაოდენობა	ჭყლის ნარჩენების სიხისტე მგ-ეკვ/ლ	
		სკანის თიხით გააქტიურებული კნილოპტილოლის გამოყენებისას	პროტოტიპის მიხედვით მოდიფიცირებული კნილოპტილოლის გამოყენებისას
პირველი	5	0,00	0,62
მეორე	5	0,01	1,15
მესამე	5	0,02	2,32
მეოთხე	5	0,04	2,68
მეხუთე	5	0,06	3,06
მექვსე	5	0,10	4,15
მეშვიდე	5	0,16	4,42
მერვე	5	0,85	4,78

მოცულობითი ტევადობა გამოთვლილია შემდეგი ფორმულით:

დაღეჭვის დრო, წთ.	დაღეჭილი ნივთიერებების რაოდენობა			
	მგ/ლ		%	
	წამოღებნილი მეთოდის მიხედვით	პროტოტიპის მიხედვით	წამოღებნილი მეთოდის მიხედვით	პროტოტიპის მიხედვით
10	140	100	28,2	15,9

$$W = \frac{(\frac{CoQ}{m \cdot 100})V}{\varnothing}$$

სადაც  $\varnothing$  – მოცულობითი ტევადობა, მგ-ეკვ/გ;

ჩო - საწყისი კონცენტრაცია, მგ-ეკვ/მლ;

- ადსორბცია, %

მ - ადსორბენის/მოდიფიცირებული კლინოპტილოლის წონა, გ

V - კლინოპტილოლში გავლილი ხსნარის მოცულობა, მლ

∅ - სობრატის ეკვივალენტური წონა.

15	185	150	29,4	23,8
20	290	200	36,5	31,7
25	280	250	44,4	39,7
30	315	280	50,0	44,4
35	345	330	54,8	52,5
40	380	370	60,3	58,7
45	420	400	66,7	63,5
50	450	445	71,4	70,7
55	485	475	76,8	75,5
60	515	530	81,7	84,2
65	540	540	85,7	86,6
70	570	550	90,5	87,3
75	600	560	95,2	89,0
80	630	570	100	90,5
85		580		92,2
90		592		94,0
95		600		95,2
100		605		96,0
105		610		96,8
110		615		97,6
115		620		98,4
120		627		99,5
125		630		100

ალექვის დრო, წთ.	დამლეკი ხსნარის შედგენილობა	სიხისტე მგ-ეკვ/ლ		შენიშვნა
		საერთო	კარბონატული	
80	$Na_3PO_4 - 5$	0,21	0,08	1. ეს შედეგი არის 4-6 პარალელური ცდების საშუალო მნიშვნელობა
75	$Na_3PO_4 - 5$ თაბაშირი -0,15	0,12	0,05	
70	$Na_3PO_4 - 5$ თაბაშირი -0,15 დიფენილამინი -0,01	0,08	0,03	
65	$Na_3PO_4 - 5$ თაბაშირი -0,15 დიფენილამინი - 0,2	0,01	0,02	
65	$Na_3PO_4 - 5$ თაბაშირი -0,15 დიფენილამინი -0,025	0,00	0,00	
125	პროტოტიპის შედგენილობა: მუაუნმუავა 4% ფოსფორმუავა 2% ტუტე ლითონი ან ამონიუმის ჰიდროქანი 5%, თაბაშირი 0,15%, დანარჩენი წყალი	0,00	0,00	2. საწყისი წყლის საერთო სიხისტე 4,83მგ-ეკვ/ლ, კარბონატული 1,82მგ-ეკვ/ლ

### დასკვნა

1. ექსპერიმენტის მონაცემების დამუშავებამ აჩვენა, რომ ექსპერიმენტის შედეგები ერთგვაროვანია, შემთხვევითია და დროში სტაბილურია. შესაბამისად, ექსპერიმენტიდან მიღებული და ფორმულით გაანგარიშებული მონაცემების შეფასება შეიზღება პირსონის კრიტერიუმით.

2. თავისუფლების ხარისხი  $\nu=10$  და მნიშვნელობების დონის  $\alpha=0,005$  - ის მიხედვით დგინდება, რომ  $F_{\text{კრიტერიუმი}} < F_{\text{კრიტერიუმი კი არ ამტკიცებს ნნ}}$ , რაც გაცილებით მეტია მიღებული ჯამურ მნიშვნელობაზე  $18.307 > 14,58$ .

### 3.13 ექსპერიმენტის შედეგების მათემატიკურ სტატისტიკური დამუშავება

### 3.14 დასკვნა

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. Рамат. Ф «основы прикладной экологии.» М. 1971 г.
2. .Нормы радиационной безопасности
3. яковлев С.В –канализация. М.1967 г.
4. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М. «Энергиоздат» 1984 г.
5. Князевский В. А. Охрана труда. М «В. Ш.». 1982г.
6. ბოჭორიშვილი ნ. შრომის დაცვა. თბილისი/ 1982
7. საინჟინრო – სამშენებლო ხელოვნების სპეციალური ზოგადი კურსი. საქართველოს სამხედრო – საინჟინრო აკადემია. თბილისი. 2005.
8. სამშენებლო ნორმები და წესები. СН и РШ – 4 – 80.
9. Монес И. М. Строительство водорроводных и канализационных сетей и сооружений. М. 1973г.
10. постников И. С. – отчистка сточных вод в Германской Демок. Ресублике. М. 1959.

## იბეჭდება ავტორის მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 25.02.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 16.03.2009. ქალაქის  
ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 5,5. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,  
scripta manent