

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი



## გარემოს ფიზიკური დაბინძურება

ლუცინდა ჩხეიძე

თბილისი

2013

უკანასკნელ ხანებში მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემაა გარემოს დაცვა ისეთი ფიზიკური ფაქტორებისაგან, როგორცაა: ხმაური, ვიბრაცია, ულტრაბგერა, ინფრაბგერა, ელექტრომაგნიტური გამოსხივება და სხვ. აღნიშნული ფაქტორები აბინძურებს გარემოს და არახელსაყრელად მოქმედებს ადამიანზე. ამ მოქმედებას ადამიანი განიცდის როგორც წარმოებაში, ისე ყოფაცხოვრებაში. გარემოზე მოქმედი ფიზიკური ფაქტორების გაძლიერებას იწვევს: ინტენსიური ინდუსტრიალიზაცია, ტექნოლოგიური პროცესების მექანიზაცია, მრეწველობაში ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა, ტექნოლოგიური მოწყობილობების სიმძლავრისა და სწრაფსვლიანობის გაზრდა, რეაქტიული ავიაციის განვითარება, ტრანსპორტის ინტენსიფიკაცია და ა.შ.

ფიზიკური დაბინძურებლების წინააღმდეგ ბრძოლა საწარმოო და ბუნებრივი გარემოს დაცვის განუყოფელი ნაწილია. ეს ბრძოლა კომპლექსურია, რომელიც დაკავშირებულია ჰიგიენურ, ტექნიკურ, მენეჯმენტურ და სამართლებრივ ამოცანებთან.

სახელმძღვანელოში განხილულია გარემოზე ფიზიკური დაბინძურების (თბური, აკუსტიკური, ელექტრომაგნიტური, ოპტიკური, მაიონიზირებელი, ლაზერის, მტვერი და მყარი ნარჩენები) უარყოფითი მოქმედება და მისი კომპენსაციის მეთოდები; გარემოს საშიში ფაქტორები (ბუნებრივი და ტექნოგენური მდგენელები). განხილულია ადამიანის ჯანმრთელობაზე და ბუნებრივი ეკოსისტემის მდგომარეობაზე ბუნებრივი და ტექნოგენური ფიზიკური დაბინძურების საშიში ზემოქმედების საკითხები, თანამედროვე ადამიანის გარემოში ფიზიკური დაბინძურების ძირითადი წყაროების მახასიათებლები, მოცემულია აგრეთვე ფიზიკური დაბინძურების მავნე ზემოქმედების შემცირების რეკომენდაციები.

გარემოზე ადამიანის ზემოქმედებამ საგანგაშო მასშტაბებს მიაღწია. ამ მდგომარეობის მიზანმიმართულად და გააზრებულად გამოსწორება შესაძლებელია გარემოს თანამედროვე მდგომარეობის შესახებ საიმედო მონაცემების შეგროვებით, მნიშვნელოვანი ფიზიკური ფაქტორების ურთიერთგავლენის შესწავლით, ადამიანის მიერ გარემოზე მიყენებული ზიანის შემცირებისა და თავიდან აცილების ახალი მეთოდების შემუშავებით.

## შესავალი

ადამიანი ცხოვრობს, მონაწილეობს ბიოსფეროში მიმდინარე ნივთიერებათა წრებრუნვასა და გარემოსთან ენერჯის მიმოცვლაში. ადამიანის ორგანიზმი ევოლუციის პროცესში შეეგუა ექსტრემალურ კლიმატურ პირობებს – ჩრდილოეთის დაბალ ტემპერატურას, ეკვატორული ზონის მაღალ ტემპერატურას, ცხოვრებას მშრალ უდაბნოსა და ნესტიან ჭაობებში.

ბიოსფეროში ყველა პროცესი ურთიერთკავშირშია. კაცობრიობა ბიოსფეროს ნაწილია, ხოლო ადამიანი – ორგანული სიცოცხლის ერთ-ერთი სახე – Homo sapiens (გონიერი ადამიანი). გონებამ გამოყო ადამიანი ცოცხალი სამყაროდან და მისცა მას უზარმაზარი ძალა. ადამიანი საუკუნეების მანძილზე ცდილობდა არა ბუნებასთან შეგუებას, არამედ მის ისე გარდაქმნას, რომ ბუნება გამხდარიყო მისი არსებობისათვის მოხერხებული. მაგრამ დღეისათვის ადამიანებმა გააცნობიერეს, რომ ადამიანის ნებისმიერი საქმიანობა ნეგატიურ გავლენას ახდენს გარემოზე, ხოლო ბიოსფეროს მდგომარეობის გაუარესება საფრთხეს უქმნის ყოველ ცოცხალ არსებას, მათ შორის ადამიანს. ადამიანის და გარემო სამყაროსთან მისი ურთიერთდამოკიდებულების შესწავლით კაცობრიობა მივიდა დასკვნამდე, რომ ჯანმრთელობა არის არამარტო ავადმყოფობის გარეშე ცხოვრება, არამედ მისი ფიზიკური, ფსიქიკური და სოციალური კეთილდღეობა. ჯანმრთელობა არის კაპიტალი, რომელსაც ადამიანს დაბადებისას უბოძებს ბუნება, აგრეთვე შემდეგში მისი საცხოვრებელი გარემო პირობები.

ადამიანზე გავლენას ახდენს ბუნებრივი ფაქტორები, როგორცაა: ჰიპობარია, ჰიპოქსია, ქარის გაძლიერება, მზისა და ულტრაიისფერი რადიაცია, რადიაციული ფონის ცვლილება, ჰაერის ელექტრომაგნიტური დაძაბულობა და მისი იონიზაცია, ელექტრომაგნიტური და გრავიტაციული ველების რყევები; კლიმატის გამკაცრება და მისთ.

ადამიანზე ბუნებრივი გეოქიმიური ფაქტორები გავლენას ახდენს ნიადაგში, ჰაერსა და წყალში მიკროელემენტების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი თანაფარდობისა და ადგილობრივი წარმოების სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებში ქიმიური ელემენტების თანაფარდობის ანომალიებით. ბუნებრივი ბიოლოგიური ფაქტორების მოქმედება მუდავნდება მაკროფაუნის, ფლორისა და მიკროორგანიზმების ცვლილებებში.

მეოცე საუკუნის მეორე ნახევარში მკვეთრად გაიზარდა გარემოზე ზემოქმედება. საზოგადოებასა და ბუნებას შორის ურთიერთდამოკიდებულებაში მოხდა დიდი ცვლილება, როდესაც მოსახლეობის რიცხოვნების მკვეთრად გაზრდის, ინტენსიური ინდუსტრიალიზაციისა და ურბანიზაციის შედეგად სამეურნეო დატვირთვამ გადააჭარბა ეკოლოგიური სისტემების თვითგაწმენდისა და რეგენერაციის უნარს. ამის შედეგად დაირღვა ბიოსფეროში ნივთიერებათა ბუნებრივი წრებრუნვა, საფრთხის ქვეშ აღმოჩნდა თანამედროვე და მომავალი თაობების ჯანმრთელობა.

ბუნებრივ პირობებში ადამიანზე მოქმედებს მზის რადიაციის, ქარის მოძრაობის, ტალღების და დედამიწის ქერქის ენერჯია. დაუცველი ადამიანის მოხვედრისას შტორმსა და ქარბორბალაში, მიწისძვრის ზონაში, მოქმედი ვულკანის კრატერის სიახლოვეს თუ ელვის რაიონში, ენერგეტიკულმა ზემოქმედებამ შეიძლება გადააჭარბოს ადამიანის ორგანიზმისათვის დასაშვებ დონეს და გამოიწვიოს მისი ტრავმირება ან სიკვდილი.

ბუნებრივი წარმოშობის ენერჯიების დონეები პრაქტიკულად უცვლელი რჩება. თანამედროვე ტექნოლოგიები და ტექნიკური საშუალებები ამ საშიშროებების მეტ-ნაკლებად შემცირების საშუალებას იძლევა, თუმცა ბუნებრივი პროცესების და ბიოსფეროში ცვლილებების პროგნოზირების სირთულე, აგრეთვე მათ შესახებ არასაკმარისი ცოდნა სირთულეებს ქმნის სისტემაში “ადამიანი – ბუნებრივი გარემო” ადამიანის უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში.

თბური და ელექტრული ენერჯიის ტექნოგენური წყაროების გაჩენამ, ბირთვული ენერჯიის გამონთავისუფლებამ, ნავთობისა და გაზის საბადოების ათვისებამ წარმოქმნა ადამიანზე და გარემოზე სხვადასხვა ნეგატიური ზემოქმედების საშიშროება. ტექნოგენური ნეგატიური ზემოქმედების ენერგეტიკული დონე იზრდება, ხოლო ტექნოგენურ გარემოში ენერჯიის არაკონტროლირებადი გამოყოფა ადამიანების დაზიანებების, პროფესიული დაავადებებისა და დაღუპვების რიცხვის გაზრდის მიზეზი ხდება. ანტროპოგენულ საქმიანობას შედეგად მოჰყვა ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება.

სამრეწველო საწარმოების, ქიმიური და მეტალურგიული საწარმოების, სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობის გაზრდა, სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და მისთ. კიდევ უფრო ძლიერ აბინძურებს ატმოსფეროს.

საწარმოთა მუშაობა და სხვადასხვა ტექნოლოგიების რეალიზაცია მატერიალური ნარჩენების გარდა დაკავშირებულია გარემოში სხვადასხვა სახის ენერჯის ნაკადების: მექანიკური ( ხმაური, ვიბრაცია), თბური, ელექტრომაგნიტური და მისთ., გამოყოფით.

ადამიანებზე მოქმედი ნეგატიური ფაქტორები იყოფა ბუნებრივ და ანთროპოგენულ (ადამიანის საქმიანობით გამოწვეულ) ფაქტორებად. მაგალითად, ჰაერში მტვერი ჩნდება ვულკანების ამოფრქვევის, ნიადაგის ქარული ეროზიის შედეგად. ამავე დროს უამრავი ნაწილაკი გამოიფრქვევა სამრეწველო საწარმოების მიერ.

მოქმედების ბუნების მიხედვით მაგნე და საშიში ფაქტორები იყოფა ფიზიკურ, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და ფსიქოფიზიკურ ფაქტორებად.

კაცობრიობა თავისი განვითარების შედეგად მძლავრ გარდამქმნელ ძალად იქცა, რომელიც უფრო სწრაფად მუდგანდება, ვიდრე ბიოსფეროს ბუნებრივი ევოლუციის მსვლელობა, და შეუძლია შექმნას ”მეორე ბუნება” – ტექნოსფერო. თანამედროვე წარმოება ხშირად არღვევს ბუნებრივი სისტემების ნორმალურ ფუნქციონირებას. ანთროპოგენულ საქმიანობას შედეგად მოჰყვა ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება. თანამედროვე ხელოვნური მასალები და სამრეწველო ნარჩენების მთები ნეგატიურ გავლენას ახდენს გარემოზე. ეს ნივთიერებები, შეაღწევენ რა ყველგან, იწვევს წყლის, ჰაერის და ნიადაგის სამრეწველო დაბინძურებას და არღვევს ბუნების ეკოლოგიურ წონასწორობას. შექმნილ სიტუაციაში უკიდურესად მნიშვნელოვანია ჯანმრთელობის შენარჩუნება. ჯანმრთელობა ადამიანის ცხოვრების პრიორიტეტული ფასეულობაა.

ბუნებრივ გარემოზე გამოუსწორებელი ზიანის მიყენების თავიდან ასაცილებლად გარემოზე ნებისმიერი ზემოქმედება გულდასმით უნდა დაიგეგმოს. უკანასკნელ წლებში გაიზარდა გარემოს მდგომარეობის როლის, როგორც მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე და ცხოვრების ხარისხზე მოქმედი ფაქტორის გაგება. ადამიანის ცხოვრება და ჯანმრთელობა მჭიდროდაა დაკავშირებული გარემოს “პარამეტრებთან”. ადამიანი გარემოსთან ახორციელებს ნივთიერებათა,

ენერჯიათა და ინფორმაციათა „მიმოცვლას. განასხვავებენ ბუნებრივ, სოციალურ, საყოფაცხოვრებო, საწარმოო, კოსმოსურ და მიწიერ გარემოს.

ტერიტორიულ-ტექნოლოგიური პრობლემები მოიცავს როგორც ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროს ადგილმდებარეობის საკითხებს, ისე მთელი რიგი უარყოფითი ეფექტების შემცირების ან თავიდან აცილების საკითხებს. ტექნიკური ცოდნისა და მრეწველობის განვითარების დონის ზრდის პარალელურად სულ უფრო ინტენსიური ხდება ატმოსფეროს დაბინძურების შემცირების ოპტიმალური გადაწყვეტების ძებნა, მუშავდება ატმოსფეროს დაცვის მთელი რიგი სპეციალური დონისძიებები.

უკანასკნელ წლებში კიდევ უფრო ღრმად მიმავალი ცვლილებები შეიმჩნევა გარემოს დაცვის საქმეში. ასე მაგალითად, გლობალიზაცია მნიშვნელოვანწილად გარემოს დაცვასაც მოიცავს. ამის დასტურია ის, რომ ტიპური პირობები ორიენტირებულია გარემოს დაცვაში პოლიტიკურ მიზნებზე და ევროკავშირის შესაბამის ნორმატივებზე, ხოლო მომავალში კიდევ უფრო ძლიერად აისახება საერთაშორისო მნიშვნელობის შეთანხმებებში და საერთო- მსოფლიო მნიშვნელობის ცნებებში, როგორცაა: სიღარიბესთან ბრძოლა, მოსახლეობის სიჭარბე, კლიმატის ცვლილება და ბუნებრივი რესურსების დაზოგვითი ხარჯვა.

## თავი 1

### 1.1. გარემოს დაბინძურება

ადამიანისათვის არახელსაყრელი გარემო ფაქტორებია ატმოსფეროსა და წყლის დაბინძურება, ფიზიკური ანუ ენერგეტიკული დაბინძურება (ხმაური, ელექტრომაგნიტური, თბური, რადიაციული, ვიდეოდაბინძურება), ნიადაგის ზედაპირის დაბინძურება საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნარჩენებით. ენერგეტიკული დამბინძურებლები (თბური და რადიაციულის გარდა) არ აკუმულირდება ბუნებაში, ხოლო ბიოსფეროზე გავლენას ახდენს მხოლოდ მათი წარმოქმნის დროს. აკუმულირებადი დაბინძურება მავნე ნივთიერებები და ენერჯიის ზოგიერთი სახეა, რომლებიც არაკუმულირებადისგან განსხვავებით გროვდება გარემოში და ცოცხალ ორგანიზმებში.

**დაბინძურება** ეწოდება ბუნებრივ გარემოში ახალი აგენტების –მინარევების ან ფაქტორების, მოხვედრას ისეთი რაოდენობით:

- რის შედეგადაც იცვლება ბუნებრივი გარემოს შემადგენლობა და თვისებები;

- რომლებიც ბუნებრივი გარემოსთვის არაა დამახასიათებელი;

- რომლებიც მავნედ მოქმედებს ადამიანების, ცხოველების ჯანმრთელობაზე, მცენარეებისა და ეკოსისტემების მდგომარეობაზე;

- ზრდის გარემოში ამ აგენტების კონცენტრაციას ბუნებრივ დონეზე მაღლა. ასეთი აგენტებია ქიმიური (მყარი, თხევადი და აირადი ნივთიერებები), ფიზიკური (ენერგია –ბგერების, ხმაურის, გამოსხივების სახით), ბიოლოგიური (მიკროორგანიზმების).

ფრანგი მეცნიერის ფ. რამადის განმარტებით: “დაბინძურება არის გარემოს არახელსაყრელი ცვლილება, რომელიც მთლიანად ან ნაწილობრივ წარმოადგენს ადამიანის საქმიანობის რეზულტატს, პირდაპირ ან ირიბად ცვლის შემოსული ენერგიის განაწილებას, რადიაციის დონეს, გარემოს ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს და ცოცხალი არსებების არსებობის პირობებს. ამ ცვლილებებმა შეიძლება გავლენა მოახდინოს ადამიანზე პირდაპირ ან სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის, წყლის და სხვა ბიოლოგიური პროდუქტების (ნივთიერებების) მეშვეობით”.

## 12. გარემოს დაბინძურების სახეები

**წარმოქმნის ხასიათის მიხედვით** დაბინძურება იყოფა ბუნებრივ და ანთროპოგენულ დაბინძურებად. ბუნებრივი დაბინძურება ხდება ბუნებრივ პროცესებზე ადამიანის ყოველგვარი ზეგავლენის გარეშე. ესაა, როგორც წესი, კატასტროფული პროცესები – ვულკანის ამოფრქვევა, მტვრის ქარიშხალი, ღვარცოფული ნაკადები და მისთ.

ბუნება ადამიანს მზა სახით არ აძლევს ყოველივეს , რაც აუცილებელია მისი მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებისათვის. გაჩნდა შრომისა და საწარმოო საქმიანობის აუცილებლობა. კაცობრიობის განვითარების პროგრესმა, წარმოების ზრდამ, ინფრასტრუქტურის (ტრანსპორტი, კავშირი და სხვ.) წარმოქმნამ მკვეთრად გაზარდა ადამიანთა საზოგადოებასა და ბიოსფეროს შორის ნივთიერებათა და ენერგიის ცვლა. გარემოზე ადამიანის ზემოქმედება არის ანთროპოგენული ზემოქმედება. ასეთი ზემოქმედების ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს ანთროპოგენული დაბინძურება. **გარემოს ანთროპოგენული დაბინძურება** ეწოდება ჩვენი გარემოს არახელსაყრელ ცვლილებას, რომელიც მთლიანად ან ძირითადად

ადამიანის საქმიანობის გვერდითი რეზულტატია. ანტროპოგენული დაბინძურება არის ნივთიერება ან ენერგია, რომელთა არსებობა ან მათი კონცენტრაცია და ინტენსივობა არაა დამახასიათებელი ბიოსფეროსათვის. ენერგიის სახით გარემო ბინძურდება სითბოთი, მაიონიზირებელი გამოსხივებით, ელექტრომაგნიტური ველებით, სინათლის ენერგიით (მათ შორის ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი გამოსხივებით), აკუსტიკური ხმაურით, ვიბრაციით, ინფრაბგერითა და ულტრაბგერით.

ანტროპოგენული დაბინძურების სახეები:

**სამრეწველო დაბინძურება**, რომელსაც იწვევს როგორც ცალკე აღებული საწარმო, ისე მთელი დარგი (ქიმიური, მეტალურგიული, ცელულოზა-ქაღალდის, სამშენებლო მასალების და ა.შ., თბოენერგეტიკა, ტრანსპორტი );

**სასოფლო-სამეურნეო დაბინძურება**, რომელიც წარმოიქმნება სასუქის შეტანისას, შესამქიმიკატების გამოყენებისას, მეცხოველეობის ნარჩენების გადაშვებისას და სასოფლო-სამეურნეო წარმოებასთან დაკავშირებული სხვა ქმედებისას;

**საომარი დაბინძურება**, რომელიც წარმოიქმნება სამხედრო მრეწველობის მუშაობის, საომარი გამოცდისა და საომარი ქმედებების შედეგად (აქვე შეიძლება მივაკუთვნოთ ქიმიური საომარი მასალებისა და ასაფეთქებელი ნივთიერებების დატბორვა, ქიმიური იარაღის განადგურების შედეგები, საომარი მოქმედებების შედეგები).

**დაბინძურების ობიექტის მიხედვით განასხვავებენ:**

ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების დაბინძურებას;

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებას;

ნიადაგის დაბინძურებას;

დედამიწისა ხლო კოსმოსური სივრცის დაბინძურებას.

**დაბინძურების სახის მიხედვით გამოყოფენ:**

**ქიმიურ (მატერიალურ) დაბინძურებას** (მძიმე ლითონებით, პესტიციდებით, ცალკეული ქიმიური ნივთიერებებითა და ელემენტებით, სინთეზური ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებებით, პლასტმასებით);

**ფიზიკურ (ენერგეტიკული და მექანიკური) დაბინძურებას;**



**ფიზიკურ-ქიმიური დაბინძურების** ერთადერთი ფორმაა აეროზოლური დაბინძურება, ანუ ჰაერის დაბინძურება წვრილდისპერსიული თხევადი ან მყარი ნივთიერებებით. ასეთი დაბინძურების მაგალითია სამრეწველო სმოგი ან უბრალოდ ნისლი;

**ბიოლოგიურ დაბინძურებას** (ბიოგენური, მიკრობიოლოგიური, პროდუქტები და ცოცხალი ორგანიზმები, რომლებიც ჩნდება გენური ინჟინერიის სფეროში კვლევების შედეგად). ბიოლოგიური დაბინძურება დაკავშირებულია გარემოში ადამიანისათვის არასასურველი ორგანიზმების შეტანასა და გამრავლებასთან, ბუნებრივ ეკოსისტემებში მოცემული სახეობებისათვის უცხო ორგანიზმების შეღწევასთან ან შეტანასთან;

**მასშტაბებისა და გავრცელების მიხედვით** დაბინძურება შეიძლება იყოს ლოკალური (ადგილობრივი), რეგიონული, გლობალური და კოსმოსური.

**ლოკალურ დაბინძურებას** ადგილი აქვს სამრეწველო საწარმოს, მეცხოველეობის კომპლექსის, ნავთობაზის და მისთ. ირგვლივ;

**რეგიონული დაბინძურება** შეიმჩნევა რაიონის, მდინარის აუზის, რესპუბლიკის, სახელმწიფოს ფარგლებში;

**გლობალური დაბინძურება** შეიმჩნევა დაბინძურების წყაროდან დაშორებულ პლანეტის ნებისმიერ წერტილში (მაგალითად, ანტარქტიდაში პინგვინების კვერცხებში აღმოჩენილია ქლორორგანული ნაერთები);

**კოსმოსურ დაბინძურებას** ადგილი აქვს საფრენი აპარატების და სხვა ე.წ. კოსმოსური ნავით კოსმოსური სივრცის დაბინძურებისას.

ახალი ტექნოლოგიების განვითარების კვალდაკვალ დაბინძურების დონე თანდათანობით იზრდება. საწარმოთა მუშაობა და სხვადასხვა ტექნოლოგიების რეალიზაცია მატერიალური ნარჩენების გარდა დაკავშირებულია გარემოში სხვადასხვა სახის ენერჯის ნაკადების: მექანიკური ( ხმაური, ვიბრაცია), თბური, ელექტრომაგნიტური და მისთ., გამოყოფით.

ბუნებრივი, ბუნებრივ-ანთროპოგენული და სუფთა ანთროპოგენული პროცესების მიმდინარეობისას უშუალოდ წარმოქმნილი დამბინძურებლების გარემოში მოხვედრას მიაკუთვნებენ **პირველად დაბინძურებას**. თუ გარემოში მოხვედრილი ნივთიერება არ იწვევს უარყოფით შედეგებს, მაგრამ უშუალოდ გარემოში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების შედეგად საშიში ხდება, ასეთ დაბინძურებას მეორადი

დაბინძურება ეწოდება. მაგალითად, ატმოსფეროში მოხვედრილი ფრეონები დედამიწის ზედაპირთან ქიმიურად ინერტულია, მაგრამ მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების მოქმედებით იშლება ქლორის ატომის მოწყვეტით, რომელიც კატალიზურად მოქმედებს პლანეტის ოზონის შრის დაზიანებისას.

### 13. გარემოს დაბინძურების წყაროები

სამრეწველო საწარმოების, ქიმიური და მეტალურგიული საწარმოების, სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობის გაზრდა, სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და მისთ. კიდევ უფრო მეტად აბინძურებს ატმოსფეროს.

ადამიანებზე ზემოქმედი ნეგატიური ფაქტორები იყოფა ბუნებრივ და ანტროპოგენულ (ადამიანის საქმიანობით გამოწვეულ) ფაქტორებად. მაგალითად, მტვერი ჰაერში ჩნდება ვულკანების ამოფრქვევის, ნიადაგის ქარული ეროზიის შედეგად. ამავე დროს უამრავი ნაწილაკი გამოიფრქვევა სამრეწველო საწარმოების მიერ.

მოქმედების ბუნების მიხედვით მავნე და საშიში ფაქტორები იყოფა ფიზიკურ, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და ფსიქოფიზიკურ ფაქტორებად.

გარემოს დაბინძურების წყაროები იყოფა:

თავმოყრილ (ჩაწერტებულ) და განწერტებულ წყაროებად;

უწყვეტი და წყვეტილი ქმედების წყაროებად.

ნებისმიერი დაბინძურება იწვევს ბუნებაში დაცვით რეაქციას, რომელიც მიმართულია მის ნეიტრალიზაციაზე. ბუნების ამ უნარს დიდი ხნის განმავლობაში იყენებდა საზოგადოება ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედების ხარისხის გათვალისწინების გარეშე. დაბინძურება, უარყოფითად მოქმედებს რა გარემოზე, თავის მხრივ განიცდის გარემოს გარკვეულ ზემოქმედებას. ამ ნიშნის მიხედვით განასხვავებენ ბუნებრივი ქიმიურ-ბიოლოგიური პროცესების მოქმედებისამი **მდგრად (ურღვევ)** და **არამდგრად** დაბინძურებას.

ბუნებრივი გარემოს ხარისხი არის ბუნებრივი და ადამიანის მიერ გარდაქმნილი ეკოსისტემების მდგომარეობა, რომელიც უნარჩუნებს მათ ნივთიერებათა და ენერჯის მუდმივი ცვლისა და სიცოცხლის კვლავწარმოების უნარს.

დაბინძურების თითოეულ სახეს აქვს მისთვის დამახასიათებელი და სპეციფიკური დაბინძურების წყარო – ბუნებრივი ან სამეურნეო ობიექტი. გარემოში

ტოქსიკანტების გამოყოფის ძირითადი ბუნებრივი წყაროებია: ქარის მტვერი, ტყის ხანძრები, ვულკანური მასალა, მცენარეულობა, ზღვის მარილები.

ანთროპოგენული წყაროებია ფერადი ლითონების, ფოლადის, თუჯის, რკინის პირველადი და მეორადი წარმოება; სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება; საავტომობილო ტრანსპორტი; ქიმიური მრეწველობა; სპილენძის, ფოსფატური სასუქების წარმოება; ქვანახშირის, ნავთობის, აირის, შემის, ნარჩენების და სხვ. წვის პროცესები.

გარემოში ტოქსიკანტების გამოყოფის ანთროპოგენული ნაკადი ბუნებრივს აღემატება (55-80%) და მხოლოდ ზოგიერთ შემთხვევაშია თანაზომადი. გარემოს დაბინძურების დონის რაოდენობრივი შეფასების კრიტერიუმად გამოიყენება დაბინძურების ინდექსი, ზღვრული დასაშვები, ფონური და ტოქსიკური კონცენტრაცია.

დაბინძურების ინდექსი არის მაჩვენებელი, რომელიც ხარისხობრივად და რაოდენობრივად ასახავს გარემოში დამბინძურებელი ნივთიერების არსებობას და ცოცხალ ორგანიზმებზე მისი ზემოქმედების ხარისხს.

**ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია** (ზდკ) – გარემოში მავნე ნივთიერების რაოდენობა, რომელიც მუდმივი კონტაქტის ან გარკვეული დროის განმავლობაში ზემოქმედებისას პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას ადამიანთა ჯანმრთელობაზე. მრავალ ქვეყანაში ბიოსფეროს დამბინძურებელი ნივთიერების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია დადგენილია როგორც ნორმირებული მაჩვენებელი დედამიწისზედა ატმოსფეროს, წყლის, ნიადაგის, მცენარეებისა და კვების პროდუქტებისათვის.

**ფონური კონცენტრაცია** – გარემოს ობიექტში ნივთიერების შემცველობა, რომელიც განისაზღვრება ჯამური გლობალური და რეგიონული ბუნებრივი და ანთროპოგენული შენატანით.

**ტოქსიკური კონცენტრაციის** ქვეშ იგულისხმება ან მავნე ნივთიერების კონცენტრაცია, რომელსაც სხვადასხვა ხანგრძლივობის ზემოქმედების დროს შეუძლია ცოცხალი ორგანიზმების დაღუპვა, ან მავნე ზემოქმედების დაწყების კონცენტრაცია, რომელიც იწვევს ცოცხალი ორგანიზმების დაღუპვას 30 დღის განმავლობაში ზემოქმედების შემთხვევაში.

#### 14. ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება

ცნებას “დაბინძურება” ბუნებრივ გარემოსთან მიმართებაში უფრო ფართო მნიშვნელობა აქვს, ვიდრე ყოფაცხოვრებაში. დაბინძურებას უწოდებენ არამარტო მყარ, თხევად და აირად ნივთიერებებს, არამედ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, სითბოს, ხმაურს და ა.შ.

ქალაქის ეკოსისტემებში ბუნებისათვის განსაკუთრებით საშიშია სამრეწველო დაბინძურება. უკანასკნელ წლებში გარემოს ანთროპოგენული დაბინძურების დონემ დასაშვებს გადააჭარბა და განსაკუთრებულად საშიშ ნიშნულს მიაღწია. პლანეტაზე დამბინძურებელ ფაქტორთა რაოდენობა უზარმაზარია, და ტექნოლოგიური პროცესების განვითარების კვლადაკვალ მათი რიცხვი იზრდება. აშკარა ხდება ბუნებრივი რესურსების გამოფიტვის, ბიოსფეროს შეუქცევადი დაბინძურების და ცვლილების, გარემოში ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევის საშიშროება.

დაბინძურების ყოველ სახეს აქვს მისთვის დამახასიათებელი და სპეციფიკური დაბინძურების წყარო – ბუნებრივი და სამეურნეო ობიექტი. განასხვავებენ დაბინძურების ბუნებრივ და ანთროპოგენულ წყაროებს. გარემოში ტოქსიკანტების მოხვედრის ბუნებრივი წყაროებია: ქარის მტვერი, ტყის ხანძრები, ვულკანური მასალა, მცენარეულობა, ზღვის მარილები. ანთროპოგენული წყაროებია: ფერადი მეტალების, ფოლადის, თუჯის, რკინის პირველადი და მეორადი წარმოება; სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება; საავტომობილო ტრანსპორტი; ქიმიური მრეწველობა; სპილენძის, ფოსფატური სასუქების წარმოება; ნახშირის, ნავთობის, აირის, შეშის, ნარჩენების წვის პროცესები და სხვ.

### **1.5. გარემოს ფიზიკური დაბინძურება**

ფიზიკური დაბინძურება არის დაბინძურება, რომელიც დაკავშირებულია გარემოს ფიზიკური პარამეტრების ცვლილებასთან. იმისდა მიხედვით, თუ რომელი პარამეტრი აღემატება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას, განასხვავებენ ფიზიკური დაბინძურების თბურ, სინათლის, ხმაურის, ელექტრომაგნიტურ, რადიაქტიურ, რადიაციულ და სხვ. სახეებს.

ადამიანის ჯანმრთელობაზე ატმოსფეროს ფიზიკური დაბინძურების ზემოქმედების შესწავლა შედარებით რთულია, რამდენადაც ატმოსფეროს დაბინძურება იცვლება და გადადის ერთი ფორმიდან მეორეში, რაც მრავალ

ფაქტორზეა დამოკიდებული და, მათ შორის, ისეთ ცვლად ფაქტორზე, როგორცაა ქარის მიმართული ძალა. მიუხედავად ამისა, დაბინძურებულ ჰაერში მუდმივად არის მაგნე ნივთიერებათა განსაზღვრული რაოდენობა, რომელიც გავლენას ახდენს ადამიანთა ჯანმრთელობაზე.



დაბინძურებულ ჰაერთან ერთად ადამიანების ჯანმრთელობაზე გავლენას ახდენს სოციოლოგიური ფაქტორებიც, განსაკუთრებით დაბინძურებულ რაიონებსა და ქალაქებში.

ატმოსფეროს ფიზიკურმა დაბინძურებამ შეიძლება ჰაერს სპეციფიკური სუნი მისცეს. მტვრის ნაწილაკებითა და გამაღიზიანებელი აირადი მინარევებით დაბინძურებული ჰაერი მოქმედებს რა სასუნთქი გზების ლორწოვან გარსზე, აქვეითებს მის ბარიერულ თვისებებს.

ფიზიკურ დაბინძურებას მიაკუთვნებენ ენერგეტიკულ ანუ მექანიკურ დაბინძურებას. განასხვავებენ ენერგეტიკული დაბინძურების აკუმულირებად და არაკუმულირებად სახეებს. აკუმულირებადია თბური და რადიაციული დაბინძურება, ხოლო ელექტრომაგნიტური ველი, სინათლე და ლაზერის გამოსხივება, ხმაური და ვიბრაცია არაკუმულირებად დაბინძურებას მიეკუთვნება.

ენერგეტიკული დაბინძურება დაკავშირებულია გარემოს ფიზიკური პარამეტრების ცვლილებასთან: ტემპერატურის – თბური დაბინძურება; ტალღური პარამეტრების – სასინათლო, აკუსტიკური, ელექტრომაგნიტური დაბინძურება; რადიაციული პარამეტრების – რადიაციული, რადიაქტიური დაბინძურება; ენერგეტიკულ დაბინძურებას წარმოადგენს ანტროპოგენული საქმიანობის შედეგად წარმოქმნილი ხმაური, ვიბრაცია, ულტრაბგერა და ინფრაბგერა, ელექტრომაგნიტური ველები, სინათლის, ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი გამოსხივება, მაიონიზირებელი და ლაზერის გამოსხივება, თბური გამოსხივება.

ფიზიკურ დაბინძურებას მიაკუთვნებენ აგრეთვე მექანიკურ დაბინძურებას, როგორცაა გარემოს დანაგვიანება აგენტებით, რომელიც არახელსაყრელ მექანიკურ ზემოქმედებას ახდენს გარემოზე. გარემოს მექანიკური დაბინძურების მაგალითს წარმოადგენს ატმოსფეროს დამტვერიანება, ნიადაგისა და წყალსატევების დანაგვიანება საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ნარჩენებით.

ფიზიკური დაბინძურება მოცემული გარემოსათვის დამახასიათებელი სხვადასხვა ფიზიკური ფაქტორის (თბური, აკუსტიკური, ელექტრომაგნიტური, რადიაციული და სხვ.) ბუნებრივი ნორმების გადამეტებაა. ფიზიკური დაბინძურება ეკოსისტემაში ენერჯის (თბური, სინათლის, ხმაურის, ვიბრაციის, გრავიტაციის, ელექტრომაგნიტური, რადიოაქტიური და სხვ. გამოსხივება) წყაროების შემონატანია, რომელიც მუდამდება გარემოს ფიზიკური თვისებების გადახრაში.

თბურ დაბინძურებაში იგულისხმევა გარემოს ზედმეტი გათბობა.

სინათლით დაბინძურებაში იგულისხმება ზედმეტი განათება.

ელექტრომაგნიტურ დაბინძურებაში იგულისხმება რადიოეთერის დაბინძურება, რომელიც არახელსაყრელად მოქმედებს როგორც ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველქმედებაზე, ისე რადიოგადაცემებზე.

რადიოაქტიური დაბინძურებაში იგულისხმება ბუნებრივ რადიოაქტიურ ფონზე გადაჭარბება.

ვიზუალურ (ვიდეო) დაბინძურებაში იგულისხმება ბუნებრივი პეიზაჟების გაფუჭება ნაგებობებით, სადენებით, ნაგვით, თვითმფრინავების შლეიფებით და ა.შ. ქალაქის პირობებში ადამიანის ცხოვრებაში დისკომფორტის მნიშვნელობით მეორე ფაქტორია ფიზიკური დაბინძურება.

განასხვავებენ ფიზიკური დაბინძურების რადიაციულ, სინათლის, თბურ, აკუსტიკურ, ელექტრომაგნიტურ, ვიდეო და სხვა სახეებს.

ფიზიკური დაბინძურება ძირითადად არის გამოსხივება, რომელიც მოქმედებს ბიოსფეროზე და რომელსაც მიეკუთვნება ბგერული ტალღები (ხმაური და ვიბრაცია, რომელიც აღემატება ბუნებრივ ფონს), ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სხვადასხვა სახე: რადიოაქტიური, რენტგენის, ულტრაიისფერი, ხილული (სინათლე), ინფრაწითელი (სითბო), მიკროტალღური, რადიოტალღები. ელექტრომაგნიტური დაბინძურების წყაროებია ელექტროგადამცემი მაღალი ძაბვის ხაზებიც.

აშკარა ხდება ბუნებრივი რესურსების გამოფიტვის, ბიოსფეროს შეუქცევადი დაბინძურების და ცვლილების, გარემოში ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევის საშიშროება.

თუ სამუშაო ზონაში არ არის შრომის კომფორტული პირობები, ფიზიკური მავნე ფაქტორების წყარო შეიძლება გახდეს ჰაერის: მაღალი/დაბალი ტემპერატურა; ატმოსფერული წნევა, მაღალი ფარდობითი ტენიანობა და ჰაერის მოძრაობის სიჩქარე, არასწორი განათება. მავნე ზეგავლენას ახდენს აგრეთვე სამუშაო ზონის ჰაერში ჟანგბადის ნაკლებობა.

კონკრეტული საწარმოო პირობები ხასიათდება ნეგატიური ფაქტორების ერთობლიობით და განსხვავდებიან მავნე და მატრამვირებელი ფაქტორების დონეთა გამომჟღავნების რისკის მიხედვით.

გარემოს ფიზიკური დაბინძურება ძირითადად არის გამოსხივება, რომელიც მოქმედებს ბიოსფეროზე და რომელსაც მიეკუთვნება ბგერული ტალღები (ხმაური და ვიბრაცია, რომელიც აღემატება ბუნებრივ ფონს), ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სხვადასხვა სახე: რადიაქტიური, რენტგენის, ულტრაიისფერი, ხილული (სინათლე), ინფრაწითელი (სითბო), მიკროტალღური, რადიოტალღები. აშკარა ხდება ბუნებრივი რესურსების გამოფიტვის, ბიოსფეროს შეუქცევადი დაბინძურების და ცვლილების, გარემოში ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევის საშიშროება.

დაბინძურებამ ისეთ მასშტაბებს მიაღწია, რომ ბიოსფეროს თვითგაწმენდის უნარი ზღვრამდეა დასული.

ბუნებაზე ნეგატიურად მოქმედებს მრეწველობა, ენერგეტიკა, ტრანსპორტი და ყოფაცხოვრება, მაგრამ ბუნების უდიდესი მტერია ომი, რომელიც უდაბნოებად აქცევს უზარმაზარ ტერიტორიებს დაბომბვისა და საარტილერიო სროლების შედეგად; მუხლუხა მანქანები ისე აზიანებენ ნიადაგს, რომ მის აღდგენას ათწლეულები სჭირდება.

## 1.6. გარემოზე ანთროპოგენული ზემოქმედება

სიცოცხლის ყველა ფორმა ჩამოყალიბდა ბუნებრივი ევოლუციის შედეგად და მათი არსებობა განისაზღვრება ბიოლოგიური, გეოლოგიური და ქიმიური ციკლებით. ადამიანი ბუნებრივი საბადოების მოპოვების, წარმოებისა და დაწვის გზით ცვლის დედამიწის ბიოლოგიურ და გეოლოგიურ სახეს; სულ

უფრო და უფრო ცვლის კლიმატს, სულ უფრო და უფრო სწრაფად აცლის მცენარეულ და ცხოველთა სახეებს ჩვეულ გარემოცვას; კაცობრიობა ქმნის ახალ ელემენტებსა და ნაერთებს; გენეტიკისა და ტექნიკის ახალი მიღწევები სიცოცხლისათვის ახალი საშიში აგენტების შექმნის საშუალებას იძლევა. გარემოს ზოგიერთმა ცვლილებამ ადამიანის სიცოცხლის გახანგრძლივებისათვის ხელსაყრელი პირობები შექმნა. მაგრამ კაცობრიობამ ვერ დაიმორჩილა ბუნების ძალები და ვერ მივიდა ამ ძალების სრულად შეცნობამდე: ბევრი გამოგონება და ბუნებაში ჩარევა შესაძლო შედეგების გათვალისწინების გარეშე ხდება. ზოგიერთ მათგანს უკვე მოჰყვა კატასტროფული შედეგი.

გარემოს ცვლილებების საშიში შედეგების თავიდან აცილების ყველაზე საიმედო გზაა გარემოს შესახებ მათი ცოდნის გათვალისწინებით ეკოსისტემის ცვლილებებისა და ბუნებაში ადამიანის ჩარევის შესუსტება.

ადამიანის ჯანმრთელობაზე ზრუნვა გულისხმობს გარემო ბუნების – ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნების გაჯანმრთელებას.

ანთროპოგენული ზემოქმედების ერთ-ერთი სახეა ანთროპოგენული დაბინძურება. დაბინძურება საერთოდ – ესაა ჩვენი გარემოს არახელსაყრელი ცვლილება, რომელიც სრულად ან ძირითადად წარმოადგენს ადამიანის საქმიანობის თანაურ რეზულტატს. დაბინძურებას, რომელიც დაკავშირებულია ადამიანის საქმიანობასთან, ეწოდება ანთროპოგენული დაბინძურება. ანთროპოგენული დაბინძურება – ესაა ნივთიერება და ენერჯია, რომელიც ან საერთოდ არაა დამახასიათებელი ბიოსფეროსათვის, ან არაა დამახასიათებელი მათი კონცენტრაცია და ინტენსივობა. ენერჯიის სახით გარემო ბინძურდება სითბოთი, მაიონიზირებელი გამოსხივებით, ელექტრომაგნიტური ველებით, სინათლის ენერჯიით (მათ შორის ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი გამოსხივებით), აკუსტიკური ხმაურით, ვიბრაციით, ულტრაბგერით, ინფრაბგერით. ეკოლოგიის თვალსაზრისით ელექტრომაგნიტური გამოსხივება გარემოს ენერგეტიკული დაბინძურების ერთ-ერთი სახეა. ადამიანის ორგანიზმი ევოლუციის პროცესში შეეგუა ექსტრემალურ კლიმატურ პირობებს – ჩრდილოეთის დაბალ ტემპერატურას, ეკვატორული ზონის მაღალ ტემპერატურას, ცხოვრებას მშრალ უდაბნოსა და ნესტიან ჭაობებში.



თანამედროვე მსოფლიოში ბუნებრივი წარმოშობის საშიშ და მავნე ფაქტორებს (ჰაერის ამადლებული და დადაბლებული ტემპერატურები, ატმოსფერული ნალექები, ჭექა-ქუხილი და სხვ.) დაემატა ანთროპოგენული წარმოშობის მრავალრიცხოვანი საშიში და მავნე ფაქტორი (ხმაური, ვიბრაცია, ელექტრომაგნიტური ველები, მაიონიზირებელი გამოსხივება და სხვ.), რომლებიც დაკავშირებულია საწარმოო, სამეურნეო და ადამიანის სხვა საქმიანობასთან.

თბური და ელექტრული ენერჯის ტექნოგენური წყაროების გაჩენამ, ბირთვული ენერჯის გამონთავისუფლებამ, ნავთობისა და გაზის საბადოების ათვისებამ წარმოქმნა ადამიანზე და გარემოზე სხვადასხვა ნეგატიური ზემოქმედების საშიშროება. ტექნოგენური ნეგატიური ზემოქმედების ენერგეტიკული დონე იზრდება და ტექნოგენურ გარემოში ენერჯის არაკონტროლირებადი გამოყოფა არის ადამიანების დაზიანებების, პროფესიული დაავადებებისა და დაღუპვების რიცხვის გაზრდის მიზეზი. ანტროპოგენულ საქმიანობას შედეგად მოჰყვა ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება.

სამრეწველო საწარმოების, ქიმიური და მეტალურგიული საწარმოების, სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობის გაზრდა, სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და მისთ. კიდევ უფრო ძლიერ აბინძურებს ატმოსფეროს.

ადამიანებზე ზემოქმედი ნეგატიური ფაქტორები იყოფა ბუნებრივ და ანტროპოგენულ (ადამიანის საქმიანობით გამოწვეულ) ფაქტორებად. მაგალითად, მტვერი ჰაერში ჩნდება ვულკანების ამოფრქვევის, ნიადაგის ქარული ეროზიის შედეგად. ამავე დროს უამრავი ნაწილაკი გამოიფრქვევა სამრეწველო საწარმოების მიერ.

მოქმედების ბუნების მიხედვით მავნე და საშიში ფაქტორები იყოფა ფიზიკურ, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და ფსიქოფიზიკურ ფაქტორებად.

ბუნებრივ გარემოსთან დაკავშირებით ცნებას “დაბინძურება” უფრო ფართო მნიშვნელობა აქვს, ვიდრე ყოფაცხოვრებაში. დაბინძურებას უწოდებენ არამარტო მყარ, თხევად და აირად ნივთიერებებს, არამედ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, სითბოს, ხმაურს და ა.შ. ქალაქის ეკოსისტემებში ბუნებისათვის განსაკუთრებით საშიშია სამრეწველო დაბინძურება.

უკანასკნელ წლებში გარემოს ანთროპოგენული დაბინძურების დონემ დასაშვებს გადააჭარბა და გასაკუთრებულად საშიშ ნიშნულს მიაღწია. ამკარა

ხდება ბუნებრივი რესურსების გამოფიტვის, ბიოსფეროს შეუქცევადი დაბინძურების და ცვლილების, გარემოში ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევის საშიშროება.

ბუნებრივი გარემო იცვლება, დეგრადირდება როგორც ადამიანის ანთროპოგენული საქმიანობის, ისე ბუნებრივი ფაქტორების (მაგალითად, ვულკანის ამოფრქვევის) მოქმედების შედეგად. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ბუნებრივი გარემო განსაკუთრებით სწრაფად დეგრადირდება ადამიანის საქმიანობის შედეგად. ბუნებრივი სფეროს მდგომარეობაზე გავლენას ახდენს ნებისმიერი ცვლილება ბუნებრივ გარემოში.

ბიოსფეროში ყველა პროცესი ურთიერთკავშირშია. კაცობრიობა ბიოსფეროს უმნიშვნელო ნაწილია, ხოლო ადამიანი – ორგანული სიცოცხლის ერთ-ერთი სახე – Homo sapiens (გონიერი ადამიანი). გონებამ გამოყო ადამიანი ცოცხალი სამყაროდან და მისცა მას უზარმაზარი ძალა. ადამიანი საუკუნეების მანძილზე ცდილობდა კი არ შეგუებოდა ბუნებას, არამედ გარდაექმნა ისე, რომ ბუნება გაეხადა მისი არსებობისათვის მოხერხებულად. მაგრამ დღეისათვის ადამიანებმა გააცნობიერეს, რომ ადამიანის ნებისმიერი საქმიანობა ნეგატიურ გავლენას ახდენს გარემოზე, ხოლო ბიოსფეროს მდგომარეობის გაუარესება საფრთხეს უქმნის ყოველ ცოცხალ არსებას, მათ შორის ადამიანს. ადამიანის, მისი გარემო სამყაროსთან ურთიერთდამოკიდებულების შესწავლით კაცობრიობა მივიდა დასკვნამდე, რომ ჯანმრთელობა არის არამარტო ავადმყოფობის გარეშე ცხოვრება, არამედ მისი ფიზიკური, ფსიქიკური და სოციალური კეთილდღეობა. ჯანმრთელობა არის კაპიტალი, რომელსაც დაბადებისას უბოძებს არამარტო ბუნება, არამედ ის გარემო პირობებიც, რომელშიც ის ცხოვრობს.

კაცობრიობა თავისი განვითარების შედეგად, გადაიქცა ძლიერ გარდამქმნელ ძალად, რომელიც უფრო სწრაფად ვლინდება, ვიდრე ბიოსფეროს ბუნებრივი ევოლუციის მსვლელობა, და აქვს “მეორე ბუნების” – ტექნოსფეროს შექმნის უნარი. თანამედროვე წარმოება ხშირად არღვევს ბუნებრივი სისტემის ნორმალურ ფუნქციონირებას. ბიოსფეროში ადამიანის სამეურნეო შეჭრამ მკვეთრად დაარღვია ბუნებრივი ჰარმონია. თანამედროვე ხელოვნური მასალები და სამრეწველო ნარჩენების მთები უარყოფითად მოქმედებს გარემოზე. შეაღწევინ რა ყველგან, ეს ნივთიერებები იწვევს წყლის, ჰაერისა და ნიადაგის სამრეწველო დაბინძურებას და არღვევს ბუნების ეკოლოგიურ წონასწორობას. რის შედეგადაც შეიქმნა

თავისებური ბიოსოციალური არითმია –ადამიანის ცხოვრების ბუნებრივი და სოციალური რითმების შეუთანხმებლობა. დღეს შექმნილ სიტუაციაში ძალიან მნიშვნელოვანია ჯანმრთელობის შენარჩუნება, მაშინ როდესაც ცივილიზაციის სიკეთეებთან ერთად ადამიანს თავს დაატყდა გარემოს სხვადასხვა სახის დაბინძურება და სულ უფრო მოწყვეტა ბუნებიდან.

ჯანმრთელობა ადამიანის პრიორიტეტული ფასეულობაა და მხოლოდ კარგი ჯანმრთელობა უზრუნველყოფს ჯანმრთელი ცხოვრების წესს და მომავალი თაობის ჯანმრთელობას.

თბური და ელექტრული ენერჯის ტექნოგენური წყაროების გაჩენამ, ბირთვული ენერჯის გამონთავისუფლებამ, ნავთობისა და გაზის საბადოების ათვისებამ წარმოქმნა ადამიანზე და გარემოზე სხვადასხვა ნეგატიური ზემოქმედების საშიშროება. ტექნოგენური ნეგატიური ზემოქმედების ენერგეტიკული დონე იზრდება და ტექნოგენურ გარემოში ენერჯის არაკონტროლირებადი გამოყოფა არის ადამიანების დაზიანებების, პროფესიული დაავადებებისა და დაღუპვების რიცხვის გაზრდის მიზეზი. ანტროპოგენულ საქმიანობას შედეგად მოჰყვა ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება.

სამრეწველო საწარმოების, ქიმიური და მეტალურგიული საწარმოების, სხვადასხვა სატრანსპორტო საშუალებების რაოდენობის გაზრდა, სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია და მისთ. კიდევ უფრო ძლიერ აბინძურებს ატმოსფეროს.

საწარმოთა მუშაობა და სხვადასხვა ტექნოლოგიების რეალიზაცია მატერიალური ნარჩენების გარდა დაკავშირებულია გარემოში სხვადასხვა სახის ენერჯის ნაკადების გამოყოფით.

ადამიანებზე ზემოქმედი ნეგატიური ფაქტორები იყოფა ბუნებრივ და ანტროპოგენულ (ადამიანის საქმიანობით გამოწვეულ) ფაქტორებად. მაგალითად, მტვერი ჰაერში ჩნდება ვულკანების ამოფრქვევის, ნიადაგის ქარული ეროზიის შედეგად. ამავე დროს უამრავი ნაწილაკი გამოიფრქვევა სამრეწველო საწარმოების მიერ.

მოქმედების ბუნების მიხედვით მაგნე და საშიში ფაქტორები იყოფა ფიზიკურ, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და ფსიქოფიზიკურ ფაქტორებად.

ტერიტორიულ-ტექნოლოგიური პრობლემები მოიცავს როგორც ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროს ადგილმდებარეობის საკითხებს, ისე მთელი რიგი

უარყოფითი ეფექტების შემცირების ან თავიდან აცილების საკითხებს. ტექნიკური ცოდნისა და მრეწველობის განვითარების დონის ზრდის პარალელურად სულ უფრო ინტენსიური ხდება ატმოსფეროს დაბინძურების შემცირების ოპტიმალური გადაწყვეტების ძებნა, შემუშავებულია ატმოსფეროს დაცვის მთელი რიგი სპეციალური ღონისძიებები.

### **1.7. გარემოს ანთროპოგენული დაბინძურება**

ანთროპოგენული ზემოქმედების ერთ-ერთი სახეა ანთროპოგენული დაბინძურება. დაბინძურება საერთოდ – ესაა ჩვენი გარემოს არახელსაყრელი ცვლილება, რომელიც სრულად ან ძირითადად წარმოადგენს ადამიანის საქმიანობის თანაურ რეზულტატს. დაბინძურებას, რომელიც დაკავშირებულია ადამიანის საქმიანობასთან, ეწოდება ანთროპოგენული დაბინძურება. ანთროპოგენული დაბინძურება – ესაა ნივთიერება და ენერჯია, რომელიც ან საერთოდ არაა დამახასიათებელი ბიოსფეროსათვის, ან არაა დამახასიათებელი მათი კონცენტრაცია და ინტენსივობა. ენერჯიის სახით გარემო ბინძურდება სითბოთი, მაიონიზირებელი გამოსხივებით, ელექტრომაგნიტური ველებით, სინათლის ენერჯიით (მათ შორის ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი გამოსხივებით), აკუსტიკური ხმაურით, ვიბრაციით, ულტრაბგერით, ინფრაბგერით. ეკოლოგიის თვალსაზრისით ელექტრომაგნიტური გამოსხივება გარემოს ენერგეტიკული დაბინძურების ერთ-ერთი სახეა. ენერგეტიკული დაბინძურება (თბური და რადიაციულის გარდა) არ კუმულირდება ბუნებაში, არამედ გავლენას ახდენს ბიოსფეროზე მხოლოდწარმოების პროცესში. აკუმულირებადი დაბინძურება – არის მავნე ნივთიერებები და ენერჯიის ზოგიერთი სახე, რომელიც კუმულირდება გარემოში და ცოცხალ ორგანიზმებში.

## **თავი 2**

### **2.1. დედამიწის სფეროები**

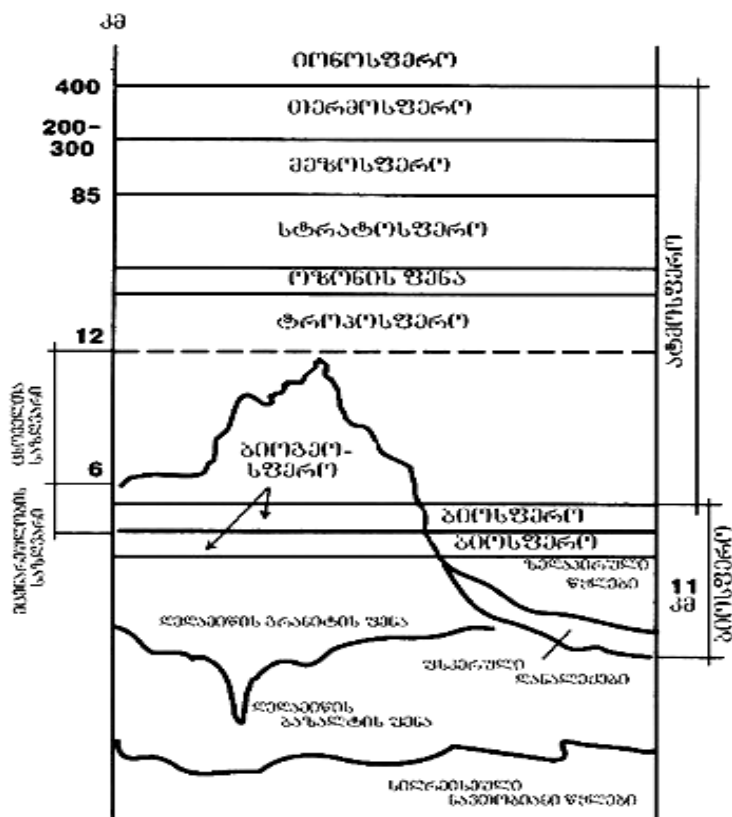
დედამიწის სფეროებია: ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, ბიოსფერო.

დედამიწის ყველა სფერო უნდა ფუნქციონირებდეს როგორც ერთიანი, ურთიერთდაკავშირებული სისტემა.

ბუნებრივ გარემოში ნებისმიერი საქმიანობა: წარმოება, მდინარის მიმართულების შეცვლა, ჰიდროკვანძებისა და ახალი წყალსატევების მოწყობა და ა.შ.– გავლენას ახდენს ბუნებრივი სფეროს მდგომარეობაზე და , შესაბამისად,

ადამიანებზე. მაგალითად, საწარმოების, ენერგეტიკის, ტრანსპორტის, ყოფა-ცხოვრების წყალობით საჰაერო გარემოში ნახშირბადის დიოქსიდის შემცველობის გაზრდა იწვევს სათბურის ეფექტს, შემდგომში ტემპერატურის მატებას, ყინულების დნობას, მოსავლიანი მიწების განადგურებას, ადამიანის სიცოცხლისათვის საჭირო პროდუქციის წარმოების შემცირებას და ადამიანის ცხოვრების დონის დაცემას, ყოველივე ამან კაცობრიობა შეიძლება მიიყვანოს საკვები პროდუქტების უმარისობამდე, შიმშილობამდე და ადამიანების დაღუპვამდე.

ნახ.1-ზე სქემატურადაა წარმოდგენილი ლითოსფეროსა და ატმოსფეროს აგებულება.



ნახ. 1. ლითოსფეროსა და ატმოსფეროს აგებულება

**2.2. ტექნოსფერო**

ტექნოსფერო არის ადამიანის მიერ ცხოვრების სხვადასხვა სფეროში (მრეწველობა, ენერგეტიკა, ნარჩენების გადამუშავება და ა.შ.) საქმიანობის შედეგად

ძირეულად შეცვლილი ბიოსფეროს ნაწილი. ტექნოსფერო მოიცავს დედამიწის სამივე სფეროს– ლითოსფეროს, ატმოსფეროს და ჰიდროსფეროს.

ბუნებრივ გარემოში ნებისმიერი ცვლილება: წარმოება, მდინარის მიმართულების შეცვლა, ჰიდროკვანძებისა და ახალი წყალსატევების მოწყობა და ა.შ. – გავლენას ახდენს ბუნებრივი სფეროს მდგომარეობაზე და , შესაბამისად, ადამიანებზე. მაგალითად, საწარმოების, ენერგეტიკის, ტრანსპორტის, ყოფა-ცხოვრების წყალობით საჰაერო გარემოში ნახშირბადის დიოქსიდის შემცველობის გაზრდა იწვევს სათბურის ეფექტს, შემდგომში ტემპერატურის მატებას, ყინულების დნობას, მოსავლიანი მიწების განადგურებას, ადამიანის სიცოცხლისათვის საჭირო პროდუქციის წარმოების შემცირებას და ადამიანის ცხოვრების დონის დაცემას, ყოველივე ამან კაცობრიობა შეიძლება მიიყვანოს საკვები პროდუქტების უკმარისობამდე, შიმშილობამდე და ადამიანების დაღუპვამდე.

### **2.3. ტექნოსფეროს ნეგატიური ფაქტორები.**

#### **ნეგატიური ფაქტორების წარმოქმნის მიზეზები**

ადამიანზე და ბუნებრივ გარემოზე ტექნოსფეროს ნეგატიური ფაქტორების წარმოქმნის მიზეზებია:

- ტექნოსფეროში მრეწველობის, ენერგეტიკის, სატრანსპორტო საშუალებების, სასოფლო-სამეურნეო წარმოების და ყოფაცხოვრების სფეროს ნარჩენების მუდმივი გამოყოფა;
- მაღალი ენერგეტიკული მახასიათებლების მქონე, სამრეწველო ობიექტების და ტექნიკური სისტემების (სატრანსპორტო საშუალებების, ენერგოდანადგარების, მაღალი წნევის ქვეშ მომუშავე ჰერმეტიკული სისტემების, მოძრავი მექანიზმების და მისთ.) ექსპლუატაცია;
- სამუშაოთა ჩატარება განსაკუთრებულ პირობებში (სამუშაოები სიმაღლეზე, შახტებში, ტვირთის გადაადგილება, სამუშაოები ჩაკეტილ სივრცეში და მისთ.);
- სპონტანური ტექნოლოგიური ავარიები ტრანსპორტზე, ენერგეტიკის ობიექტებზე, მრეწველობაში, აგრეთვე ფეთქებადი და ადილადაალებადი ნივთიერებების შენახვისას და მისთ;

- ტექნიკური სისტემების ოპერატორების და მოსახლეობის არასანქცირებული და მცდარი ქმედებები; მეწყერისა და ღვარცოფის ზონები და სხვა).

ადამიანისათვის არახელსაყრელი გარემო ფაქტორებია ატმოსფეროსა და წყლის დაბინძურება, ფიზიკური დაბინძურება (ხმაური, ელექტრომაგნიტური, თბური, რადიაციული, ვიდეოდაბინძურება), ნიადაგის ზედაპირის დაბინძურება საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნარჩენებით.

ნორმატივების თანახმად მიწისზედა ფენაში თითოეული მავნე ნივთიერების კონცენტრაცია არ უნდა აღემატებოდეს მაქსიმალურ ერთჯერად ზღვრულ კონცენტრაციას, როდესაც ექსპოზიცია არ აღემატება 30 წუთს, და თუ ექსპოზიცია 30 წუთს აღემატება, მაშინ არ უნდა აღემატებოდეს საშუალო დღეღამურ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას.

ატმოსფერულ ჰაერში ერთდროულად რამდენიმე ერთნაირი მოქმედების მავნე ნივთიერების არსებობის შემთხვევაში მათი კონცენტრაციები უნდა აკმაყოფილებდეს პირობას: იმ კოეფიციენტების ჯამი, რომელიც მიიღება თითოეული ნივთიერების არსებული (ფაქტიური) კონცენტრაციის ფარდობით ამავე ნივთიერების ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციასთან, არ უნდა აღემატებოდეს ერთს.

დაბინძურების წყაროდან ატმოსფერულ ჰაერში ნივთიერების ზღვრული დასაშვები გამონაბოლქვის განსაზღვრისას მის ნორმატიულ სიდიდეს უნდა გამოვაკლოთ ამ ნივთიერების კონცენტრაციის ფონური მნიშვნელობა. გარემოში დაბინძურების წყაროების მიერ ზღვრული დასაშვები გამონაბოლქვები და ენერგიების ზღვრული დასაშვები გამოსხივება წარმოადგენს გარემოზე ზემოქმედების წყაროს ეკოლოგიურობის კრიტერიუმებს. ამ კრიტერიუმების დაცვა განაპირობებს სასიცოცხლო სივრცის უსაფრთხოების გარანტიას.

#### **2.4. საწარმოების მიერ გარემოს დაბინძურება**

ატმოსფერო განიცდის ძლიერ ანთროპოგენულ ზემოქმედებას, რომელიც დამღუპველია ბუნებრივი გარემოსათვის – არსებობს ატმოსფეროს ჟანგბადის წონასწორობის დარღვევის საშიშროება. მაგალითად, 1 კგ ქვანახშირის, მაზუთის ან 1 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის დაწვისას 11 მ<sup>3</sup> ჰაერი იხარჯება, ხოლო თანამედროვე რეაქტიული თვითმფრინავი ევროპიდან ამერიკაში გადაფრენისას იმდენ ჟანგბადს მოიხმარს, რამდენსაც მთელი დღის განმავლობაში 10 ათასი ჰა ტყე წარმოქმნის.

ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად საჰაერო გარემო შეიცავს: მეთანს, ნახშირბადის, გოგირდისა და აზოტის ოქსიდებს, წყალბადს, ოზონს, მტვერს, ჭვარტლს და ა.შ.

შავი და ფერადი მეტალურგიის, ქიმიური, მანქანათმშენებლობის ძირითად და დამხმარე საწარმოებში წარმოიქმნება დიდი რაოდენობით საწარმოო გამონაბოლქვები - წარმავალი აირები და ჩამდინარე წყლები. ატმოსფეროში საერთო მანვნი გამონაბოლქვების უდიდესი ნაწილი მოდის შავი და ფერადი მეტალურგიის, ქიმიური, მანქანათმშენებლობის საწარმოებისა და ენერგეტიკული ობიექტების წილზე.

ქიმიური და მეტალურგიული აგრეგატების მუშაობა მეტწილიდ დაკავშირებულია მტვერისა და სხვადასხვა აირადი კომპონენტების შემცველი აირების გამოყოფასთან, რომლებიც მანვნიდ მოქმედებენ ადამიანის ორგანიზმზე. ამ აირების ნაწილი პირდაპირ გამოიბოლქვება ატმოსფეროში, ნაწილი კი გამოიყენება ქიმიური გარდაქმნებისათვის ან სათბობად. ყველა შემთხვევაში აირი უნდა გაიწმინდოს მტვერისაგან, ხოლო ზოგჯერ აირადი მინარევებისგანაც.

ატმოსფეროში მტვერის გამობოლქვის შემცირების ღონისძიებების შემდგომ განვითარებას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ევროკავშირის მოთხოვნები.

მოწინავე განვითარებულ ქვეყნებში გარემოში შეტივტივებული მტვერის გამობოლქვა ძირითადად რეგისტრირდება ავტომატური რადიომეტრული მეთოდით. ტექნიკის თანამედროვე დონეზე მტვერის გამონაბოლქვების შემცირება შესაძლებელია პირველ რიგში წარმავალი აირების დამჭერი დანადგარების სრულყოფით და ენერჯის გამოყენების შემდგომი ოპტიმიზაციით.

მტვერის ძირითადი წყაროა ენერგეტიკული დანადგარები და ფოლადსადნობი აგრეგატები, რომლებიც ჟანგბადს იყენებენ. სააგლომერაციო ფაბრიკები მტვერითა და გოგირდოვანი ნაერთებით აბინძურებენ გარემოს. ატმოსფეროს დაბინძურების ყველაზე გავრცელებული მიზეზია სათბობის წვისას კვამლის წარმოქმნა. კვამლი აეროდისპერსიული სისტემაა, რომელშიც მტვერის ნაწილაკები (ნაცარი და მური) დისპერსიულ ფაზას შეადგენს, ხოლო აირები (აზოტი, ნახშირბადის ოქსიდი, ნახშირბადის დიოქსიდი, გოგირდოვანი აირი, გოგირდის ანჰიდრიდი და სხვ.) - დისპერსიულ გარემოს. ასეთი დაბინძურების წყაროა მაგალითად, გამახურებელი ღუმელი.



ყველაზე უხვი მტვრის გამონაბოლქვი მოდის სააგლომერაციო, ფოლადსადნობ და ცეცხლმედვე წარმოებაზე, სამშენებლო მასალების წარმოებაზე. გარდა ამისა, ზოგიერთი წარმოების გამონაბოლქვები განსაკუთრებით ტოქსიკურ ნივთიერებებს შეიცავს, რომლებიც ლოკალურ საშიშროებას წარმოადგენს და საჭიროებს სრულად ან თითქმის სრულად გაუვნებლებას. მაგალითად, ფეროშენადნობთა ცალკეული სახეობის წარმოებისას ატმოსფეროში გაიტყორცნება ფთორი, ქლორი, დარიშხანი, ექსვალენტიანი ქრომი, მანგანუმი და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებები.

კოქსქიმიური წარმოება ნახშირწყალბადებით, მათ შორის კანცეროგენებით (მაგალითად, ბენზ-აღფა -პირენით ) ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების მნიშვნელოვანი წყაროა. ბენზ-აღფა-პირენი გამოიყოფა აგრეთვე ფოლადის ჩასხმისას ბოყვებში - იმ ნივთიერებათა დაშლის შედეგად, რომლითაც წინასწარ არის დამუშავებული ბოყვის შიგა ზედაპირი. მარტენის საამქროს სიახლოვეს ატმოსფეროს ქვედა ფენებში ბენზ-აღფა- პირენის კონცენტრაცია ზოგჯერ დასაშვებ ნორმას აღემატება, რაც დიდ ეკოლოგიურ საფრთხეს წარმოადგენს.

გამობოლქვილ მტვერს საწყისი მასალის შესაბამისი ქიმიური შემადგენლობა აქვს. ფოლადსადნობი აგრეგატების მტვერი შეიცავს რკინის და სხვა ლითონების ოქსიდებს, რომლებიც მას შემდგომი გამოყენებისთვის სასარგებლოს ხდის.

ფერადი მეტალურგიის ტექნოლოგიური პროცესების დროს წარმოქმნილი მტვერი შეიცავს იმ ლითონს, რომელსაც ადნობენ და თანაურ ლითონებსაც - რკინას, სტიბიუმს, კადმიუმს, თუთიას, ტყვიას, დარიშხანს, ტელურს, ბისმუტს, ვერცხლს და სხვ. ასე, მაგალითად, 1 ტ პირველად სპილენძზე წარმოიქმნება 2 ტ-ზე მეტი მტვერი და 8 ტ-ზე მეტი გოგირდი. ამიტომ აუცილებელია მტვერიდან ყველა ლითონის ამოწვრილვა.

მტვრის გარდა წარმავალი აირები მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავენ გოგირდოვან აირებს, ალუმინის წარმოებაში - HF, SiCl<sub>4</sub>, მაგნიუმის წარმოებაში -Cl<sub>2</sub>, HCl, TiCl<sub>4</sub>, Be, ფთორნაერთებს და სხვა აირებს, რომლებიც საწამლავეს წარმოადგენენ.

ატმოსფეროში მოხვედრილი მტვრის 60%, ხოლო ნახშირბადის ოქსიდისა და ნახშირწყალბადების ნახევარი მოდის არაორგანიზებულ გამონაბოლქვებზე. არაორგანიზებული ეწოდება ისეთ გამონაბოლქვებს, რომელიც არ ხვდება

აირდაჭერის ძირითად (ტექნოლოგიურ) სისტემაში ან გამოიყოფა დამხმარე ან მომიჯნავე ოპერაციების დროს. არაორგანიზებული გამონაბოლქვების წყაროებია:

1. ამტვერებადი მასალების დაწვრილმანების, სორტირების, ტრანსპორტირებისა და საწყობში მოთავსების, აგრეთვე რემონტის უბნები. ამ უბნებზე წარმოქმნილი მტვერი მექანიკურია, შედარებით მსხვილი;

2. აპარატების ტექნოლოგიური ღიობები - ამ შემთხვევაში მტვერთან ერთად გამოიყოფა მავნე აირადი ნივთიერებები ნახშირბადის, აზოტის, გოგირდის ოქსიდები/;

3. არაჰერმეტიული წყობა, შემოღობვა და არმატურა. ამ შემთხვევაშიც ადგილი აქვს ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებას, როგორც მტვერით, ისე მავნე აირებით.

ორგანიზებული ტექნოლოგიური გამონაბოლქვების რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება არაორგანიზებული გამონაბოლქვების რაოდენობას.

ქიმიური წარმოება, მანქანათმშენებლობა და მეტალურგია წყლის ერთ-ერთი მსხვილი მომხმარებელია. წყალი მოიხმარება და ჩამდინარე წყლები წარმოიქმნება ისეთი ოპერაციების დროს როგორცაა: მადნის გამდიდრება; ტექნოლოგიური აირებისა და ასპირაციული ჰაერის გაწმენდა; მტვრის, ნაცრის და სხვა მასალების ჰიდროტრანსპორტირება; წიდის გრანულაცია; თუჯის ჩამოსხმა; ტექნოლოგიური აგრეგატების, ლითონის ნაგლინის გაცივება და ა.შ.

ჩამდინარე წყლების 60-70% მიეკუთვნება ე.წ. “პირობით სუფთა” ჩამონადენს, რომლის ტემპერატურა წყალსატევების წყლის ტემპერატურასთან შედარებით მაღალია. ჩამდინარე წყლების დანარჩენი 30-40% დაბინძურებულია სხვადასხვა მავნე მინარევით.

ნიადაგის დაბინძურებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მყარი ნარჩენები, რომელთა დასაყრელად საკმაოდ დიდი ფართობია საჭირო. დიდი რაოდენობით მყარ მასალას შეიცავს გამწმენდი მოწყობილობის სალექარის და სხვადასხვა საამქროს შლამი.

გარემოს სანიტარიული შეფასება ხდება მავნე ნივთიერებების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციებისა და ზღვრული დასაშვები გამონაბოლქვების მიხედვით. საერთოტოქსიკური მოქმედების მტვრისა და აირებისათვის დადგენილია მაქსიმალური საშუალოდღეღამური კონცენტრაცია, ხოლო ლორწოვანი გარსის გამაღიზიანებელი მოქმედების მქონე მტვრისა და აირისათვის - მაქსიმალური ერთჯერადი კონცენტრაცია. იმის გამო, რომ მეტწილ მტვერსა და აირს კომბინირებული

მოქმედება ახასიათებს, მათთვის დადგენილია როგორც ერთჯერადი, ისე საშუალო დღე-ღამური კონცენტრაციები.

## **2.5. ნარჩენები - ტექნოსფეროს ნეგატიური ფაქტორების წყაროები**

ტექნოგენურ და ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე ნებისმიერ პროცესს თან ახლავს მატერიალური და ენერგეტიკული ნაკადების სახით ნარჩენების წარმოქმნა. ნებისმიერ სამეურნეო ციკლში წარმოიქმნება ნარჩენები და გვერდითი (თანაური) ეფექტები. მათი თავიდან აშორება შეუძლებელია, მაგრამ შეიძლება მათი ერთი ფიზიკურ-ქიმიური ფორმიდან მეორეში გადაყვანა ან სივრცეში გადაადგილება.

ნარჩენები ახლავს ნებისმიერი საწარმოს ( სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო და მისთ.) მუშაობას. ნარჩენები გამოიყოფა გარემოში: გამონაბოლქვების სახით ატმოსფეროში, ჩამდინარე წყლების სახით წყალსატევებში, მყარი სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების სახით მიწის ზედაპირზე.

საწარმოთა მუშაობა და სხვადასხვა ტექნოლოგიების რეალიზაცია მატერიალური ნარჩენების გარდა დაკავშირებულია გარემოში სხვადასხვა სახის ენერჯის ნაკადების: მექანიკური ( ხმაური, ვიბრაცია), თბური, ელექტრომაგნიტური და მისთ., გამოყოფით.

ნარჩენები გამოიყოფა ტექნოსფეროს ყველა შემადგენელ ელემენტში: საწარმოო სათავსების მუშა და სხვა სახის ზონებში, სამრეწველო მოედნებზე, ქალაქში და საცხოვრებელ სათავსებში.

ნარჩენები აბინძურებენ გარემოს და წარმოქმნიან გარემოში საშიშ ზონებს, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ტოქსიკურ ნივთიერებათა მაღალი კონცენტრაციები და/ან ენერგეტიკული ზემოქმედების ამაღლებული დონეები.

## **2.6. მყარი ნარჩენები**

მყარი ნარჩენები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნიადაგის დაბინძურებაზე, რამდენადაც მათ დასაყრელად საკმაოდ დიდი ფართობია საჭირო. მეტალურგიაში მყარი ნარჩენები წარმოიქმნება წარმოების პროცესში წიდის, ნაცრის, შლამის, ხენჯის, ნალექის და მტვრის (ჰაერის გაწმენდის სისტემის ნარჩენები) სახით.

ნარჩენების მნიშვნელოვანი ნაწილი მოდის რკინაშემცველ მტკერსა და შლამზე, რომლებიც შესაბამისი მომზადების შემდეგ შეიძლება დაბრუნდეს

მეტალურგიაში გადასამუშავებლად. დიდი რაოდენობით მყარ მასალას შეიცავს გამწმენდი მოწყობილობის სალექარის და საგლინავი საამქროს შლამი.

გაუვნებლობისა და შრობის შემდეგ შლამი სააგლომერაციო კაზმის დანამატად გამოიყენება ან მიდის ნაყარზე. თერმული, სამსხმელო და სხვა საამქროთა შლამები შეიცავენ ტოქსიკურ მინარევებს: ტყვიას, ქრომს, სპილენძს, თუთიას, ციანიდებს, ქლოროფოსს და სხვ.

მეტალურგიაში ყოველ 1 ტ ფოლადზე 0,4 ტ მყარი ნარჩენი წარმოიქმნება. მხოლოდ შავი მეტალურგიის საწარმოებში ყოველწლიურად 75 მლნ ტონა ბრძმედული და ფოლადსადნობი წიდა მიიღება. მეტალურგიურ წარმოებაში მიღებული წიდიდან ძირითადად ბრძმედის წიდის გადამუშავება ხდება, რომლისგანაც მიიღება გრანულირებული წიდა, ღორღი, პემზა, წიდაბამბა და სხვა პროდუქტები, რომლებიც ძირითადად მშენებლობაში გამოიყენება. ბევრი მეტალურგიული ქარხანა წიდური ნაყარის გარეშე მუშაობს.

გარემოს სანიტარიული შეფასება ხდება მავნე ნივთიერებების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციებისა და ზღვრული დასაშვები გამონაბოლქვების მიხედვით. საერთოტოქსიკური მოქმედების მტვრისა და აირებისათვის დადგენილია მაქსიმალური საშუალოდღეღამური კონცენტრაცია, ხოლო ღორწოვანი გარსის გამადიზიანებელი მოქმედების მქონე მტვრისა და აირისათვის – მაქსიმალური ერთჯერადი კონცენტრაცია. იმის გამო, რომ მეტწილ მტვერსა და აირს კომბინირებული მოქმედება ახასიათებს, მათთვის მოყვანილია როგორც ერთჯერადი, ისე საშუალო დღეღამური კონცენტრაციები საწარმოთა მუშაობა და სხვადასხვა ტექნოლოგიების რეალიზაცია მატერიალური ნარჩენების გარდა დაკავშირებულია გარემოში სხვადასხვა სახის ენერჯის ნაკადების: მექანიკური (ხმაური, ვიბრაცია), თბური, ელექტრომაგნიტური და მისთ., გამოყოფით.

ნარჩენები გამოიყოფა ტექნოსფეროს ყველა შემადგენელ ელემენტში: საწარმოო სათავსების მუშა და სხვა სახის ზონებში, სამრეწველო მოედნებზე, ქალაქში და საცხოვრებელ სათავსებში. ნარჩენები აბინძურებენ გარემოს და წარმოქმნიან გარემოში საშიშ ზონებს, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ტოქსიკურ ნივთიერებათა მაღალი კონცენტრაციები და/ან ენერგეტიკული ზემოქმედების ამაღლებული დონეები.

ნარჩენები აბინძურებენ გარემოს და წარმოქმნიან გარემოში საშიშ ზონებს, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ტოქსიკურ ნივთიერებათა მაღალი კონცენტრაციები და/ან ენერგეტიკული ზემოქმედების ამაღლებული დონეები.

თანამედროვე სამრეწველო წარმოება გარემოზე ახდენს მრავალმხრივ, ხშირად ნეგატიურ, ზემოქმედებას (გარემოს დაბინძურება ტოქსიკური ნივთიერებებით, რესურსების გამოფიტვა, ბუნებრივი ლანდშაფტების ცვლილება და ტექნოგენური ლანდშაფტების წარმოქმნა).

გარემოსთვის საწარმოთა მავნე მყარი ნარჩენები უნდა გადაიზიდოს მყარი ნარჩენების პოლიგონებზე. გარემოზე მავნე მყარი ნარჩენების ზემოქმედების მახასიათებელია ამ ნივთიერებათა ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ).

ატმოსფეროში დამბინძურებელი ნივთიერების კონცენტრაციების ნორმირებისათვის გამოიყენება მაღლიმიტირებელი მაჩვენებლის პრინციპი, რომლის თანახმადაც ნორმირება ხდება ყველაზე მგრძობიარე მაჩვენებლის მიხედვით. მაგალითად, თუ ნივთიერების სუნი შეიგრძნობა ისეთი კონცენტრაციის დროს, რომელიც მავნე გავლენას არ ახდენს არც ადამიანზე და არც გარემოზე, მაშინ ნორმირება ხდება ყნოსვითი შეგრძნების ზღვარის გათვალისწინებით. ხოლო თუ ნივთიერება გარემოს ობიექტებზე (ცხოველებზე ან მცენარეებზე) მავნე ზემოქმედებას ახდენს უფრო მცირე კონცენტრაციების დროს, ვიდრე ადამიანის ორგანიზმზე, მაშინ ნორმირება ხდება ბუნების ობიექტებზე ნივთიერების მოქმედებიდან გამომდინარე. ამჟამად დასახლებული პუნქტების ჰაერის დაბინძურების შესაფასებლად გამოიყენება ორი ნორმატივი:

1. – ერთჯერადი ანუ მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ მაქს.ერთჯ.);
2. – საშუალო დღე-ღამური კონცენტრაცია (ზდკსაშ.დღ.).

მაქსიმალური ერთჯერადი ზდკ დადგენილია ადამიანებში რეფლექტორული რეაქციების (სუნის შეგრძნება, თავის ტვინის აქტივობის ბიოელექტრული ცვლილება, სინათლეზე თვალის მგრძობიარეობის ცვლილება და სხვ.) გაფრთხილების მიზნით ატმოსფერული დაბინძურების ხანმოკლე ზემოქმედების (20წთ-მდე) დროს, ხოლო საშუალო დღე-ღამური – მათი ტოქსიკური ზემოქმედების (საერთოტოქსიკური, კანცეროგენული, მუტაგენური და სხვ.) გაფრთხილების მიზნით.

მაქსიმალური ერთჯერადი ზღკ-ისსიდიდის დადგენა ხდება ადამიანებზე ექსპერიმენტების შედეგად, ხანმოკლედ (5-დან 20 წთ-მდე) ჰაერის ჩასუნთქვით შესასწავლი ნივთიერების მცირე კონცენტრაციის შემცველობისას. ჰაერში ამ ნივთიერებათა შემცველობა ადამიანისათვის უსაფრთხოა.

ატმოსფეროში დამაბინძურებელი ნივთიერების ზღვრული დასაშვები შემცველობის კრიტერიუმად, უპირველეს ყოვლისა, მიღებულია სუნის არსებობა.

მინიმალური შესაგრძნობი კონცენტრაცია განსაკუთრებულად მგრძნობიარე ადამიანებისათვის მიიღება ყნოსვითი შეგრძნების მიხედვით ზღვრულ კონცენტრაციად.

ზღვრული კონცენტრაციის დადგენის შემდეგ იწყება რეფლექტორული რეაქციების მიხედვით ზღვრული და ქვეზღვრული კონცენტრაციის დადგენა.

საშუალო დღეღამური ზღკ-ის დასადგენად ატარებენ ტოქსიკოლოგიურ ექსპერიმენტებს ცხოველებზე, რის შემდეგაც ექსპერიმენტი გადააქვთ ადამიანებზე. დასახლებული პუნქტების ჰაერში ნივთიერების ზღკ-სთან ერთად ხდება ზღკ-ის დადგენა სამუშაო ზონისათვის.

ნარჩენების საშიშროების ხარისხი დამოკიდებულია არამარტო საშიშროების კლასზე და ნარჩენებში ტოქსიკური ნივთიერების კონცენტრაციაზე, არამედ მყარი ნარჩენებიდან ჰაერში და წყალში მოხვედრისას გარემოში მათი მიგრირების უნარზე. გარემოსთვის საშიშროების რომელიმე კლასისთვის ნარჩენების მიკუთვნება ხდება მაჩვენებლის მიხედვით, რომელიც ახასიათებს მისი შემადგენელი კომპონენტების გარემოსთვის საშიშროებას.

ნარჩენების კომპონენტების ჩამონათვალი და მათი რაოდენობრივი შემადგენლობა დგინდება საწყისი ნედლეულის შემადგენლობისა და მათი გადამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის ან რაოდენობრივი ქიმიური ანალიზის შედეგების მიხედვით.

ნარჩენების კომპონენტები, რომლებიც შედგება ისეთი ქიმიური ელემენტებისაგან, როგორცაა ჟანგბადი, აზოტი, ნახშირბადი, ფოსფორი, გოგირდი, სილიციუმი, ალუმინი, რკინა, ნატრიუმი, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი, ტიტანი და სხვ, ისეთი კონცენტრაციით, რომელიც არ აღემატება ნიადაგის ძირითად ტიპებში მათ შემცველობას, მიეკუთვნება პრაქტიკულად არაასაშიშ კომპონენტებს.

საშიშროების I კლასი – განსაკუთრებით საშიში – მაღალი ეკოლოგიური სისტემა ძლიერადაა დაზიანებული. აღდგენის პერიოდი არანაკლებ 30 წელი დაზიანების წყაროს სრულად მოცილების შემთხვევაში;

საშიშროების II კლასი – ძლიერ საშიში – დაზიანებულია საშუალო ეკოლოგიური სისტემა. აღდგენის პერიოდი არის არანაკლებ 10 წელი დაზიანების არსებული წყაროდან მავნე ზემოქმედების შემცირების შემდეგ.

საშიშროების III კლასი – ზომიერად საშიში – დაზიანებულია დაბალი ეკოლოგიური სისტემა. თვითაღდგენის პერიოდი – არანაკლებ 3 წელი.

საშიშროების IV კლასი – ნაკლებსაშიში – ძალიან დაბალი ეკოლოგიური სისტემა პრაქტიკულად არაა დაზიანებული.

საშიშროების V კლასი – პრაქტიკულად უსაფრთხო.

ბუნებრივი ორგანული წარმოშობის ნარჩენების კომპონენტები, რომლებიც შედგება ისეთი ნაერთებისაგან, როგორცაა ნახშირწყლები (უჯრედისი, სახამებელი და მისთ.), ცილები, აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები (ამინომჟავები, ამიდები და სხვა), ე.ი. ნივთიერებები, რომლებიც გვხვდება ცოცხალ ბუნებაში, მიეკუთვნება პრაქტიკულად უსაფრთხო კომპონენტების კლასს.

ნარჩენები ახლავს ნებისმიერი საწარმოს ( სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო და მისთ.) მუშაობას. ნარჩენები გამოიყოფა გარემოში: გამონაბოლქვების სახით ატმოსფეროში, ჩამდინარე წყლების სახით წყალსატევებში, მყარი სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების სახით მიწის ზედაპირზე.

**საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები და ნაგავი.** ქალაქის გარემოს გაუარესების ფაქტორს წარმოადგენს საყოფაცხოვრებო ნაგავის დაგროვება, რომელთა გროვები ამცირებს ტყის მწვანე ზონის ფართობს და შეიძლება ატმოსფეროსა და წყლის დაბინძურების წყარო გახდეს.

წყალს ყველაზე მეტად აბინძურებს საყოფაცხოვრებო ჩამონადენი – კომუნალური მეურნეობის თხევადი ნარჩენები, რომელშიც შედის: ნავთობპროდუქტები, შეწონილი ნივთიერებები, ქლორიდები, სულფატები, ნიტრიტები, ნიტრატები, ამონიუმის მარილები, სინთეზური ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებები (მაგალითად, სარეცხი ფხვნილები), ფენოლები, რკინა, სპილენძი, თუთია, ნიკელი, ქრომი, ტყვია, კობალტი, ალუმინი, კადმიუმი.

## 2.7. მტვერი

გარემოს ფიზიკური დამბინძურებლებიდან ყველაზე გავრცელებულია მტვერი, რომელიც გვხვდება ჰაერში ყველგან, ყველაზე სუფთა ჰაერის პირობებშიც კი. ჰიგიენური თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს მტვრის ქიმიურ შემადგენლობას და ნაწილაკების ზომას.

ატმოსფერულ ჰაერში მტვრის ნაწილაკების საშუალო ზომაა 7-8 მკმ. მტვერი მავნე ზეგავლენას ახდენს ადამიანზე, მცენარეულ და ცხოველურ სამყაროზე, შთანთქავს მზის რადიაციას და ამით გავლენას ახდენს ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირის თერმულ რეჟიმზე.

მტვრის ნაწილაკები კონდენსაციის ბირთვის როლს ასრულებს ნისლისა და ღრუბლების წარმოქმნისას. მტვრის წარმოქმნას ძირითადი წყაროებია: სამშენებლო მასალების წარმოება, შავი და ფერადი მეტალურგიის საწარმოები, ავტოტრანსპორტი, საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ნარჩენების დასაწყოების ადგილებში ამტვერებადი და გაღვივებული ადგილები. მტვრის ძირითადი ნაწილი ატმოსფეროდან გამოირეცხება ნალექებით.

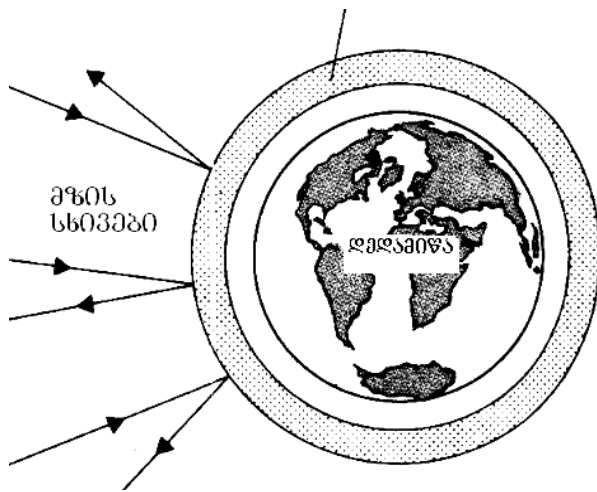
სამრეწველო ქალაქების მტვრის მინერალური ნაწილი შეიცავს თავისუფალ სილიციუმის დიოქსიდს (20%-მდე). მტვრის ორგანული ნაწილი შედგება უმთავრესად ჭვარტლისაგან, რომელიც წარმოიქმნება საწვავის არასრული წვის შედეგად.

ატმოსფეროს ზედა ფენებში მტვრის დაგროვება იწვევს დედამიწის გაცივებას, რამდენდაც აძლიერებს დედამიწის ატმოსფეროს მიერ მზის სხივების არეკვლას (ნახ. 2).

ატმოსფეროში მტვრის ძირითადი გამონაბოლქვის მიზეზებია: მტვრის ქარიშხალი, ნიადაგის ეროზია, ვულკანი, ზღვის შხეფები. ატმოსფეროში მტვრისა და აეროზოლების საერთო რაოდენობის დაახლოებით 15-20% შედეგია ადამიანის საქმიანობისა: სამშენებლო მასალების წარმოება, სამთომომპოვებელ წარმოებაში ქანების დამსხვრევა, ცემენტის წარმოება, მშენებლობა და სხვ.

მტვერი ატმოსფეროს ზედა ფენებში





ნახ.2. მზის სხივების არეკვლა დედამიწის ატმოსფეროს ზედა ფენებში მოხვედრილი მტვრის ნაწილაკებით

სამრეწველო მტვერი ხშირად შეიცავს აგრეთვე სხვადასხვა მეტალისა და არამეტალის ოქსიდებს, რომელთა უმეტესობა (მანგანუმის, ტყვიის, მოლიბდენის, ვანადიუმის, კალის, ტელურის) ტოქსიკურია.

მტვერი და აეროზოლები არამარტო აძნელებს სუნთქვას, არამედ იწვევს კლიმატურ ცვლილებებსაც, რამდენადაც აირეკლავს მზის სხივებს და აძნელებს დედამიწიდან სითბოს კოსმოსში დაბრუნებას. მაგალითად, ე.წ. სმოგი დიდი ქალაქების თავზე 2-5-ჯერ ამცირებს ატმოსფეროს გამჭვირვალობას.

გარემოს მტვრით დამბინძურებლებს შორის უნდა აღინიშნოს მეტალურგიული წარმოება, რომლის აგრეგატების მუშაობა მეტწილიდ დაკავშირებულია მტვრისა და სხვადასხვა აირადი კომპონენტების შემცველი აირების გამოყოფასთან, რომლებიც მავნედ მოქმედებენ ადამიანის ორგანიზმზე. ამ აირების ნაწილი (მაგ., მარტენის, სააგლომერაციო დანადგარის აირები) მაშინვე გამოიბოლქება ატმოსფეროში, ნაწილი კი გამოიყენება ქიმიური გარდაქმნებისათვის (კოქსის აირი) ან სათბობად (ბრძმედის, კონვერტერის, ფეროშენადნობების აირები). ყველა შემთხვევაში აირი უნდა გაიწმინდოს მტვრისაგან, ხოლო ზოგჯერ აირადი მინარევებისგანაც.

მეტალურგიული საამქროების ტექნოლოგიური გამონაბოლქვები ატმოსფეროს აბინძურებენ ძირითადად ნახშირბადის ოქსიდით, გოგირდოვანი ანჰიდრიდით და მტვრით. რომელთაგან გარემოზე არსებითად მოქმედებს მტვრის გამობოლქვა. ამიტომ მეტალურგიულ საწარმოებში გარემოს დაცვის მთავარი ამოცანაა მტვრის

გამობოლქვის შემცირება. ამჟამად მოწინავე ქვეყნებში მტვრის ხვედრითი გამობოლქვა შემცირებულია 0,5 კგ/ტ გამოდნობილ ფოლადზე. მტვრის გამობოლქვის შემცირების მთავარი გზებია: ჟანგბად-კონვენტორული პროცესის დანერგვა; თომასის, შემდეგში კი მარტენის პროცესზე უარის თქმა და მეორადი მტვერდაჭერის (აირის გაწმენდა საამქროში) ღონისძიებების თანმიმდევრობითი ჩატარება.

ატმოსფეროში მტვრის გამობოლქვის შემცირების ღონისძიებების შემდგომ განვითარებას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ევროკავშირის მოთხოვნები.

მოწინავე განვითარებულ ქვეყნებში გარემოში შეტივტივებული მტვრის გამობოლქვა ძირითადად რეგისტრირდება ავტომატური რადიომეტრული მეთოდით. ტექნიკის თანამედროვე დონეზე მტვრის გამონაბოლქვების შემცირება შესაძლებელია პირველ რიგში წარმავალი აირების დამჭერი დანადგარების სრულყოფით და ენერჯის გამოყენების შემდგომი ოპტიმიზაციით.

მტვრის ძირითადი წყაროა ენერგეტიკული დანადგარები და ფოლადსადნობი აგრეგატები, რომლებიც ჟანგბადს იყენებენ. სააგლომერაციო ფაბრიკები მტვრითა და გოგირდოვანი ნაერთებით აბინძურებენ გარემოს. ატმოსფეროს დაბინძურების ყველაზე გავრცელებული მიზეზია სათბობის წვისას კვამლის წარმოქმნა. კვამლი აეროდისპერსიული სისტემაა, რომელშიც მტვრის ნაწილაკები (ნაცარი და მური) დისპერსიულ ფაზას შეადგენს, ხოლო აირები (აზოტის ოქსიდები, ნახშირბადის ოქსიდი, ნახშირბადის დიოქსიდი, გოგირდოვანი აირი, გოგირდის ანჰიდრიდი და სხვ.) – დისპერსიულ გარემოს. ასეთი დაბინძურების წყაროა მაგალითად, გამახურებელი ღუმელი.

ყველაზე უხვი მტვრის გამონაბოლქვი მოდის სააგლომერაციო, ფოლადსადნობ და ცეცხლმედვე წარმოებაზე, ნახშირბადის ოქსიდებისა – ბრძმედისა და სააგლომერაციო წარმოებაზე, აზოტის ოქსიდებისა – მარტენის საამქროებზე. გარდა ამისა, ზოგიერთი წარმოების გამონაბოლქვები განსაკუთრებით ტოქსიკურ ნივთიერებებს შეიცავს, რომლებიც ლოკალურ საშიშროებას წარმოადგენს და საჭიროებს სრულად ან თითქმის სრულად გაუვნებლებას. მაგალითად, ფეროშენადნობთა ცალკეული სახეობის წარმოებისას ატმოსფეროში გაიტყორცნება ფთორი, ქლორი, დარიშხანი, ექსვალენტიანი ქრომი, მანგანუმი და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებები.

კოქსქიმიური წარმოება ნახშირწყალბადებით, მათ შორის კანცეროგენებით (მაგალითად, ბენზ- $\alpha$ -პირენით) ატმოსფეროს გატუქყიანების მნიშვნელოვანი წყაროა. ბენზ- $\alpha$ -პირენი გამოიყოფა აგრეთვე ფოლადის ჩასხმისას ბოყვებში – იმ ნივთიერებათა დაშლის შედეგად, რითაც წინასწარ არის დამუშავებული ბოყვის შიგა ზედაპირი. მარტენის საამქროს სიახლოვეს ატმოსფეროს ქვედა ფენებში ბენზ- $\alpha$ -პირენის კონცენტრაცია ზოგჯერ დასაშვებ ნორმას აღემატება, რაც დიდ ეკოლოგიურ საფრთხეს წარმოადგენს.

გამობოლქვილ მტვერს საწყისი მასალის შესაბამისი ქიმიური შემადგენლობა აქვს. ფოლადსადნობი აგრეგატების მტვერი შეიცავს რკინის და სხვა ლითონების ოქსიდებს, რომლებიც მას შემდგომი გამოყენებისთვის სასარგებლოს ხდის.

უერადი მეტალურგიის ტექნოლოგიური პროცესების დროს წარმოქმნილი მტვერი შეიცავს იმ ლითონს, რომელსაც ადნობენ და თანაურ ლითონებსაც – რკინას, სტიბიუმს, კადმიუმს, თუთიას, ტყვიას, დარიშხანს, ტელურს, ბისმუტს, ვერცხლს და სხვ. ასე, მაგალითად, 1 ტ პირველად სპილენძზე წარმოიქმნება 2 ტ-ზე მეტი მტვერი და 8 ტ-ზე მეტი გოგირდი. ამიტომ აუცილებელია მტვერიდან ყველა ლითონის ამოწვრილვა.

მტვრის გარდა წარმავალი აირები მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავენ გოგირდოვან აირებს, ალუმინის წარმოებაში – HF, SiCl<sub>4</sub>, მაგნიუმის წარმოებაში -Cl<sub>2</sub>, HCl, TiCl<sub>4</sub>, Be, ფთორნაერთებს და სხვა აირებს, რომლებიც საწამლავეს წარმოადგენენ.

ატმოსფეროში მოხვედრილი მტვრის 60%, ხოლო ნახშირბადის ოქსიდისა და ნახშირწყალბადების ნახევარი მოდის არაორგანიზებულ გამონაბოლქვებზე. არაორგანიზებული ეწოდება ისეთ გამონაბოლქვებს, რომელიც არ ხვდება აირდაჭერის ძირითად (ტექნოლოგიურ) სისტემაში ან გამოიყოფა დამხმარე ან მომიჯნავე ოპერაციების დროს (მაგალითად, ციციხეში ლითონის ჩამოსხმისას). არაორგანიზებული გამონაბოლქვების წყაროებია:

1. ამტვერებადი მასალების დაწვრილმანების, სორტირების, ტრანსპორტირებისა და საწყობში მოთავსების, აგრეთვე რემონტის უბნები. ამ უბნებზე წარმოქმნილი მტვერი მექანიკურია, შედარებით მსხვილი;

2. აპარატების ტექნოლოგიური ღიობები – ამ შემთხვევაში მტვერთან ერთად გამოიყოფა მავნე აირადი ნივთიერებები (ნახშირბადის, აზოტის, გოგირდის ოქსიდები);

3. არაჰერმეტიკული წყობა, შემოღობვა და არმატურა – ამ შემთხვევაშიც ადგილი აქვს ატმოსფეროს გატუჭყიანებას, როგორც მტვერით, ისე მავნე აირებით.

ორგანიზებული ტექნოლოგიური გამონაბოლქვების რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება არაორგანიზებული გამონაბოლქვების რაოდენობას.

დასახლებულ ადგილებში ჰაერის დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს ნიადაგი, საბინაო გამოთბობი დანადგარები, სამრეწველო საწარმოები, ტრანსპორტი და სხვ. განსაკუთრებით მაღალია ნიადაგის მტვერით ჰაერის დაბინძურების ხარისხი კეთილმოუწყობელ ქალაქში. ასეთ ადგილებში რაც უფრო ინტენსიურია მოძრაობა, მით მეტია ჰაერის დამტვერიანების ხარისხი.

გარდა ამისა, ატმოსფერო ყოველთვის შეიცავს კოსმოსური წარმოშობის მტვერს. დედამიწის ზედაპირზე დღე-ღამეში დაახლოებით 100 ტ კოსმოსური მტვერი გამოიყოფა. სუფთა ადგილებში დედამიწის ზედაპირის 1 კმ<sup>2</sup>-ზე წლის განმავლობაში გამოყოფილი კოსმოსური მტვერის რაოდენობა 50 ტონას შეადგენს. თუმცა, კოსმოსურ მტვერს ჰიგიენური მნიშვნელობა არ აქვს, რადგან მისი კონცენტრაციამაღალზე უმნიშვნელოა. ბუნებაში მტვერი წარმოიქმნება აგრეთვე მთის ქანების დაშლის შედეგად.

ქალაქებისა და სამრეწველო ცენტრების ჰაერის დაბინძურების ძირითად წყაროდ ითვლება სამრეწველო საწარმოები, რომლებიც საწვავის წვის და ტექნოლოგიური პროცესების შედეგად ჰაერში გამოყოფენ კვამლსა და მტვერს, მავნე აირებსა და აეროზოლებს. ასეთ საწარმოებს მიეკუთვნება შავი და ფერადი მეტალურგიის, ქიმიური მრეწველობის საწარმოები, სამრეწველო საქვაბეები, ცემენტის ქარხნები, ელექტროსადგურები, თბოელექტროცენტრალები და სხვ.

ყველა სამრეწველო საწარმო ერთნაირად არ აბინძურებს ატმოსფეროს ჰაერს. დაბინძურების ხარისხს განაპირობებს საწარმოს ხასიათი, ტექნოლოგიური პროცესი, ნედლეული და პროდუქცია, საწარმოს სიმძლავრე, გამოყენებული საწვავის რაოდენობა.

საწვავის წვის შედეგად წარმოქმნილი კვამლის რაოდენობა და შემადგენლობა დამოკიდებულია საწვავის სახეობაზე და ხარისხზე, წვის რეჟიმზე და სისრულეზე.

საწვავის არასრული წვის შემთხვევაში ჰაერში გამოიყოფა არასრული წვის პროდუქტების (ნახშირბადის ოქსიდი, ნახშირწყალბადები, ჭვარტლი) შემცველი სქელი და შავი კვამლი. საწვავის სრული წვის პირობებში ჰაერში გამოიყოფა დაჟანგვის საბოლოო პროდუქტები: ნახშირბადის დიოქსიდი, წყლის ორთქლი, გოგირდოვანი ანჰიდრიდი და ნაცარი (მტვერი).

განსაკუთრებით საშიშია ფერადი მეტალურგიის საწარმოებიდან გამონაფრქვევი, რომელიც შეიცავს მეტად მავნე – ტყვიის, სპილენძის, თუთიის და სხვ. აეროზოლებს.

**მტვრის წყაროები.** ყოველწლიურად მსოფლიო “მდიდრდება” მილიონობით ტონა მტვრით. აღნიშნული მტვრის საერთო რაოდენობის ორი მესამედი ბუნებრივი წარმოშობისაა, ხოლო დანარჩენი ერთი მესამედი ანტროპოგენული საქმიანობის შედეგია.

მთელი მსოფლიოს მეცნიერები მტვრის ბუნებრივ წყაროებად თვლიან შემდეგ მოვლენებს:

**ზღვებისა და ოკეანეების მარილები.** ეს შემდეგნაირად აიხსნება : ზღვის ტალღები მიეხეთქება ნაპირზე მთის ქანებს და რჩება უწვრილესი შხეფების სახით, შრება, გადაიქცევა მარილად, შემდეგ ამ მარილს აიტაცებს ქარი და მიმოფანტავს დედამიწაზე, სადაც ილექება მტვრის სახით

**ვულკანები.** ვულკანის ამოფრქვევისას ატმოსფეროში გამოიფრქვევა მთის ქანების უწვრილესი ნაწილაკების უზარმაზარი რაოდენობა. ეს ნაწილაკები, მარილის კრისტალების მსგავსად, ქარით გაიფანტება ჩვენი პლანეტის შორეულ კუთხეებში. მტვერს წარმოქმნის არამარტო მოქმედი, არამედ “მთვლემარე” ვულკანებიც. ამას ადასტურებს ვულკანი საკურაძიმა (იაპონია). მეცნიერთა გამოთვლების თანახმად, არააქტიურ მდგომარეობაში მყოფი ეს ვულკანი ატმოსფეროში ყოველწლიურად გამოიტყორცნის 14 მილიონ ტონა მტვერს. ვულკანის ახლოს მდებარე ქალაქი კაგოსიმა აღიარებულია ჩვენს პლანეტაზე ყველაზე მტვრიან დასახლებულ პუნქტად. კაგოსიმას ტროტუარები, სახლების სახურავები, გაზონები, მოსახლეობის მცდელობის მიუხედავად, მუდმივად დაფარულია მტვრის სქელი საბურველით;

**ნიადაგი.** ნიადაგის მიკროსკოპულ ნაწილაკებთან მიმართებაში ხდება იგივე, რაც ზღვის მარილთან და ვულკანის მტვერთან. ქარი აიტაცებს გამომშრალი ქვიშის ნამცეცებს და მიმოფანტავს ქუჩებსა და სახლებში;

**უდაბნო.** ყოველწლიურად საქარას უდაბნოდან დაახლოებით ასეულობით მილიონობით ტონა მიკროსკოპული მტვრის ნაწილაკები საწვიმარი ღრუბლებისა და ქარის მეშვეობით მიმოფანტება მთელ მსოფლიოში. ნაწილაკები გამოილექება მტვრის სახით ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკის ქვეყნებში, ანაგვიანებენ ევროპას და შორეულ ავსტრალიასაც;

**კოსმოსური მტვერი.** არადედამიწისეული მტვრის წყალობით ჩვენი პლანეტა ყოველწლიურად ათეულობით ტონით მძიმდება. კოსმოსური მტვერი დედამიწაზე ყველაზე ხშირად ხვდება მეტეორიტულ წვიმებთან ერთად.

ანტროპოგენული ხასიათის არაუსაფრთხო მტვრის წყაროებია:

სოკოები და სხვა მიკროორგანიზმები;

საავტომობილო საბურავების გადახეხილი რეზინის ნაწილაკები;

მინერალური საწვავის წვის პროდუქტები და ავტომობილების გამონაბოლქვი აირები;

ყველა შესაძლო ქიმიური საშუალებები (საწმენდი და სარეცხი ფხვნილები და თხევადი საშუალებები, შამპუნები, აეროზოლები და ა.შ.);

სიგარეტის კვამლი;

სამშენებლო მასალებისა და ჩამოქერცვლილი საღებავების უწვრილესი ნარჩენები.

## **2.8 მტვრის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე**

მეცნიერთა აზრით მტვერი უსაფრთხო არაა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. მაღალი კონცენტრაციის მტვრის შემცველი ჰაერის ჩასუნთქვა მავნეა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. მტვერი ხელს უწყობს ისეთი ქრონიკულ დაავადებებს, როგორცაა ასთმა, ალერგია და შაქრიანი დიაბეტი. გარდა ამისა, იწვევს ვირუსული ხასიათის დაავადებებს, სმენის დაქვეითებას, თირკმლების დაავადებებს, მიოკარდის ინფარქტს, მენინგიტს, არტერიოსკლეროზს, კანის დაავადებებს, კონიუნქტივებს. მტვერი ხელს უწყობს ეპიდემიების გავრცელებას. არანაკლებ მავნებელია მტვერი კომპიუტერული ტექნიკისათვის. ილექება რა მექანიზმის დეტალებზე, მტვერი ხელს

უწყობს ხელსაწყოების მუშაობის გაძნელებასა და გაუარესებას, შეიძლება გამოიწვიოს კოროზია და მოკლედ შერთვაც კი. გარდა ამისა, აპარატში მტვრის დაგროვება ზრდის მისი მუშაობის ხმაურს.

ტოქსიკურ ნივთიერებათა ყველაზე მაღალი კონცენტრაცია აღმოჩენილია სამრეწველო ზონების ქალაქისა და ქალაქის გარეუბნების ბინებში. სახლის მტვრის ძირითადი შემადგენელია ისეთი მავნე ელემენტები, როგორცაა ტყვია და კადმიუმი. ძველ ნაგებობებში გაცილებით ბევრი მტვერი გროვდება, ვიდრე ახალ ნაგებობებში.

ატმოსფეროს მტვრით აბინძურებს ძირითადად ენერგეტიკული, მომპოვებელი, მეტალურგიული მრეწველობა, სამშენებლო მასალების საწარმოები. მტვრის გამოლექვის დასაშვები წლიური ნორმაა 250 ტ/კმ<sup>2</sup>. ზოგიერთ მხარეში მტვრის საშუალო წლიური გამოლექვა მნიშვნელოვნად აღემატება აღნიშნულ მნიშვნელობას.



ნახ. 3. სმოგი ლოს-ანჯელესის თავზე

ბუნებრივი დაბინძურება, ე.წ. ფონური დაბინძურება, ათასწლეულების განმავლობაში მუდმივ დონეზე რჩება.



ნახ. 4. გარემოს დაბინძურების წყაროები

აღამიანი მრავალი მეთოდით ახდენს გავლენას ატმოსფეროზე.



ნახ.5. სმოგი ჩინეთის დიდ კედელთან

სამრეწველო რაიონებში მტვერი შეიცავს 20%-მდე რკინის ოქსიდს, 15% სილიციუმის ნაერთებს, 5% მურს და მრავალ სხვადასხვა ლითონს. ეს ყველაფერი გადარეულია ორგანულ მტვერთან, რომელიც შეიცავს ნახშირწყალბადებს, ორგანული მუაგების მარილებს, რომლებიც წარმოიქმნება ნავთობპროდუქტების დაწვისას. მტვრის მნიშვნელოვანი ნაწილი ატმოსფეროში ხვდება ა ეთქების სამუშაოების დროს, ცემენტისა და სამშენებლო მასალების წარმოების დროს. არ შეიძლება არ შეფასდეს ატმოსფეროში მტვრის ნაწილაკების გამოფრქვევა, რომელიც შეიცავს მძიმე ლითონებს. თუჯის წარმოების დროს ატმოსფეროში ხვდება დარიშხანი, ფოსფორი, კალა, ტყვია, ვერცხლისწყლის ორთქლი.

## 2.9. სმოგი

ატმოსფეროს დაბინძურების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი დამბინძურებელია ნახშირწყალბადები, რომელიც განიცდის მრავალრიცხოვან ქიმიურ გარდაქმნას, უერთდება აზოტის და გოგირდის ოქსიდებს, წარმოქმნის აეროზოლებს. ეს განსაკუთრებით ხშირად ხდება მაშინ, როდესაც ასეთი ნაერთები აღმოჩნდება თბილი ჰაერის ფენაში, რომლის თავზეც განთავსებულია ცივი ფენა. ასეთ შემთხვევაში ჰაერის მასები არ გადაადგილება და ნაწილაკები დიდხანს რჩება თავის ადგილზე. ასე ჩნდება სმოგი.

სმოგი, ანუ ფოტოქიმიური ნისლი, წარმოადგენს აირებისა და აეროზოლურ ნაწილაკებს (ძირითადად ნახშირწყალბადებს), ოზონს, აზოტისა და გოგირდის



ოქსიდებს, ორგანულ ზეჯანგურ ნაერთებს – ფთოროქსიდანტებს. გარკვეულ კლიმატურ გარემოებათა (ნათელი მზიანი, უქარო ამინდი და დიდი რაოდენობით დამბინძურებელი ნაწილაკების არსებობა) დამთხვევის შემთხვევაში მიმდინარეობს სმოგის წარმოქმნის საკმაოდ რთული პროცესი. მზის სხივები იწვევს აზოტის დიოქსიდის მოლეკულის დაშლას აზოტის ოქსიდად და ატომურ ჟანგბადად. ჟანგბადი უერთდება ჟანგბადის მოლეკულას და წარმოქმნის ოზონს. აზოტის ოქსიდი ურთიერთქმედებს გამონაბოლქვ აირებთან, რის შედეგადაც კიდევ უფრო მეტი რაოდენობის ოზონი წარმოიქმნება. ოზონი თანდათანობით გროვდება, ურთიერთქმედებს გამონაბოლქვ აირებთან. ეს რეაქცია იწვევს სხვადასხვა პეროქსიდების კონცენტრაციის გაზრდას.

## 2.10. აეროზოლები

ხელოვნური აეროზოლებით ჰაერის დაბინძურების ძირითადი წყაროა თბოელექტროსადგური, რომელიც გამოიყენებს მაღალი ნაცრიანობის ქვანახშირს, გამადიდრებელი ფაბრიკა, მეტალურგიული, ცემენტის, მაგნეზიტისა და მურის ქარხნები. ამ წყაროებიდან აეროზოლური ნაწილაკები გამოირჩევა ქიმიური შემადგენლობის მრავალგვარობით. უფრო ხშირად აეროზოლების შემადგენლობაში არის სილიციუმის, კალციუმის და ნახშირბადის ნაერთები, იშვიათად – რკინის, მაგნიუმის, მანგანუმის, თუთიის, სპილენძის, ნიკელის, ტყვიის, სტიბიუმის, ბისმუტის, სელენის, დარიშხანის, ბერილიუმის, კადმიუმის, ქრომის, კობალტის, მოლიბდენის ოქსიდები, აგრეთვე აზბესტი.

კიდევ უფრო მრავალფეროვანია ორგანული მტვერი, ალიფატური და არომატული ნახშირწყალბადების, ორგანული მუავების მარილების ჩათვლით. ორგანული მტვერი წარმოიქმნება ნარჩენი ნავთობპროდუქტების დაწვისას, ნავთობგადამამუშავებელ, ნავთობქიმიურ და სხვა მსგავს საწარმოებში პიროლიზის პროცესში.

გარემოს სანიტარიული შეფასება ხდება მავნე ნივთიერებების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციებისა და ზღვრული დასაშვები გამონაბოლქვების მიხედვით. საერთოტოქსიკური მოქმედების მტვრისა და აირებისათვის დადგენილია მაქსიმალური საშუალოდღეღამური კონცენტრაცია, ხოლო ლორწოვანი გარსის გამაღიზიანებელი მოქმედების მქონე მტვრისა და აირისათვის – მაქსიმალური ერთჯერადი კონცენტრაცია. იმის გამო, რომ მეტწილ მტვერსა და აირს

კომბინირებული მოქმედება ახასიათებს, მათთვის მოყვანილია როგორც ერთჯერადი, ისე საშუალო დღე-ღამური კონცენტრაციები.

ნარჩენები გამოიყოფა ტექნოსფეროს ყველა შემადგენელ ელემენტში: საწარმოო სათავსების მუშა და სხვა სახის ზონებში, სამრეწველო მოედნებზე, ქალაქში და საცხოვრებელ სათავსებში.

ნარჩენები აბინძურებენ გარემოს და წარმოქმნიან გარემოში საშიშ ზონებს, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ტოქსიკურ ნივთიერბათა მაღალი კონცენტრაციები და/ან ენერგეტიკული ზემოქმედების ამაღლებული დონეები.



ნახ. 6. საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით დაბინძურებული სანაპირო

### 3.1. ატმოსფერო და მისი დაბინძურება

ატმოსფერო (ბერძ. atmos- სუნთქვა, აორთქლება და sphaira – სფერო) არის დედამიწის ირგვლივ ჰაერის გარსი, რომელიც მასთან ერთად ბრუნავს. დედამიწის ატმოსფერო უნიკალურია. მისი შემადგენლობა (%) ასეთია: აზოტი – 78,1; ჟანგბადი – 21; არგონი – 0,9 და სხვა აირები ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , He, Ne და ა.შ.).

ატმოსფერო შედგება მუდმივი, ცვლადი და შემთხვევითი კომპონენტებისაგან. ატმოსფეროს მუდმივი კომპონენტებია: ჟანგბადი, აზოტი, ინერტული აირები.

ატმოსფეროს ცვლადი კომპონენტებია: ნახშირბადის დიოქსიდი (0,02 – 0,04 %), წყლის ორთქლი (4%-მდე).

90 კმ სიმაღლემდე ატმოსფეროს მუდმივი კომპონენტების ფარდობითი შემადგენლობა უცვლელია. 90 კმ ზევით მზის ულტრაიისფერი სხივების გავლენით მიდის ატმოსფეროს აირების მოლეკულების დისოციაცია და ატმოსფეროს

შემადგენლობის ძლიერი ცვლილება. ატმოსფეროს ამ ნაწილის ტიპური მახასიათებელია ოზონის ფენა და ატმოსფეროს საკუთარი ნათება.

ატმოსფერო აუცილებელია სიცოცხლისათვის: იგი ხელს უწყობს სუნთქვის პროცესებს, გადააქვს აირადი ნივთიერებები (მცენარეული ორგანიზმების სიცოცხლის საფუძველი), არეგულირებს დედამიწაზე ტემპერატურას, კლიმატს, აგრეთვე ღრუბლების, ნალექების წარმოქმნის და მათი გადატანის პირობებს. ატმოსფერო შეაკავებს მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების დიდ ნაწილს. გარდა ამისა, ატმოსფერო არის საჰაერო ტრანსპორტის და ფრინველების გადაადგილების გარემო, რადიოტალღებისა და ბგერითი რხევების გავრცელების გარემო. ატმოსფერო არის ჟანგბადის, აზოტის, ნეონის, არგონის და სხვა ინერტული აირების მიღების ბუნებრივი რესურსი.

ატმოსფერული ჰაერის მასების მოძრაობა არის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რომელიც განსაზღვრავს ბუნებრივი გარემოს მდგრადობას. ამ თვალსაზრისით ხელსაყრელია მუსონური კლიმატის რაიონები, სადაც უზრუნველყოფილია ბუნებრივ გარემოში გამოყოფილ დაბინძურებათა გაბნევის ოპტიმალური პირობები. ყველაზე ნაკლებად ხელსაყრელია კომტინენტალური კლიმატის რაიონები, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ანტიციკლონების გაბატონება და ტემპერატურული ინვერსიები. ჰაერის მასების მშვიდი მდგომარეობა შესამებუელი ტემპერატურულ ინვერსიებთან, რომელიც ტიპურია მთათაშორისი ღრმულებისათვის, იწვევს ატმოსფეროს აქტიური ცირკულაციის შემცირებას და ხელს უწყობს ჰაერში კვამლისა და ისეთი კომპონენტების დაგროვებას, რომელიც აბინძურებს ნიადაგს, ზედაპირულ და, ხშირად, მიწისქვეშა წყლებსაც.

დღეისათვის ატმოსფერო განიცდის ძლიერ ანთროპოგენულ ზემოქმედებას, რომელიც დამლუპველია ბუნებრივი გარემოსათვის – არსებობს ატმოსფეროს ჟანგბადის წონასწორობის დარღვევის დიდი საშიშროება. მაგალითისთვის, 1 კგ ქვანახშირის, მაზუთის ან 1 მ<sup>3</sup> ბუნებრივი აირის დაწვისას იხარჯება 11 მ<sup>3</sup> ჰაერი, ხოლო თანამედროვე რეაქტიული თვითმფრინავი ევროპიდან ამერიკაში გადაფრენისას იმდენ ჟანგბადს მოიხმარს, რამდენსაც მთელი დღის განმავლობაში წარმოქმნის 10 ათასი ჰა ტყე. ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად საჰაერო გარემო შეიცავს: მეთანს, ნახშირბადის, გოგირდისა და აზოტის ოქსიდებს, წყალბადს, ოზონს, მტვერს, ჭვარტლს და ა.შ. სიმაღლის მომატებისას ატმოსფეროს დაბინძურება მცირდება.

ატმოსფეროს მინარევი ეწოდება ატმოსფეროში გაბნეულ ნივთიერებას, რომელიც არ შედის მის მუდმივ შემადგენლობაში.

ატმოსფეროს დამბინძურებელი ნივთიერება არის არის ჰაერის მინარევი, რომელიც არახელსაყრელ ზეგავლენას ახდენს გარემოზე და მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე. რამდენადაც მინარევებმა ატმოსფეროში შეიძლება განიცადონ სხვადასხვა სახის გარდაქმნა, ისინი შეიძლება პირობითად დაიყოს პირველად და მეორად მინარევეებად.

ატმოსფეროს პირველადი მინარევი ეწოდება მინარევეს, რომელიც განსახილველ ინტერვალში ინარჩუნებს თავის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს. ატმოსფეროში მინარევეების გარდაქმნა არის პროცესი, რომლის დროსაც ატმოსფეროს მინარევეები ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების ზემოქმედები, აგრეთვე ერთმანეთს შორის ურთიერთქმედების შედეგად განიცდიან ფიზიკურ და ქიმიურ ცვლილებებს.

ატმოსფეროს მეორადი მინარევეები წარმოიქმნება პირველადი მინარევეების გარდაქმნის შედეგად.

ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედების ბუნების მიხედვით ატმოსფეროს დაბინძურება იყოფა ფიზიკურ და ქიმიურ დაბინძურებლებად.

გარემოს დაბინძურებლებიდან ყველაზე სრულყოფილად შესწავლილია ქიმიური დაბინძურება.

ატმოსფეროს ქიმიური დაბინძურებლები ხასიათდება ოთხი ნიშნის მიხედვით: აგრეგატული მდგომარეობის, ქიმიური შემადგენლობის, ნაწილაკების ზომისა და გამოფრქვეული ნივთიერების მასური რიცხვის მიხედვით.

დამბინძურებელი ნივთიერება ატმოსფეროში გამოირქვევა მტვრის, კვამლის, ნისლის, ორთქლის და აირადი ნივთიერებების ნარევის სახით.

ატმოსფეროში გამობოლქვის წყაროები იყოფა ბუნებრივ (ბუნებრივი პროცესებით გამოწვეულ), და ანთროპოგენულ (ტექნოგენურ – ადამიანის საქმიანობით გამოწვეულ) წყაროებად.

ბუნებრივი წყაროებით გამოყოფილი მინარევეებია:

1. მცენარეული, ვულკანური, კოსმოსური წარმოშობის მტვერი, ნიადაგის ეროზიის პროდუქტები, ზღვის მარილის ნაწილაკები, ნისლი, სტეპისა და ტყის ხანძრების კვამლი და აირები, ვულკანის

გამონაფრქვევები; მცენარეული, ცხოველური და ბაქტერიული წარმოშობის პროდუქტები;

2. ბუნებრივი წყაროები, ჩვეულებრივ, შედარებით მოკლევადიანი მოქმედებისაა. ბუნებრივი წყაროთი ატმოსფეროს დაბინძურების დონე ფონურია და ნაკლებად იცვლება დროში.

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ანტროპოგენული წყაროები, რომლებიც ძირითადად სამრეწველო საწარმოებს და ტრანსპორტს წარმოადგენენ, გამოირჩევიან მრავალრიცხოვნებითა და სახეების მრავალგვარობით.

ატმოსფეროში გამობოლქვის წყაროები იყოფა: წერტილოვან, ხაზურ და მოცულობით წყაროებად; ეს წყაროები იყოფა ორგანიზებულ და არაორგანიზებულ წყაროებად. ორგანიზებული წყაროებიდან დამბინძურებელი ნივთიერება ატმოსფეროში ხვდება სპეციალური აირსადენების, ჰაერსადენებისა და მილების გავლით.

### 3.2. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება.

ატმოსფერული ჰაერის ძირითადი ანტროპოგენული დამბინძურებელია ავტოტრანსპორტი, თბოენერგეტიკა და მრეწველობის მთელი რიგი დარგები.

ყველაზე გავრცელებულ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებიც აბინძურებენ ატმოსფეროს, წარმოადგენს: ნახშირბადის მონოქსიდი (CO), გოგირდის დიოქსიდი (SO<sub>2</sub>), აზოტის ოქსიდები (N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>), ნახშირწყალბადები (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) და მტვერი.

გარდა ამისა, ატმოსფეროში გამოირტყოცნება სხვა, უფრო ტოქსიკური ნივთიერებებიც. ასე, მაგალითად, ელექტრონული მრეწველობის ქარხნების სავენტილაციო სისტემებიდან გამონაბოლქვები შეიცავს გოგირდმჟავას, ქრომმჟავას და სხვა მინერალურ მჟავათა ორთქლს; ორგანულ გამსხნელებს. ამჟამად აღრიცხულია ატმოსფეროს დამბინძურებელი 500-ზე მეტი ნივთიერება და მათი რიცხვი თანდათან იზრდება.

ქალაქებში ატმოსფერული ჰაერის დიდი ნაწილი აღწევს საცხოვრებელ სახლებში. ზაფხულობით (ღია ფანჯრების შემთხვევაში) საცხოვრებელ სათავსოში ჰაერის შემადგენლობა გარეთა ჰაერის შემადგენლობის იდენტურია 90%-ით, ხოლო ზამთარში – 50%-ით.

### 3.3. ქალაქი და ატმოსფერული ჰაერი

ანტროპოგენული საქმიანობის შედეგად ბუნების ყველაზე სახეშეცვლილი ტერიტორიებია მსხვილი ქალაქები, ქალაქური აგლომერაციები და ურბანიზებული რაიონები. რაც უფრო მაღალია მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის დონე, მით უფრო დიდი დატვირთვა მოდის გარემოზე.

ადამიანის ჯანმრთელობისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ქალაქებისა და სამრეწველო ცენტრების ატმოსფეროს ჰაერის სანიტარიულ დაცვას, რომელიც დღის წესრიგში დადგა XIX საუკუნის ბოლოს და მას შემდეგ მრეწველობის, ენერგეტიკის და ტრანსპორტის განვითარების კვალდაკვალ სულ უფრო აქტუალური ხდება.

ადამიანის სასიცოცხლო პროცესების სწრაფად წარმართვისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ჰაერის ნორმალურ ქიმიურ შემადგენლობასა და ფიზიკურ თვისებებს. ატმოსფეროს მდგომარეობით განისაზღვრება ამინდი, კლიმატი და ბუნების მრავალი სხვა მოვლენა.

დასახლებული ადგილებისაგან მოშორებით, განსაკუთრებით მთიან ადგილებში და ზღვის სანაპიროზე ჰაერი სუფთაა. ქალაქისა და სამრეწველო ცენტრის ჰაერში ბევრია დამაბინძურებელი ნივთიერება; ჰაერის დაბინძურების ხასიათი და ინტენსივობა ძირითადად დამოკიდებულია დამაბინძურებელი წყაროს თავისებურებაზე და სიმძლავრეზე.

ქალაქის ჰაერის შემადგენლობაში უმთავრესად ვხვდებით მტვერს, ჭვარტლს, გოგირდოვან აირს, ნახშირბადის მონოქსიდს. მოქმედი საწარმოების სპეციფიკის მიხედვით, ჰაერში შეიძლება შევხვდეთ სხვა მავნე ნივთიერებებსაც, როგორცაა: აზოტის ოქსიდები, გოგირდნახშირბადი, ქლორი, გოგირდწყალბადმჟავა, ფთორი, ვერცხლისწყალი, ტყვია, დარიშხანი და სხვ.

ნახშირბადის ოქსიდით ქალაქის ჰაერის მნიშვნელოვანი დამბინძურებელია ავტოტრანსპორტი. დადგენილია, რომ სატვირთო ავტომანქანა ქალაქის პირობებში მოძრაობის დროს ერთ საათში გამოყოფს 6 მ<sup>3</sup> ნახშირბადის ოქსიდს, მსუბუქი ავტომანქანა— 3 მ<sup>3</sup>-ს. ავტომანქანის მიერ გამობოლქვილი აირების შემადგენლობაში შედის აგრეთვე რთული ნახშირწყალბადები, აზოტის ოქსიდები.

გარემოს ჰაერში დამაბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაცია დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: დროის ერთეულში ჰაერში გამოყოფილი

ნივთიერების აბსოლუტურ რაოდენობაზე, ჰაერში მის განზავებაზე, ატმოსფეროს თვითგაწმენდის პროცესებზე, ჰაერის ტემპერატურაზე, ტენიანობაზე და სხვ.

ჰაერში მინარევების განაწილება დამოკიდებულია დამბინძურებელი ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე, მაგალითად, სხვა თანაბარ პირობებში, ატმოსფეროს ნახშირბადის ოქსიდის კონცენტრაცია ძირითადად ძირითადად ჰაერის მასების გადაადგილებით და ჰაერის ფენაში ტურბულენტური შერევით რეგულირდება. ატმოსფერული მტვრის კონცენტრაცია რეგულირდება გრავიტაციული დაღეჭვით, ხოლო გოგირდოვანი ანჰიდრიდისა – დაჟანგვით და სხვა ნაერთებში ტრანსფორმაციით. ეს უკანასკნელი პროცესი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მზის რადიაციის ინტენსივობაზე, ჰაერში აზოტის ოქსიდების და ოზონის, აგრეთვე ტენის არსებობაზე.

ქალაქებისათვის სპეციფიკურია გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურება, ამადღებელი ხმაური და ვიბრაცია. მსხვილ ქალაქებში მთავარ მაგისტრალებზე ხმაურის დონე 95 დბ-ს აღწევს, რაც იწვევს ახლომდებარე საცხოვრებელ შენობებში ხმაურის სანიტარიულ ნორმების (55 დბ) მნიშვნელოვნად გადაჭარბებას.

დასახლებულ ადგილებში ჰაერის დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს ნიადაგი, საბინაო გამთბობი დანადგარები, სამრეწველო საწარმოები, ტრანსპორტი და სხვ. განსაკუთრებით მაღალია ნიადაგის მტვრით ჰაერის დაბინძურების ხარისხი კეთილმოუწყობელ ქალაქში. ასეთ ადგილებში რაც უფრო ინტენსიურია მოძრაობა, მით მეტია ჰაერის დამტვერიანების ხარისხი.

ბუნებაში მტვერი წარმოიქმნება აგრეთვე მთის ქანების დაშლის შედეგად.

ქალაქებისა და სამრეწველო ცენტრების ჰაერის დაბინძურების ძირითად წყაროდ ითვლება სამრეწველო საწარმოები, რომლებიც საწვავის წვის და ტექნოლოგიური პროცესების შედეგად ჰაერში გამოყოფენ კვამლსა და მტვერს, მავნე აირებსა და აეროზოლებს. ასეთ საწარმოებს მიეკუთვნება შავი და ფერადი მეტალურგიის, ქიმიური მრეწველობის საწარმოები, სამრეწველო საქვაბეები, ცემენტის ქარხნები, ელექტროსადგურები, თბოელექტროცენტრალები და სხვ.

მტვერი, რომელიც ყველაზე გავრცელებული დამბინძურებელია, გვხვდება ჰაერში ყველგან, ყველაზე სუფთა ჰაერის პირობებშიც კი. ჰიგიენური

თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს მტვრის ქიმიურ შემადგენლობას და ნაწილაკების ზომას.

ატმოსფერულ ჰაერში მტვრის ნაწილაკების საშუალო ზომაა 7-8 მკმ. მტვერი მავნე ზეგავლენას ახდენს ადამიანზე, მცენარეულ და ცხოველურ სამყაროზე, შთანთქავს მზის რადიაციას დაამითგავლენასახდენს ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირის თერმულ რეჟიმზე.

მტვრის ნაწილაკები კონდენსაციის ბირთვის როლს ასრულებს ნისლისა და ღრუბლების წარმოქმნისას. მტვრის წარმოქმნას ძირითადი წყაროებია: სამშენებლო მასალების წარმოება, შავი და ფერადი მეტალურგიის საწარმოები, ავტოტრანსპორტი, საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ნარჩენების დასაწყოებისადგილებში ამტვერებადი და გაღვივებული ადგილები. მტვრის ძირითადი ნაწილი ატმოსფეროდან გამოირეცხება ნალექებით.

ყველა სამრეწველო საწარმო ერთნაირად არ აბინძურებს ატმოსფეროს ჰაერს. დაბინძურების ხარისხს განაპირობებს საწარმოს ხასიათი, ტექნოლოგიური პროცესი, ნედლეული და პროდუქცია, საწარმოს სიმძლავრე, გამოყენებული საწვავის რაოდენობა.

საწვავის წვის შედეგად წარმოქმნილი კვამლის რაოდენობა და შემადგენლობა დამოკიდებულია საწვავის სახეობაზე და ხარისხზე, წვის რეჟიმზე და სისრულეზე. საწვავის არასრული წვის შემთხვევაში ჰაერში გამოიყოფა არასრული წვის პროდუქტების (ნახშირბადის ოქსიდი, ნახშირწყალბადები, ჭვარტლი) შემცველი სქელი და შავი კვამლი. საწვავის სრული წვის პირობებში ჰაერში გამოიყოფა დაჟანგვის საბოლოო პროდუქტები: ნახშირბადის დიოქსიდი, წყლის ორთქლი, გოგირდოვანი ანჰიდრიდი და ნაცარი (მტვერი). განსაკუთრებით საშიშია ფერადი მეტალურგიის საწარმოებიდან გამონაფრქვევი, რომელიც შეიცავს მეტად მავნე – ტყვიის, სპილენძის, თუთიის და სხვ. აეროზოლებს.

ნახშირბადის ოქსიდით ქალაქის ჰაერის მნიშვნელოვანი დამბინძურებელია ავტოტრანსპორტი. დადგენილია, რომ სატვირთო ავტომანქანა ქალაქის პირობებში მოძრაობის დროს ერთ საათში გამოყოფს 6 მ<sup>3</sup> ნახშირბადის ოქსიდს, მსუბუქი ავტომანქანა – 3 მ<sup>3</sup>-ს. ავტომანქანის მიერ გამობოლქვილი აირების შემადგენლობაში შედის აგრეთვე რთული ნახშირწყალბადები, აზოტის ოქსიდები.



გარემოს ჰაერში დამაბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაცია დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: დროის ერთეულში ჰაერში გამოყოფილი ნივთიერების აბსოლუტურ რაოდენობაზე, ჰაერში მის განზავებაზე, ატმოსფეროს თვითგაწმენდის პროცესებზე, ჰაერის ტემპერატურაზე, ტენიანობაზე და სხვ.

ჰაერში მინარევების განაწილება დამოკიდებულია დამბინძურებელი ნივთიერების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე, მაგალითად, სხვა თანაბარ პირობებში, ატმოსფეროს ნახშირბადის ოქსიდის კონცენტრაცია ძირითადად ძირითადად ჰაერის მასების გადაადგილებით და ჰაერის ფენაში ტურბულენტური შერევით რეგულირდება. ატმოსფერული მტვრის კონცენტრაცია რეგულირდება გრავიტაციული დაღეჭვით, ხოლო გოგირდოვანი ანჰიდრიდისა – დაჟანგვით და სხვა ნაერთებში ტრანსფორმაციით. ეს უკანასკნელი პროცესი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მზის რადიაციის ინტენსივობაზე, ჰაერში აზოტის ოქსიდების და ოზონის, აგრეთვე ტენის არსებობაზე.

### **3.4. ატმოსფეროს ჰაერის თვითგაწმენდა**

ატმოსფეროს ჰაერის დაბინძურების პარალელურად ადგილი აქვს ჰაერის თვითგაწმენდის პროცესებს, რომელსაც საფუძვლად უდევს ფიზიკური და ქიმიური პროცესები.

ჰაერში შეტივტივებული მტვრის ნაწილაკები თანდათანობით ილექებიან მიწის ზედაპირზე. ამასთან, მით უფრო სწრაფად, რაც უფრო დიდია მტვრის ნაწილაკის დიამეტრი და რაც უფრო მცირეა ჰაერის მოძრაობის სიჩქარე.

ატმოსფეროში ადგილი აქვს აგრეთვე აირების განეიტრალებას. მაგალითად, გოგირდოვანი ანჰიდრიდი თანდათანობით გარდაიქმნება გოგირდმჟავად და/ან გოგირდოვანმჟავად, რომელიც შემდეგ ნეიტრალდება ჰაერში შემავალი ამიაკით ან მტვრის ნაწილაკებით.

ჰაერის თვითგაწმენდის პროცესი მჭიდროდ არის დაკავშირებული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობასთან. ნალექების საშუალებით ჰაერი თავისუფლდება როგორც მტვრის ნაწილაკებისაგან, ისე ჰაერში გაფრქვეული ნივთიერებების ნაწილისაგან, რის გამოც ნაწვიმარზე ჰაერი შედარებით სუფთაა.

ატმოსფერული ჰაერის თვითგაწმენდის პროცესი ძალიან ნელა მიდის, ამიტომ აუცილებელია ატმოსფერული ჰაერის დაცვის ეფექტური ღონისძიებების შერჩევად გატარება.

ქალაქებში შეიმჩნევა ატმოსფეროს დაბალი თვითგაწმენდის უნარი, რაც გამოწვეულია ჰაერის მაღალი მტვრიანობით და ქარის სიჩქარის დაცემით.

### **3.5. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ჰიგიენური მნიშვნელობა**

დაბინძურებული ატმოსფერული ჰაერი გარკვეულ პირობებში ადამიანის ორგანიზმში ამა თუ იმპათოლოგიის განვითარების მიზეზი შეიძლება გახდეს. გარდა ამისა, იგი გავლენას ახდენს მეტეოროლოგიურ პირობებზე. კლიმატის გლობალურ ცვლილებას იწვევს ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად გამოყოფილი ნახშირმჟავა აირის, ატმოსფერული მტვრის კონცენტრაციის და თბური ენერჯიის გაზრდა. კვამლის შემადგენელი მყარი ნაწილაკები ქმნია ე.წ. კონდენსაციის ბირთვებს, რომელზეც ხდება ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის კონდენსაცია. ეს ხელს უწყობს ნისლის და ატმოსფერული ნალექის წარმოქმნას.

## **თავი 4**

### **4.1 ჰიდროსფერო და მისი დაბინძურება**

ჰიდროსფერო დედამიწის ნაწილია, რომელიც წარმოადგენს ოკეანეების, ზღვების, ტბების, მდინარეებისა და შესართავების, წყალსატევების და მიწისქვეშა წყლების ერთობლიობას. ჰიდროსფერო დედამიწის ყველაზე თხელ გარსს წარმოადგენს. წყალი ყველაზე გავრცელებული ნაერთია დედამიწაზე. მისი რაოდენობა  $10^{18}$  ტ-ს აღწევს და დედამიწის ზედაპირის დაახლოებით 4/5 ნაწილს ფარავს. წყალი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მრეწველობაში, ყოფა-ცხოვრებაში. წყალი განსაკუთრებით აუცილებელია სიცოცხლის შესანარჩუნებლად. წყალი უზარმაზარ როლს თამაშობს პლანეტის ცხოვრებაში.

ლითოსფეროში მდებარეობის მიხედვით წყლები იყოფა: ზედაპირულ, გრუნტის და სიდრმისეულ წყლებად.

მარილების შემცველობის მიხედვით წყლები იყოფა მტკნარ და მარილიან წყლებად. განასხვავებენ აგრეთვე თერმულ (მაღალი ტემპერატურის მქონე) და სამკურნალო წყლებს. ადამიანის საქმიანობა წარმოუდგენელია წყლის გარეშე. ამასთან, განასხვავებენ ორ ცნებას: წყალსარგებლობას და წყალმოსხმარებას.

წყალსარგებლობა გულისხმობს წყლის, როგორც გარემოს ან მექანიკური წყაროს, გამოყენებას (წყლის ტრანსპორტი, ჰიდროენერგეტიკა, თევზის მეურნეობა), წყალმოსხმარება კი გულისხმობს მოსახლეობის, საყოფაცხოვრებო ორგანიზაციების,

მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის მიერ წყლის აღებას (გამოყენებას) წყალსატევებიდან და წყალსადინარებიდან.

**წყლის ხარჯი საყოფაცხოვრებო მიზნით.** საყოფაცხოვრებო მიზნით წყალი იხარჯება დასალევად, საკვების მოსამზადებლად, გასარეცხად, დასაბანად, სიბინძურის ჩასარეცხად კანალიზაციაში და ბაღებისა და უჩების მოსარწყავად. ევროპაში ერთ სულ მოსახლეზე საყოფაცხოვრებო მიზნით წყლის დღეღამური ხარჯი შეადგენს დაახლოებით 230 ლ. თანამედროვე ქალაქებში ერთი ადამიანი დღე-ღამეში 300-500 ლ წყალს მოიხმარს.

**წყლის ხარჯი სამრეწველო მიზნით.** სამრეწველო მიზნით გამოყენებული წყლის 85%-ზე მეტი იხარჯება გაცივების პროცესებში. დანარჩენი ნაწილი იხარჯება ნედლეულის რეცხვის, აირების გარეცხვის პროცესებში, ჰიდროტრანსპორტირებისათვის და გამხსნელად. ასე, მაგალითად, ერთი მსუბუქი ავტომობილის გამოშვებაზე იხარჯება დაახლოებით ნახევარი მილიონი ლიტრი წყალი; ეს რაოდენობა მოიცავს როგორც წყლის დაუბრუნებელ ხარჯს, ისე განმეორებით გამოყენებულ წყალს.

**წყლის ხარჯი სოფლის მეურნეობაში.** წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობა იხარჯება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსარწყავად.

**წყლის ხარჯი ჰიდროენერჯის მისაღებად.** წყალი გამოიყენება ჰიდრო- და თბოელექტროსადგურებში როგორც ორთქლის მისაღებად, ისე გასაცივებლად.

**წყლის დაბინძურება.** წყლის დაბინძურება არის მდინარეში, ნაკადულში, ტბაში, ზღვასა და ოკეანეში სხვადასხვა ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური ნივთიერებების მოხვედრის შედეგად მისი ხარისხის გაუარესება. წყლის დაბინძურებას მრავალი მიზეზი აქვს. წყალი დიდი რაოდენობით გამოიყენება მრეწველობაში. მაგალითად, 1 ტ ცემენტის წარმოებაზე იხარჯება 100 მ<sup>3</sup> წყალი. ნებისმიერ პროცესში გამოყენებისას წყალი განიცდის დაბინძურებას, რომელიც შეიძლება იყოს ტოქსიკური, არატოქსიკური, ბაქტერიული, თბური და ა.შ.

დაბინძურების წყაროსგან დამოკიდებულებით ჩამდინარე წყლები იყოფიან სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო (სამეურნეო-ფეკალურ), ატმოსფერულ (ნიაღვრულ) და სამრეწველო ჩამდინარე წყლებად.

სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყალი შეიცავს ორგანული და მცენარეული წარმოშობის დამბინძურებლებს. ასეთი ჩამდინარე წყალი დამატებით გაწმენდას მოითხოვს.

საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყალი, რომელიც შეიცავს, მაგალითად, სინთეზურ სარეცხ საშუალებას, ბოლოს და ბოლოს ხვდება მდინარესა და ზღვაში. ნიადაგის ზედაპირიდან გადარეცხილი სასუქი ხვდება წყალსადინარში, ხოლო იქიდან ტბებსა და ზღვებში. ყოველივე ეს იწვევს წყლის ძლიერ დაბინძურებას, განსაკუთრებით კი ჩაკეტილ აუზში – ტბებში, ყურეებსა და ფიორდებში.

სამრეწველო ჩამონადენი, რომელიც შეიცავს არაორგანულ და ორგანულ ნარჩენებს, ხშირად ჩაედინება მდინარეებსა და ზღვებში. წყალთან ერთად ყოველწლიურად ჩაედინება ათასობით ქიმიური ნივთიერება, რომელთა მოქმედება გარემოზე ბოლომდე ცნობილი არაა. მათგან ასობით ნივთიერება ახალ ნაერთს წარმოადგენს. თუმცა სამრეწველო ჩამონადენი ხშირ შემთხვევაში წინასწარ იწმინდება, ის მაინც შეიცავს ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომელთა აღმოჩენა ძნელია.

წყალსატევში მოხვედრილი დაბინძურება გროვდება ფსკერის დანალექებში, ზოო- და ფიტოპლანქტონში. მტკნარი წყლის თევზებში აღმოჩენილია კადმიუმის, ტყვიის, ქრომის, სტრონციუმის, კობალტის და სხვა მძიმე ლითონების მაღალი შემცველობა.

განასხვავებენ შემდეგი სახის სამრეწველო ჩამდინარე წყლებს:

-პირობითად სუფთა წყალს;

-ჭუჭყიან წყალს, რომელიც შემადგენლობით სამეურნეო-ფეკალურ წყალს უახლოვდება;

-ძალიან ჭუჭყიან წყალს, რომლის წყალსატევებში ჩაშვებამ შეიძლება გამოიწვიოს მძიმე შედეგები, როგორც ადამიანებისათვის, ისე ცხოველებისათვის და მცენარეებისათვის. სამეურნეო-ფეკალურ და, როგორც წესი, საწარმოო ჩამდინარე წყალი ზედმიწევნით უნდა გაიწმინდოს, რამდენადაც ის შეიძლება შეიცავდეს ორგანულ (საკვებ ნარჩენებს, მცენარეულ ზეთს, ორგანულ მაჟაგებს და ა.შ.) და მინერალურ (ქვიშას, წიდას, გახსნილ და გაუხსნელ მარილებს და მისთ.) ნივთიერებებს. ორგანული ნივთიერებებით დაბინძურებას თან ახლავს ბაქტერიული დაბინძურება.

პირობითად სუფთა წყალი გაწმენდის გარეშე შეიძლება ჩაშვებულ იქნეს წყალსატევში, ჭუჭყიანი კი – მხოლოდ გაწმენდის შემდეგ. გაწმენდის ხარისხი დამოკიდებულია გაჭუჭყიანების მანვენებელზე, რომელიც ახასიათებს გაჭუჭყიანების ხარისხს და შემადგენლობას. ჩამდინარე წყლების გაწმენდასთან დაკავშირებული დანახარჯები ძალიან დიდია, ამიტომ გაწმენდის კონკრეტული სქემის შერჩევა დამოკიდებულია სანიტარიული თვალსაზრისით გაწმენდის საჭირო ხარისხზე. გაწმენდის ხარისხის მახასიათებლებია:

- გაუხსნელი შეტივტივებული ნივთიერებების შემცველობა;
- ჟანგბადის ბიოქიმიური მოხმარება;
- ჟანგბადის ქიმიური მოხმარება;
- აქტიური რეაქცია და სხვ.

#### **4.2. მიწისზედა წყლების დაბინძურება**

**მყარი ნარჩენები.** თუ წყალში მყარი ნივთიერების დიდი რაოდენობაა შეტივტივებული, იგი მზის სინათლისთვის ხდება გაუმჭვირვალე და ამით წყლის აუზში ფოტოსინთეზის პროცესი ფერხდება. ეს კი, თავის მხრივ, წყლის აუზებში კვების ჯაჭვში დარღვევებს იწვევს. გარდა ამისა, მყარი ნარჩენები იწვევს მდინარეებისა და სანაოსნო არხების დაღამვას, რის გამოც აუცილებელია ფსკერის ჩადრმავეების სამუშაოების ხშირად ჩატარება.

**ვეტროფიკაცია.** სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლებში დიდია ნიტრატებისა და ფოსფატების შემცველობა. ეს იწვევს ჩაკეტილი წყალსატევების გადაჯერებას სასუქი ნივთიერებებით და წყალსატევებში უმარტივესი მიკროორგანიზმების – წყალმცენარეების გაძლიერებულ ზრდას, მაგრამ სამწუხაროდ ეს წყალმცენარეები თევზების უმეტესობისათვის საჭმელად უვარგისია. წყალმცენარეების გაბარდვა იწვევს წყლიდან დიდი რაოდენობის ჟანგბადის შთანთქმას, რის შედეგადაც ხდება ჟანგბადზე წყლის ბიოქიმიური მოთხოვნილების გაზრდა. ამასვე იწვევს წყალში ბიოლოგიური ნარჩენების, მაგალითად, მერქნის ცელულოზის ან დაუმუშავებელი კანალიზაციის წყლის მოხვედრა. ასეთ არეში შეუძლებელია სხვა მცენარეებისა და ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა. სამაგიეროდ, ძლიერ მრავლდებიან მიკროორგანიზმები, რომლებსაც მკვდარი მცენარეული და ცხოველური ქსოვილების გახრწნის უნარი გააჩნიათ. აღნიშნული მიკროორგანიზმები შთანთქამენ კიდევ უფრო მეტ ჟანგბადს და წარმოქმნიან კიდევ

უფრო მეტ ნიტრატებს და ფოსფატებს. ასეთ წყალსატევში თანდათანობით მცირდება მცენარეთა და ცხოველთა სახეობები. განსაკუთრებით ზიანდება თევზების სამყარო. საბოლოო ჯამში, მკვდარი ქსოვილების გამხრწნელი წყალმცენარეების და მიკროორგანიზმების გამრავლების შედეგად მცირდება ჟანგბადის კონცენტრაცია, რაც იწვევს ტბების დაძველებას და მათ დაჭაობებას. ამ პროცესს ევტროფიკაცია ეწოდება.

**მიწისზედა წყლების დაბინძურება.** წყალსატევები ბინძურდება ზედაპირული ნასხლეტებით და ჩამდინარე წყლებით.

წყალსატევები ბინძურდება მრეწველობის სხვადასხვა დარგის (მეტალურგიული, ნავთობგადამამუშავებელი, ქიმიური და სხვა), სოფლის და საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მეურნეობის ჩამდინარე წყლებით.

წყალსატევების დამბინძურებლები შეიძლება იყოს:

- ბიოლოგიური (ორგანული მიკროორგანიზმები);
- ქიმიური – ცვლის წყლის ქიმიურ შემადგენლობას;
- ფიზიკური - ცვლის წყლის სიკამკამეს, ტემპერატურას და სხვა

მაჩვენებლებს.

მეტალურგია წყლის ერთ-ერთი მსხვილი მომხმარებელია. მეტალურგიულ საწარმოებში წყალი მოიხმარება და ჩამდინარე წყლები წარმოიქმნება ისეთი ოპერაციების დროს როგორცაა: მადნის გამდიდრება; ტექნოლოგიური აირებისა და ასპირაციული ჰაერის გაწმენდა; მტვრის, ნაცრის და სხვა მასალების ჰიდროტრანსპორტირება; წილის გრანულაცია; თუჯის ჩამოსხმა; ტექნოლოგიური აგრეგატების, ლითონის ნაგლინის გაცივება და ა.შ.

ჩამდინარე წყლების 60-70% მიეკუთვნება ე.წ. “პირობით სუფთა” ჩამონადენს, რომლის ტემპერატურა წყალსატევების წყლის ტემპერატურასთან შედარებით მაღალია. ჩამდინარე წყლების დანარჩენი 30-40% დაბინძურებულია სხვადასხვა მავნე მინარევით.

**ბიოლოგიური დამბინძურებლები** წყალსატევებში ხვდება საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნასხლეტებთან ერთად, ძირითადად კვების, სამედიცინო-ბიოლოგიური, ცელულოზა-ქაღალდის მრეწველობის საწარმოებიდან.

**ქიმიური დამბინძურებლები** წყალსატევებში ხვდება სამრეწველო, ზედაპირულ და საყოფაცხოვრებო ნასხლეტებთან ერთად, მათ მიეკუთვნება:

ნავთობპროდუქტები, მძიმე ლითონები და მათი ნაერთები, მინერალური სასუქები, პესტიციდები, სარეცხი საშუალებები.

**ფიზიკური** დაბინძურებლები წყალსატევებში ხვდება სამრეწველო ნასხლეტებთან ერთად, შახტებიდან, კარიერებიდან, სამრეწველო ზონების, ქალაქების, სატრანსპორტო მაგისტრალების ჩარეცხვისას, ატმოსფერული მტვრის დალექვის შედეგად.

საქართველოში წყლის დაბინძურების ყველაზე მაღალი დონე შეიმჩნევა მდინარეებში: მტკვარი, ყვირილა, მაშავერა.

**არაორგანული ნარჩენების ტოქსიკურობა.** მდინარეებსა და ზღვებში სამრეწველო ჩამდინარე წყლებით ჩატანილი მძიმე ლითონების კონცენტრაციამ შეიძლება საშიშ დონეს მიაღწიოს. სტაბილური ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებები ფსკერზე ილექება და ამ წყალსატევების მუდმივ მეორად დაბინძურებას იწვევს. მაგალითად, ბალტიის ზღვის ფსკერზე დანალექი შეიცავს მძიმე ლითონებს, ფოსფორ- და გოგირდშემცველ ნაერთებს, ქლორორგანულ ნაწარმებს და სხვა დამაბინძურებელ ნივთიერებებს. მეცნიერებმა გამოავლინეს ზღვის თევზის (განსაკუთრებით ვირთევზას, ქორჭილას, ხეკის) დაბინძურება ძლიერტოქსიკური მეთილვერცხლისწყლით, ხოლო ზღვის ისეთ პროდუქტებში, როგორცაა კრევეტი და ზღვის საგარცხელა, აღმოჩენილია ასევე ძლიერტოქსიკური ეთილვერცხლისწყალი. დამაფიქრებელია აგრეთვე სასმელ წყალში ნიტრატების დონის ამაღლება. წყალში ნიტრატების მაღალი შემცველობა კუჭის კიბოს იწვევს, ხოლო ბავშვებში – გაზრდილი სიკვდილიანობის მიზეზს წარმოადგენს.

### 4.3. წყლის დაბინძურების წყაროები

**დასახლებული პუნქტები.** წყლის დაბინძურების ყველაზე ტრადიციულ წყაროს წარმოადგენს საყოფაცხოვრებო (ან კომუნალური) ჩამდინარე წყლები. ქალაქების წყალმოსხარება ჩვეულებრივ ფასდება ერთ სულ ადამიანზე წყლის საშუალო დღეღამური ხარჯის საფუძველზე. ეს ხარჯი მოიცავს სასმელ წყალს, აგრეთვე წყალს, რომელიც საჭიროა საკვების მოსამზადებლად და პირადი ჰიგიენისთვის, საყოფაცხოვრებო სანტექნიკურ მოწყობილობათა, გაზონებისა და ბოსტნების მოსარწყავად, ხანძრების ჩასაქრობად, ქუჩების ჩასარეცხად და ქალაქის სხვა საჭიროებისათვის. მოხმარებული წყალი თითქმის მთლიანად კანალიზაციაში ჩადედინება. რამდენადაც ჩამდინარე წყლებში ყოველდღიურად ჩაედინება უზარმაზარი რაოდენობის ფეკალიები, ქალაქის სამსახურების მთავარი ამოცანაა

ჩამდინარე წყლების გადამუშავების დროს გამწმენდი ნაგებობის კოლექტორებში პათოგენური მიკროორგანიზმების მოშორება. არასაკმარისად გაწმენდილი ფეკალური ჩამონადენის მეორადად გამოყენების შემთხვევაში მათში შემავალი ბაქტერიებსა და ვირუსებს შეუძლიათ ნაწლავური დაავადებების (ტიფის ქოლერის და დიზენტერიის), აგრეთვე ჰეპატიტისა და პოლიომიელიტის გამოწვევა. ჩამდინარე წყალში გახსნილი სახით არის საპონი, სინთეზური სარეცხი ფხვნილები, მადენზიფიცირებელი საშუალებები, გამათეთრებელი და საყოფაცხოვრებო ქიმიის სხვა ნივთიერებები. საცხოვრებელი ბინებიდან მოდის აგრეთვე ქაღალდის ნაგავი, ტუალეტის ქაღალდი, საბავშვო პაფენები, მცენარეული და ცხოველური საკვები. ქუჩებიდან კანალიზაციაში ჩაედინება წვიმის და მდნარი წყალი, ხშირად ქვიშასთან ან მარილთან ერთად, რომელიც გამოიყენება ქუჩის სავალ ნაწილზე და ტროტუარებზე თოვლისა და ყინულის დასადნობად.

**მრეწველობა.** ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში წყლის მთავარი და ყველაზე დიდი მომხმარებელი არის მრეწველობა. მდინარეში სამრეწველო ჩამდინარე წყლების მოცულობა 3-ჯერ აღემატება კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩამონადენს. წყალი მრავალ ფუნქციას ასრულებს, მაგალითად, ტექნოლოგიურად პროცესებში წყალი გამოიყენება ნედლეულად, გამახურებლად და გამაცივებლად, აგრეთვე წყალი გამოიყენება სხვადასხვა მასალის ტრანსპორტირების, დახარისხების და გარეცხვის მიზნით. ჩამდინარე წყლები წარმოიქმნება წარმოების ყველა სტადიაზე – ნედლეულის მოპოვებიდან, ნახევარფაბრიკატების მომზადებიდან მზა პროდუქციის გამოშვებამდე და მის შეფუთვამდე. რამდენადაც სხვადასხვა საწარმოო ციკლების ნარჩენების ჩაშვება ბევრად უფრო იაფია, ვიდრე მისი გადამუშავება და უტილიზება, ჩამდინარე წყლებთან ერთად ჩაედინება მრავალგვარი ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების უზარმაზარი რაოდენობა. წყალსატევებში ჩამდინარე წყლების ნახევარზე მეტს იძლევა მრეწველობის ოთხი ძირითადი მრეწველობა: ცელულოზა-ქაღალდის, ნავთობგადამამუშავებელი, ორგანული სინთეზის მრეწველობა და შავი მეტალურგია (ბრძმედის და ფოლადსადნობი წარმოება).

სამრეწველო ნარჩენების ზრდადი მოცულობის გამო ირღვევა მრავალი ტბისა და მდინარის ეკოლოგიური წონასწორობა, თუმცა ჩამდინარე წყლების დიდი ნაწილი არაა ტოქსიკური და მომაკვდინებელი ადამიანისათვის.



**თბური დაბინძურება.** ელექტროენერჯის წარმოება არის წყლის მასშტაბური ერთჯერადი გამომყენებელი, რომელიც წყალს ძირითადად იყენებს თბოელექტროსადგურის ტურბინებით გამომუშავებული ორთქლის გასაცივებლად და კონდენსაციისათვის. ამასთან წყალი თბება საშუალოდ 70°C-ით, რის შემდეგაც წყალი ჩაედინება უშუალოდ მდინარეებსა და ტბებში, წარმოადგენს რა დამატებითი სითბოს ძირითად წყაროს, რასაც “თბურ დაბინძურებას” უწოდებენ.

**სოფლის მეურნეობა.** წყლის მეორე ძირითადი მომხმარებელია სოფლის მეურნეობა, რომელიც წყალს იყენებს მინდვრების მოსარწყავად. მინდვრებიდან ჩამდინარე წყალი გაჯერებულია მარილების ხსნარებით და ნიადაგის ნაწილაკებით, აგრეთვე სასუქებით, ინსექტიციდებით, ფუნგიციდებით, ჰერბიციდებით, პესტიციდებით. გარდა ქიმიური ნაერთებისა, მდინარეში ჩაედინება ფერმებიდან დიდი მოცულობის ფეკალიები და სხვა ორგანული ნარჩენები. ბევრი ორგანული ნარჩენი წარმოიქმნება სოფლის მეურნეობის პროდუქციის გადამუშავების პროცესშიც.

**დაბინძურების გავლენა.** სუფთა წყალი გამჭვირვალეა და უფერული, არ აქვს სუნი და გემო, სუფთა წყალში არის ბევრი თევზი, მცენარე და ცხოველი. დაბინძურებული წყალი არის მღვრიე, არასასიამოვნო სუნით, გამოუსადეგარია დასალევად, ხშირად შეიცავს დიდი რაოდენობით ბაქტერიებსა და წყალმცენარეებს. წყლის თვითგაწმენდის სისტემა ( გამდინარე წყლით აერაცია და შეტივტივებული ნაწილაკების გამოლექვა ფსკერზე) არ მუშაობს მასში ანთროპოგენული დამბინძურებლების გადაჯერების გამო.

**ჯანგბადის შემცველობის შემცირება.** ჩამდინარე წყლებში შემავალი ორგანული ნივთიერებები იწვება აერობული ბაქტერიების ფერმენტებით, რომლებიც შთანთქამს წყალში გახსნილ ჟანგბადს და გამოყოფს ნახშირმჟავა აირს ორგანული ნარჩენების ათვისების კვალდაკვალ. დაშლის საბოლოო პროდუქტებია ნახშირმჟავა აირი და წყალი, მაგრამ შეიძლება წარმოიქმნას სხვა ნაერთებიც. მაგალითად, ბაქტერიები ნარჩენებში შემავალ აზოტს გადაამუშავებენაზოტად, რომელიც უერთდება ნატრიუმს, კალიუმს ან სხვა ქიმიურ ელემენტებს და წარმოქმნის აზოტმჟავას მარილებს-ნიტრატებს. გოგირდი გარდაიქმნება გოგირდწყალბადის ნაერთებად, რომლებიც თანდათან გადადის გოგირდში ან სულფატიონში, რომელიც აგრეთვე წარმოქმნის მარილებს. წყლებში, რომელიც შეიცავს ფეკალურ მასებს, მცენარეულ ან ცხოველურ ნარჩენებს, ქაღალდის

ბოჭკოს, და ცელულოზის ნარჩენებს, დაშლის პროცესები პრაქტიკულად ერთნაირად მიმდინარეობს.

რამდენადაც აერობული ბაქტერიები მოიხმარენ ჟანგბადს, ორგანული ნარჩენების დაშლის პირველ რეზულტატს წარმოადგენს წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობის შემცირება. ის იცვლება ტემპერატურისგან, აგრეთვე გარკვეულწილად მარილიანობისა და წნევისგან დამოკიდებულებით. 1 ლიტრი მტკნარი წყალი 20°C –ზე და ინტენსიური აერაციის დროს შეიცავს 9,2 მგ გახსნილ ჟანგბადს. წყლის ტემპერატურის ამადლებით ეს მაჩვენებელი მცირდება, ხოლო მისი გაცივებისას – იზრდება. ნორმატივების მიხედვით 20°C –ზე ჩვეულებრივი შემადგენლობის 1 ლიტრ კომუნალურ ჩამდინარე წყალს 5 დღის განმავლობაში 200 მგ ჟანგბადი სჭირდება. ამას ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნა ეწოდება და ასეთი რაოდენობის ჟანგბადი საჭიროა 1ლ ჩამდინარე წყლის გასაწმენდად. ტყავის, ხორცგადამამუშავებელი და შაქრის მრეკველობის საწარმოების ჩამდინარე წყლების ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნა გაცილებით მაღალია, ვიდრე კომუნალური ჩამდინარე წყლებისა. ჩქარი დინების პატარა წყალსატევებში, სადაც წყალი ინტენსიურად გადაერევა, ჟანგბადის მარაგი კომპენსირდება ატმოსფეროდან. ერთდროულად, ჩამდინარე წყლებში შემავალი ნივთიერებების დაშლისას წარმოქმნილი ნახშირმჟავა აქროლდება ატმოსფეროში. ამრიგად, მცირდება ორგანიკის გახრწნის პროცესების არახელსაყრელი ზემოქმედების ვადა. და პირიქით, ნელი დინების წყალსატევებში, სადაც წყალი ნელა გადაერევა და იზოლირებულია ატმოსფეროსგან, გარდაუვალია ჟანგბადის შემცველობის შემცირება და ნახშირმჟავა აირის კონცენტრაციის ზრდა. როდესაც ჟანგბადის შემცველობა გარკვეულ ზღვრამდე შემცირდება, იხოცება თევზი და სხვა ცოცხალი ორგანიზმები, რაც თავის მხრივ იწვევს ხრწნადი ორგანიკის მოცულობის ზრდას. თევზის დიდი ნაწილი იღუპება სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო ჩამდინარე წყლებით მოწამვლის შედეგად, ხოლო დიდი ნაწილი წყალში ჟანგბადის უკმარისობის გამოც იღუპება. თევზები, ისევე როგორც ყველა ცოცხალი არსებები, შთანთქამენ ჟანგბადს და გამოყოფენ ნახშირმჟავა აირს. თუ წყალში არის ცოტა ჟანგბადი, მაგრამ არის ნახშირმჟავა აირის მაღალი კონცენტრაცია, ცოცხალი ორგანიზმების სუნთქვის ინტენსიურობა მცირდება.

**ზოგიერთი დარგის მრეწველობის მიერ წყლების დაბინძურება.**  
წყალში, რომელიც განიცდის თბურ დაბინძურებას, ხსირად იქმნება პირობები, რომელიც იწვევს თევზების დაღუპვას. წყალში მცირდება ჟანგბადის შემცველობა, რამდენადაც თბილ წყალში ჟანგბადი ცუდად იხსნება, ამასთან ჟანგბადზე მოთხოვნა მკვეთრად იზრდება, რამდენადაც იზრდება აერობული ბაქტერიებითა და თევზებით ჟანგბადის მოხმარების ტემპი.

მუავების, მაგალითად გოგირდმუავეს, ქვანახშირის შახტებიდან სადრენაჟო წყლებთან ერთად აგრეთვე არსებითად ამცირებს ზოგიერთი სახეობის თევზის უნარს აითვისოს წყლიდან ჟანგბადი.

**ბიოლოგიური გახრწნა.** ხელოვნური მასალები, რომლებიც იხრწნიან ბიოლოგიური გზით, ზრდის ბაქტერიებზე დატვირთვას, რაც, თავის მხრივ, იწვევს გახსნილი ჟანგბადის მოხმარების ზრდას. ეს მასალები სპეციალურად იქმნება ისე, რომ ისინი ადვილად გადასამუშავებელი იყოს ბაქტერიებით, ბუნებრივი ორგანული ნივთიერებები ჩვეულებრივ ბიოხრწნადია. თანამედროვე სარეცხი საშუალებები ბიოხრწნადია, მაგრამ ამას ნეგატიური შედეგიც აქვს— გაიზარდა ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნა და შესაბამისად გაიზარდა ჟანგბადის ხარჯის ტემპი.

**აირების წარმოქმნა.** ცილებისა და ცხოველური გამონაყოფის მიკრობიოლოგიური გახრწნის ძირითადი პროდუქტია ამიაკი. ამიაკი და მისი აირადი წარმოებულები ამინები წარმოიქმნება როგორც წყალში გახსნილი ჟანგბადის არსებობის, ისე არარსებობის შემთხვევაში. ჟანგბადის არსებობის შემთხვევაში ამიაკი იჟანგება ბაქტერიებით ნიტრატებისა და ნიტრიტების წარმოქმნით. ჟანგბადის არარსებობის შემთხვევაში ამიაკი არ იჟანგება, და მისი შემცველობა წყალში სტაბილური რჩება.

ჟანგბადის შემცველობის შემცირებისას წარმოქმნილი ნიტრატები და ნიტრიტები აირად აზოტად გარდაიქმნება. ეს საკმაოდ ხშირად ხდება, როდესაც სასუქებშეტანილი მინდვრებიდან წყალი ჩაედინება მდგარ წყალსატევში, სადაც ორგანული ნაერთებიც გროვდება. ასეთი წყალსატევის ფსკერის ლამი შეიცავს ანაერობული ბაქტერიებს, რომელიც ვითარდება უჟანგბადო გარემოში. ისინი იყენებენ სულფატებში შემავალ ჟანგბადს და წარმოქმნიან გოგირდწყალბადს. როდესაც ნაერთებში საკმარისია არაა ჟანგბადი, ვითარდება ანაერობული

ბაქტერიების სხვა ფორმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ორგანული ნივთიერებების გახრწნას. ბაქტერიების სახის მიხედვით წარმოიქმნება ნახშირმჟავა აირი, წყალბადი და მეთანი – უფერო და უსუნო წვადი აირი, რომელსაც ჭაობის აირსაც უწოდებენ.

#### 4.4. ევტროფიკაცია

ევტროფიკაცია, ანუ ევტროფირება, არის წყალსატევების გამდიდრების პროცესი საკვები ნივთიერებებით, განსაკუთრებით ძირითადად ბიოგენური წარმოშობის აზოტით და ფოსფორით. შედეგად მიმდინარეობს ტბის თანდათანობითი გაბარდვა და მისი ჭაობად გადაქცევა, შევსება ლამით და ხრწნადი მცენარეული ნარჩენებით. ეს ჭაობი ბოლოს და ბოლოს სრულად ამოშრება. ბუნებრივ პირობებში ეს პროცესი ათეულობით ატასი წლის განმავლობაში მიმდინარეობს, თუმცა ანთროპოგენული დაბინძურების შედეგან ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს.

ასე, მაგალითად, პატარა გუბურასა და ტბაში ადამიანის გავლენით ეს პროცესი სულ რაღაც რამდენიმე ათეულ წელიწადში სრულდება. ევტროფიკაცია ძლიერდება, როდესაც მცენარეების ზრდა სტიმულირდება სასუქებით, აგრეთვე სარეცხი საშუალებებით გაჯერებულ წყალში შემავალი აზოტითა და ფოსფორით. ამ ჩამდინარე წყლების მიმღები ტბის წყალი, წარმოადგენს ნაყოფიერ გარემოს წყალმცენარეების სწრაფად ზრდისათვის, რომელიც იკავებს სივრცეს, რომელშიც ჩვეულებრივ ბინადრობს თევზი.

წყალმცენარეები და სხვა მცენარეები, კვდომის შედეგად ეცემა ფსკერზე და იხრწნება აერობული ბაქტერიებით, რისთვისაც იყენებენ ჟანგბადს, რაც საბოლოო ჯამში თევზის დახოცვას იწვევს.



ნახ.7. ტბები ჩუბატოე და ლებედინოე

ტბა ივსება მცურავი და მიმაგრებული წყალმცენარეებით და წყლის სხვა მცენარეებით, აგრეთვე პატარა ცხოველებით, რომლებიც ამ მცენარეებით იკვებებიან. ლურჯმწვანე წყალმცენარეები, ანუ ციანობაქტერიები წყალს ცუდ სუნსა და თევზის გემოს აძლევს, ქვები კი ლორწოთი იფარება.

#### 4.5. ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვება წყალში

პესტიციდების მდგრადობამ და ტოქსიკურობამ უზრუნველყო გამარჯვება მწერებთან (მათ შორის მალარიის კოდოსთან), სხვადასხვა სარეველასტან და ნათესების გამანადგურებელ მავნებლებთან ბრძოლაში. თუმცა, დადგენილია, რომ პესტიციდები ეკოლოგიურად მავნე ნივთიერებებია, რამდენადაც გროვდება სხვადასხვა ორგანიზმში და ცირკულირებს კვების, ანუ თროპიკულ ჯაჭვში. პესტიციდების უნიკალური ქიმიური სტრუქტურა ქიმიური და ბიოლოგიური დაშლის ჩვეულებრივ პროცესებს არ ემორჩილება. შესაბამისად, როდესაც პესტიციდებით დამუშავებული მცენარეები და სხვა ცოცხალი ორგანიზმები გამოიყენება ცხოველების მიერ, მომწამლავი ნივთიერებები გროვდება და მათი კონცენტრაცია მაღალ კონცენტრაციას აღწევს მათ ორგანიზმში. რამდენადაც უფრო დიდი ცხოველები იკვებებიან უფრო მცირე ზომის არსებებით, ეს ნივთიერებები ხვდება თროპიკული ჯაჭვის უფრო მაღალ დონეზე. ეს ხდება როგორც ხმელეთზე, ისე წყალსატევებში. წვიმის წყალში გახსნილი და ნიადაგის ნაწილაკებით შთანთქმული ქიმიკატები გამორეცხვის შედეგად ხვდება გრუნტის წყლებში, ხოლო შემდეგ მდინარეებში, სადაც გროვდება თევზებში და წყლის უფრო მცირე ორგანიზმებში. თუმცა ზოგიერთი ცოცხალი ორგანიზმი შეეგუა კიდევ ამ მავნე ნივთიერებებს, იყო ცალკეული სახეობების მასიურად დაღუპვის შემთხვევები, სავარაუდოდ სასოფლო-სამეურნეო შხამქიმიკატებით მოწამვლის შედეგად. მაგალითად, დიდი დარტყმა მიაყენა ისტიოფაუნას ისეტმა ინსექტიციდებმა, როგორცაა როტენონი და DDT და პესტიციდმა 2,4-D. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ტოქსიკური ქიმიკატების კონცენტრაცია არაა სასიკვდილო, ამ ნივთიერებებმა შეიძლება გამოიწვიოს თროპიკული ჯაჭვის შემდგომ საფეხურზე ცხოველების კვდომა.

**ტოქსიკური მეტალების გავლენა.** ისეთ ტოქსიკურ მეტალებსაც, როგორცაა ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, კადმიუმი და ტყვია, ახასიათებთ კუმულაციის ეფექტი. მცირე დოზებით მათი დაგროვების რეზულტატი შეიძლება ისეთივე იყოს, როგორც

ერთჯერადი დიდი დოზის მიღების შემთხვევაში. სამრეწველო ჩამდინარე წყლებში შემავალი ვერცხლისწყალი გამოილეკება მდინარეებსა და ტბებში ფსკერის ლამურ გამონალექში. ლამში მობინადრე ანაერობული ბაქტერიები გადაამუშავენ ტოქსიკურ ფორმაში (მაგალითად მეთილვერცხლისწყალი), რომელსაც შეუძლია სერიოზულად დააზიანოს ცხოველებისა და ადამიანის ნერვული სისტემისა და ტვინის დაზიანება, აგრეთვე გამოიწვიოს გენეტიკური მუტაცია. მეთილვერცხლისწყალი – აქროლადი ნივთიერებაა, რომელიც გამოიყოფა ფსკერული ნალექისგან, ხოლო შემდეგ წყალთან ერთად ხვდება თევზის ორგანიზმში და გროვდება მის ქსოვილებში. მიუხედავად იმისა, რომ თევზები არ კვდებიან, ადამიანი მოწამლული თევზით კვების შემთხვევაში შეიძლება მოიწამლოს და მოკვდეს კიდევ. ჩამდინარე წყლებში ხვდება ხოლმე აგრეთვე დარიშხანი, რომელიც მცირე, მაგრამ მაინც იზომება სარეცხ საშუალებებში, წყალში ხსნად ფერმენტებსა და ფოსფატებში, საღებარებში, კოსმეტიკურ ხელსახოცებსა და ტუალეტის ქაღალდში. სამრეწველო ჩამდინარე წყალთან ერთად აკვატორიაში ხვდება აგრეთვე ტყვია (რომელიც გამოიყენება მეტალური ნაკეთობის, აკუმულატორის ბატარეების, საღებავების, მინის, ბენზინის და ინსექტიციდების წარმოებაში) და კადმიუმი ( რომელიც ძირითადად აკუმულატორების ბატარეების წარმოებაში გამოიყენება).

#### 4.5. წყლის რადიაქტიური დაბინძურება

რადიაქტიური იზოტოპები, ანუ რადიონუკლიდები (ქიმიური ელემენტების რადიაქტიური ფორმები), აგრეთვე აკუმულირდება კვებითი ჯაჭვის შიგნით, რამდენადაც ეს ნივთიერებები მდგრადია მთელ ბუნებაში. რადიაქტიური დაშლის პროცესში რადიოიზოტოპის ატომის ბირთვი გამოაფრქვევენ ელემენტარულ ნაწილაკებს და გამოასხივებენ ელექტრომაგნიტურ სხივებს. ეს პროცესი იწყება რადიაქტიური ქიმიური ელემენტის ფორმირებასთანავე და გრძელდება მანამ, სანამ ყველა ატომი რადიაციის ზემოქმედებით არ ტრანსფორმირდება სხვა ელემენტების ატომებად. ყოველი რადიოიზოტოპი ხასიათდება ნახევარდაშლის გარკვეული პერიოდით – დროით, რომლის განმავლობაშიც რადიაქტიურ ატომთა რიცხვი ორჯერ მცირდება. რამდენადაც ბევრი რადიაქტიური იზოტოპის ნახევარდაშლის პერიოდი ძალიან დიდია (მაგალითად, მილიონი წელია), მათი

მუდმივი გამოსხივება შეიძლება რადიაქტიური ნივთიერებებით დაბინძურებულ წყალსატევებში მობინადრე ცოცხალი ორგანიზმების დაღუპვის მიზეზი გახდეს. ცნობილია, რომ რადიაცია აზიანებს მცენარეთა და ცხოველთა ქსოვილებს, იწვევს გენეტიკურ მუტაციებს, უნაყოფობას, ხოლო საკმაოდ მაღალი დონის შემთხვევაში – დაღუპვას. ცოცხალ ორგანიზმებზე რადიაციის ზემოქმედების მექანიზმი ბოლომდე შესწავლილი არ არის, არ არის შემუშავებული ნეგატიური ზემოქმედების შერბილებისა და თავიდან აცილების ეფექტური მეთოდები.

#### **4.6. წყლის გაწმენდა და მომზადება. საკანალიზაციო სისტემები**

მდინარეებიდან, ნაკადულებიდან, ტბებიდან და სხვა წყაროებიდან წყლის გამოსაყენებლად როგორც დაღუპვის, ისე სამრეწველო მიზნებით, აუცილებელია მისი წინასწარი გაწმენდა და სასმელ წყალზე არსებული სტანდარტების მოთხოვნებთან შესაბამისობაში მოყვანა. წყლის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების განსაზღვრა უნდა ხდებოდეს სახელმწიფო სანიტარიული ზედამხედველობის მიერ „გაჭუჭყიანებისგან ზედაპირული წყლების დაცვის წესების“ მიხედვით და ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტებით.

ჩამდინარე წყლების წყალსატევებში ჩაშვება, აგრეთვე მისი გაწმენდა წარმოებს მოქმედი ნორმატიული დოკუმენტების შესაბამისად, რომლებშიც განსაზღვრულია მათი ჩაშვების და გაწმენდის ხარისხის პირობები. საწარმოო ჩამდინარე წყლების შეგროვება, გადაგდება და გაწმენდა ხორციელდება საკანალიზაციო სისტემებით, რომლებიც შედგება შემდეგი ელემენტებისგან:

- შიდასაამქრო საკანალიზაციო მოწყობილობები;
- გარე საკანალიზაციო ქსელი;
- ტუმბოების სადგური;
- გამწმენდი ნაგებობები;
- წყალსატევში ჩამდინარე წყლების ჩამშვები მოწყობილობა.

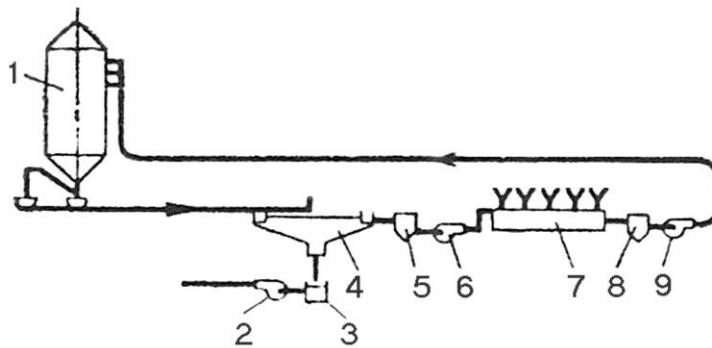
#### **4.7. სამრეწველო საწარმოებში წყლის მეურნეობა**

ქიმიური, მეტალურგიული, მანქანათმშენებლობის და მისთ. წარმოების სხვადასხვა უბანზე გამოიყენება დიდი რაოდენობით წყალი - როგორც გამაცივებელი, ტექნოლოგიური, სამომხმარებლო, აგრეთვე როგორც ნედლეული.

ამასთან, ოფიციალური საკანონმდებლო მოთხოვნების თანახმად ნამუშევარი წყალი გასაკამკამებელ დანადგარებში ჩაშვებამდე უნდა გაიწმინდოს.

გაჭუჭყიანებული წყლის წყალსატევებში ჩაშვების აკრძალვის შედეგად სველი აირგაწმენდის შემთხვევაში გამოიყენება საბრუნო წყალმომარაგება, რომლის დროსაც გაწმენდის სისტემაში გამოიყენება ერთი და იგივე წყალი, რომელიც უწყვეტად იწმინდება და ცივდება. დაბინძურებული ჩამონადენის ლიკვიდაციასთან ერთად საბრუნო წყალმომარაგება წყლის მოხმარების უზარმაზარ ეკონომიას იძლევა.

საბრუნო წყალმომარაგების სისტემის შემადგენელი მოწყობილობებია: სალექარი, საბრუნო წყლის გასაცივებელი მოწყობილობა, კამკამა წყლის გადასაქანი ტუმბო და აირგაწმენდის სისტემაში გამაცივებელი წყლის მისაწოდებელი ტუმბო. საჭიროების შემთხვევაში წყლის ქიმიური დამუშავება ხდება დამწდომში. საბრუნო წყალმომარაგების პრინციპიული სქემა მოცემულია 8 ნახაზზე .



ნახ. 8 . საბრუნო წყალმომარაგების სქემა.

1-მტვერდამკერი; 2-შლამის ტუმბო; 3-შლამის ჭა; 4-დამწდომი; 5-ჭა სუფთა წყლისათვის; 6-ტუმბო სუფთა წყლისათვის; 7-წყლის გამაცივებელი; 8- გამაცივებელი წყლის ჭა; 9-გაცივებული წყლის ტუმბო.

**სალექარი.** პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება რადიალური სალექარი, რომელიც წარმოადგენს 20-30 მ დიამეტრის რკინაბეტონის მრგვალ რეზერვუარს, რომელსაც



აქვს ცენტრისკენ დახრილი ფსკერი. რეზერვუარის სიღრმე 1,5 მ-ს აღწევს. წყალი მიეწოდება სალექარის ცენტრალურ ნაწილში სპეციალური დარით, საიდანაც წყალი იწყებს ნელ მოძრობას რადიალური მიმართულებით. კედელთან მიღწევისას უკვე გაკამკამებული წყალი დაკბილული წყალსადინარიდან გადაედინება მრგვალ ღარში, საიდანაც მიეწოდება ტუმბოებს. ფსკერზე გამოლექილი ნალექი უწყვეტად გროვდება სალექარის ცენტრში სპეციალური საფხეკის დახმარებით. სალექარის ცენტრიდან ნალექი პულპის სახით გაედინება მილებით შლამის ტუმბოებთან. ეს უკანასკნელი კი გადაქაჩავს მას შლამის მაგროვებელში ან გამაუწყლოვნებელ დანადგარში.

**გამაცივებელი მოწყობილობა.** საბრუნე წყლის გაცივება ხდება შხეფსაცივარში ან საშხეფ ავზში. შხეფსაცივარში ხის წყობურზე ჩამოედინება გასაცივებელი წყალი. შემხვედრი ჰაერის ნაკადის ხარჯზე წყლის ნაწილი ორთქლდება. ხოლო დარჩენილი ნაწილი ცივდება და ჩაედინება სარწყავის ქვეშ მოწყობილ რეზერვუარში, საიდანაც ტუმბოებით გადაიქაჩება აირგაწმენდაზე.

საშხეფე ავზი ღია რეზერვუარია, რომლის თავზეც მოწყობილია საფრქვეველი, რომელიც გასაცივებელ წყალს აფრქვევს ქვევიდან ზევით. წყლის წვეთები ქვევიდან ზევით მოძრობისას და შემდეგ, ქვევით ვარდნისას ცივდება და, ნაწილობრივ, ორთქლდება.

გაკამკამებული და გაცივებული წყლის გადასაქაჩად გამოიყენება ჩვეულებრივი კონსტრუქციის ცენტრიდანული ტუმბო. შლამის გადასაქაჩად გამოიყენება სპეციალური შლამის ტუმბო, რომელიც გათვლილია პულპის გადასაქაჩად.

**რეაგენტები ტივტივარების კოაგულაციისათვის.** დალექვის პროცესი ინტენსიურად მიდის კოლოიდური სისტემის წარმოქმნისას. ჩამდინარე წყლების გაწმენდისას კოაგულანტებად გამოიყენება რკინის აჯასპი ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2$ ), რკინის (III) ქლორიდი ( $\text{FeCl}_3$ ), ალუმინის სულფატი ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), ჩაუმქრალი კირი ( $\text{CaO}$ ), პოლიაკრილამიდი (PAA).

იმ შემთხვევაში, თუ დასალექი ნაწილაკების ზომა 1 მკმ-ზე ნაკლებია, გასაწმენდ წყალში კოაგულანტები შეჰყავთ სპეციალური დოზიმეტრების საშუალებით. მეტალური ტივტივარებისათვის პერსპექტიულია მაგნიტური კოაგულაციის გამოყენება.

**საბრუნე ციკლის წყლის რეჟიმი.** დასაჭერი მტვრისა და გასაწმენდი აირის ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით საბრუნე ციკლის წყალმა შეიძლება შეიძინოს

მუავა ან ტუტე რეაქცია. მუავა რეაქცია განპირობებულია წყალში  $SO_4^{2-}$  და  $Cl^-$  იონების გადასვლით. იგი იწვევს მილსადენების და მოწყობილობის კოროზიას. ტუტე რეაქციას წყალი, უმეტეს შემთხვევაში, მტვერში კირის მაღალი შემცველობისას იძენს. ტუტე რეაქციის მქონე წყალში ტივტივარებს მინალექების წარმოქმნის მიდრეკილება აქვთ. საბრუნო წყლის მუავიანობა ან ტუტიანობა წყალბადის მაჩვენებლის სიდიდით (pH) ხასიათდება. ნეიტრალური თვისებების წყლისათვის pH=7, pH-ის მაღალი მნიშვნელობა წყლის ტუტიანობაზე მიუთითებს, ხოლო pH-ის დაბალი მნიშვნელობა - მის მუავიანობაზე. მდგრადი კარბონატული ნალექის თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება საბრუნო წყლის ფოსფატირება.

ჩამდინარე წყლების და საბრუნო ციკლის წყლის დამუშავება ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში ინდივიდუალურ მიდგომას მოითხოვს. განსაკუთრებულ სიძნელეს წარმოადგენს ჩამდინარე წყლების გასუფთავება სხვადასხვა ქიმიური, ხშირად ძალიან ტოქსიკური, მინარევებისაგან. მაგალითად, ჩამდინარე ფენოლშემცველი წყლების დამაკმაყოფილებელი გაწმენდა შესაძლებელია ბიოქიმიური დამუშავებით, კერძოდ, მიკრობების სპეციალური კულტურების გამოყენებით.

#### 4.8. ჩამდინარე წყლების გაწმენდა

ჩამდინარე წყლების გაწმენდა მნიშვნელოვანი პრობლემაა და განპირობებულია საწარმოო პროცესის სახეობით, ჩამდინარე წყლების გატუტყვიანების ხარისხით, შემადგენლობით, შემადგენელი კომპონენტების კონცენტრაციით, ეკონომიკით და ა.შ.

ხშირად ჩამდინარე წყლების ტუტყვი ძვირფას ნარჩენს წარმოადგენს. ამიტომ მისი დატყერა აუცილებელია როგორც ეკოლოგიური, ისე ეკონომიკური თვალსაზრისით.

იმისდა მიხედვით, თუ რომელი ნივთიერებით არის დაბინძურებული ჩამდინარე წყალი, მის გასაწმენდად გამოიყენება ფიზიკური ( მექანიკური), ქიმიური ან ბიოლოგიური მეთოდი. თითოეული მათგანი გამოიყენება როგორც დამოუკიდებლად, ისე ერთმანეთთან კომპლექსში.

წყლის გაწმენდის და მომზადების **ფიზიკური მეთოდები** გამოიყენება ჩამდინარე წყლიდან უხსნადი მინერალური და არაორგანული მინარევების გამოსაყოფად. როგორც წესი, ასეთი გაწმენდა წინასწარი გაწმენდის სტადიას წარმოადგენს.

წყალგაწმენდის პირველი სტადიაა გაცხრილვა, რომლის დროსაც ხდება წყალში მოცურავე დიდი საგნების და შეტივტივებული ნაგვის მოშორება.

მექანიკური მეთოდი მოიცავს: დალექვას (ანუ გაკამკამებას), დაცალკევებას და გაფილტვრას.

დალექვა ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ყველა შემთხვევაში გამოიყენება როგორც წინასწარი ოპერაცია. ჩამდინარე წყლების დალექვა ხდება სხვადასხვა კონსტრუქციის დამწდომებში, დამწდომ ტბორებში, ნარჩენების საცავში და ა.შ. ჩამდინარე წყლების დაწდომის საჭირო ხარისხი განისაზღვრება: (წყალსაცავებში ჩაშვებისას) სანიტარიული ნორმებით და ტექნოლოგიური მოთხოვნებით (მეორადი გამოყენებისას).

ჩამდინარე წყლების დაცალკევება ხდება ჰიდროციკლონებში და ცენტრიფუგებში. ჰიდროციკლონები ძირითადად გამოიყენება ჩამდინარე წყლებიდან მძიმე მინარევების გამოსაყოფად, ხოლო ცენტრიფუგები ორი და მეტი ფაზისაგან შემდგარი არაერთგვაროვანი სისტემების, აგრეთვე სუსპენზიების, ემულსიების და აეროზოლების დასაყოფად.

ფილტვრა გამოიყენება ჩამდინარე წყლების მექანიკური, ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური ან ბიოლოგიური მეთოდებით გაწმენდის შემდეგ სუსპენდირებული ნაწილაკებისაგან უფრო ფაქიზი გაწმენდისათვის.

რკინის მექანიკური მინარევებისაგან ჩამდინარე წყლების გაწმენდის პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის პერსპექტიულია მაგნიტური ველის გამოყენება. ჩამდინარე წყლების ხანმოკლე მაგნიტური დამუშავებით ხდება მასში ფერომაგნიტური მინარევების დამაგნიტება, ე.ი. ნაწილაკებს შორის დამატებითი მაგნიტური ურთიერთმოქმედი ძალების აღძვრა, რომელთა გავლენით ხდება შეტივტივებული ნაწილაკების კოაგულაცია, და სათანადოდ, აჩქარება და დამწდომში გამოლექვა.

**აერირება.** წყლის აერირება სხვადასხვა მეთოდით ხორციელდება, მაგალითად, ჩანჩქერულ კასკადზე. ამ პროცესის დროს ხდება წყლიდან გოგირდის დიოქსიდის, გოგირდწყალბადის და აქროლადი ზეთების მოშორება, რომლებიც წყალს სპეციფიურ გემოს ან სუნს აძლევს. აერირების დროს ასევე ხდება წყალში გახსნილი რკინის და მანგანუმის იონების დაუანგვა.

**ფლოკულაციის** პროცესი მიდის წყლის ფრთხილი შენჯღრევით, რაც იწვევს წვრილი ნაწილაკების კონგლომერაციას უფრო მსხვილი ნაწილაკების წარმოქმნით. წარმოქმნილი კონგლომერატი სწრაფად ილექება ფსკერზე.

**სედიმენტაციის** დროს ხდება წყალში შეტივტივებული ნაწილაკების ფსკერზე გამოლექვა.

ფილტვრის დროს ხდება წყლიდან წვრილი შეწონილი მასის გამოყოფა, რისთვისაც წყალს ატარებენ სუფთა ან დაფქვილი ხის ნახშირის და ქვიშის ნარევის ფენაში. ქვიშის ფენა დაყრილია ღორღის ფუქემრზე.

**წყლის გაწმენდის და მომზადების ქიმიური მეთოდები.** წყლის მომზადების ქიმიურ მეთოდებს მიეკუთვნება: კოაგულაცია, დეზინფექცია, წყლის დარბილება, აღსორბცია, დაჟანგვა, გაცივება, ფლოტაცია, ნეიტრალიზაცია. ქიმიური გაწმენდა გამოიყენება: კოლოიდური და შეტივტივებული ნაწილაკების გამოსალექად, მძიმე ლითონებისგან გასანთავისუფლებლად, მჟავათა და ტუტეთა გასანეიტრალებლად, მომწამლავ ნივთიერებათა გასაუვნებლად. ქიმიური გაწმენდა შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც გაწმენდის დამოუკიდებელი მეთოდი საბრუნო წყალმომარაგების სისტემაში ან წყალსაცავებში წყლის ჩაშვებამდე. მთელ რიგ შემთხვევებში ქიმიური გაწმენდის მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია ბიოლოგიური, სორბციული ან სხვა მეთოდით გაწმენდის წინ. ქიმიური მეთოდებით ჩამდინარე წყლების გაწმენდისას პარალელურად ხდება სხვადასხვა კომპონენტის მიღება.

**კოაგულაცია.** წყალში შეწონილი წვრილი და კოლოიდური ნაწილაკების კოაგულაციისათვის გამოიყენება სპეციალური კოაგულანტები, რომელთა მოქმედებითაც წყალში წარმოიქმნება მსუბუქი ტივტივარები, რომელთა ნაწილაკების ზომა და სიმკვრივე სედიმენტაციით მოშორების საშუალებას იძლევა. წყლის შემადგენლობაში შემავალი ტუტე ნივთიერებების მოსაშორებლად გამოიყენება ისეთი კოაგულანტები, როგორცაა ნატრიუმის ალუმინატი და ალუმინის სულფატი.

**დეზინფექცია** ტარდება წყალში შემავალი მიკროორგანიზმების მოსასპობად.

დეზინფექციისათვის, როგორც წესი, გამოიყენება ქლორი. ქლორირება წყლის მომზადების უკანასკნელი სტადიაა. დაქლორვის შემდეგ წყალში რჩება 1,5 მგ/ლ ქლორი.

წყლის გაუსნებოვნებისათვის გამოიყენება აგრეთვე ოზონირება და ულტრაიისფერი სხივებით ბაქტერიციდული დასხივება.

**წყლის დარბილება.** წყლის დარბილების დროს ხდება წყლის სიხისტის მოშორება, რომელსაც იწვევს მასში გახსნილი კალციუმის და მაგნიუმის მარილები. ამ მიზნით წყალსადენ სადგურებში წყალში უმატებენ კალციუმის ჰიდროქსიდს ან ნატრიუმის კარბონატს. წყლის დასარბილებლად შეიძლება იონმიმოცვლითი ფისების გამოყენებაც.

**ადსორბცია.** ადსორბცია ეწოდება ერთი ნივთიერების ზედაპირით მეორე ნივთიერების შთანთქმას. წყლის მომზადების პროცესში წყლიდან ორგანული ნაერთების მოსაშორებლად ხდება მათი ადსორბირება აქტივირებულ ნახშირზე. წყლის მომზადებისას ზოგიერთი ორგანული ნაერთის მოშორება ჩვეულებრივი პროცესებით ვერ ხერხდება.

**დაუანგვა.** წყლიდან ზოგიერთი არასასურველი ნივთიერების მოსაშორებლად შეიძლება მათი დაუანგვა და ამით ნაკლებად მავნე ფორმაში გადაყვანა. მაგალითად, ოზონით დაუანგვა წყალში გახსნილი ციანიდების ციანატებად გარდაქმნის საშუალებას იძლევა.

**ფლოტაცია.** ფლოტაციის მეთოდი ემყარება ქაფის წარმოქმნას. სხვადასხვა ნივთიერებას სხვადასხვა დასველებადობა ახასიათებს, რის გამოც ზოგი ნაწილაკი ჰაერის ბუშტულას თითქოს “მიეწებება” და ამოტივტივდება წყლის ზედაპირზე. ამ მეთოდით იშინდება ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებების და ნავთობპროდუქტების შემცველი ჩამდინარე წყლები. მეთოდი ეკონომიურია და მოხერხებული.

**წყლის გაწმენდის ბიოლოგიური მეთოდები.** ორგანული მინარეგებისაგან ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად ყველაზე მეტად მიზანშეწონილია **ბიოლოგიური მეთოდების** გამოყენება. ჩამდინარე წყლების ბიოლოგიური გაწმენდა ხდება აერობულ და ანაერობულ პირობებში. წმენდის აერობული მეთოდები დაფუძნებულია აერობული მიკროორგანიზმების გამოყენებაზე, რომელთა ცხოველქმედება შესაძლებელია წყალში თავისუფალი ჟანგბადის არსებობის შემთხვევაში. ჟანგბადის გარეშე მიდის ანაერობული პროცესები, რომლებიც ძირითადად აქტიური ლამის დასადულებლად გამოიყენება. ბიოლოგიური გაწმენდის დროს დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ერთი ნაწილი, რომელიც მიკროორგანიზმებით იჟანგება, გამოიყენება ბიოსინთეზის პროცესებში (ბიომასის

წარმოქმნა), ხოლო მეორე ნაწილი გადადის დაჟანგვის უწყინარ პროდუქტებში -  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$  და სხვ.

აერობულმა გაწმენდამ ფართო გამოყენება ჰპოვა და იგი მიმდინარეობს როგორც ბუნებრივ პირობებში (წყალსაცავებში, დამჟანგველ ტბორებში, სარწყავ მინდვრებში), ისე ხელოვნურ გამწმენდ ნაგებობებში (აეროფილტრებში, ბიოფილტრებში და ა. შ.). უფრო ხშირად აერობული წმენდა ხორციელდება გამდინარე ტიპის ღია აუზებში, სადაც იმყოფება აქტიური ლამი. ლამის ნარევი (ჩამდინარე წყალი და აქტიური ლამი) განიცდის ინტენსიურ აერაციას, რომლის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია გამდინარე წყალში მინარევების კონცენტრაციაზე და გაწმენდის საჭირო ხარისხზე. ამ დროს ხდება ჩამდინარე წყლებში შემავალი რთული ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვა მარტივ პროდუქტებად.

იგივე პრინციპი გამოიყენება ბიოფილტრებზე ჩამდინარე წყლების გაწმენდისას. განსხვავება იმაშია, რომ ამ დროს წყალი იფილტრება რომელიმე ფოროვანი მასალის (კოქსი, კერამიტი, წიდა და ა.შ.) გავლით.

ანაერობული მეთოდებით ჩამდინარე წყლების წმენდა ხდება დახურული ტიპის რეზერვუარებში, რომლებიც შეიცავენ ანაერობულ ლამს. ეს ლამი შეიცავს სხვადასხვა ჯგუფის მიკროორგანიზმებს, რომლებიც იწვევენ დუდილის პროცესებს. ანაერობული წმენდა მიდის  $20 - 60^{\circ}C$  ტემპერატურის დიაპაზონში და გამოიყენება კონცენტრირებული ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად, ასევე რეზერვუარებში წარმოქმნილი ნალექებისა და ჭარბი ლამის გასაუვნებლად.

პერსპექტიულ და ეკონომიურად საინტერესო მეთოდს წარმოადგენს ახალი წყლის მოსამზადებლად და ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად მემბრანული ტექნოლოგიის გამოყენება.

მემბრანა წარმოადგენს ხელოვნური პოლიმერისაგან დამზადებულ ბრტყელ კონსტრუქციას, რომელთა თვისებები შეცვლილია ისეთი მიმართულებით, რომ მათ შეუძლიათ დიდი და პატარა მოლეკულების დაცალკევა. კერძოდ, ჰიდროფილურ მემბრანებს შეუძლიათ უპირატესად პატარა-წყლის მოლეკულების გატარება, ხოლო ზეთისა და ცხიმის (პლასტიკური საპოხის) ემულგირება და ამიტომ მსხვილი მოლეკულების, აგრეთვე სხვა ჭუჭყის დაჭერა.

ულტრაფილტრაციის დროს განცალკევების ზღვრებია  $0,005\pm 1,0$  მკმ. მემბრანული ტექნოლოგიის დროს ასევე შეიძლება მივაღწიოთ  $0,001\pm 0,02$  მკმ დიაპაზონს, რომელსაც ეწოდება ნანოფილტრაციის დიაპაზონი.

მემბრანულ ფილტრაციას აქვს ის დიდი უპირატესობა, რომ ამ დროს არ ხდება ფილტრის გამკვდარება (მფილტრავი გარემოს ფორების თანდათან დაცობა), ამიტომ ფილტრის გამტარუნარიანობა დროთა განმავლობაში არ მცირდება.

მემბრანული ფილტრის დროს გაჭუჭყიანებული სითხე გაივლის მემბრანას გარდიგარდმო ნაკადის მეთოდით და არ იწვევს ფორების ამოვსებას, რამდენადაც მემბრანას ჰიდროფილურობის წყალობით მემბრანა ატარებს უპირატესად წყლის პატარა მოლეკულებს.

ამრიგად, დაცალკევების მემბრანული მეთოდის დროს წყალი გადის მემბრანაში, როგორც სუფთა პერმეატი მნიშვნელოვანი დაწნევის გარეშე და ფორების დაცობის ალბათობის გარეშე, მაშინ როდესაც მოპირდპირე მხარეს სულ უფრო კონცენტრირდება ჭუჭყი. ჭუჭყის კონცენტრატი (ე.წ. რეტენატი - დაჭერილი ფრაქცია) შეიძლება უწყვეტად იქნას გაყვანილი სისტემიდან.

მემბრანის კომპაქტურობის მიზნით მემბრანულ აფსკს ახვევენ სპირალის (რულონის) სახით. პოლიმერების შერჩევით შეიძლება მუაგა-, ტუტე- და თბომდეგი მემბრანების დამზადება. გამოიყენება ცელულოზის აცეტატის, ცელულოზის, პოლიეთერსულფონის, პოლისულფონის და პოლიარამიდის მემბრანები.

მსოფლიოს მოწინავე განვითარებულ ქვეყნებში ხდება საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა, რომელიც სამ სტადიად მიდის:

**პირველადი გაწმენდის სტადიაზე** ხდება წყლის გაცხრილვა, მისგან დიდი ობიექტების და შეტივტივებული მასალის მოსაშორებლად.

**მეორადი გაწმენდის სტადიაზე** მიკროორგანიზმების მოქმედებით ხდება ჩამდინარე წყლებში შემავალი ორგანული ნაერთების დაშლა. ორგანული ნივთიერებების ბიოლოგიური დაშლა ძლიერდება დამწდომებში ჰაერის გაქრევის გზით.

პირველადი და მეორადი გაწმენდის შედეგად წარმოქმნილ ლამს ჩაუშვებენ ზღვაში, ან იყენებენ:

- ამოღებული ქვის სამტეხლოს შესავსებად;
- სამელიორაციო სამუშაოების ჩატარებისას;

- სოფლის მეურნეობაში მდელოს მიწების გასანოყიერებლად, რამდენადაც ის მდიდარია აზოტით და ფოსფორით;

- ლამი შეიძლება ასევე გამოყენებულ იქნეს, როგორც ბიომასა ბიოგაზის (მეთანის) მისაღებად. ამ პროცესის შედეგად ორჯერ მცირდება ლამის მოცულობა. ბიოგაზი იაფფასიან საწვავს წარმოადგენს. ამით მნიშვნელოვნად მცირდება გამწმენდი სამუშაოების ჩატარების ღირებულება.

**მესამეული გაწმენდის სტადია** მოიცავს ჩამდინარე წყლების ბიოლოგიურ, ქიმიურ და ფიზიკურ დამუშავებას, რომლის დროსაც მოშორდება:

- საკვები ნივთიერებები მცენარეთათვის, მაგალითად, ფოსფატები, რათა ამით შეაფერხონ წყალში წყალმცენარეების ზედმეტი გაბარდნა;

- სამრეწველო ორგანული დამაბინძურებელი ნივთიერებები, მაგალითად, მძიმე ლითონების გახსნილი იონები;

- ბიოლოგიურად უშლადი ორგანული ნაერთები, მაგალითად, ჰალოგენჩანაცვლებული ნახშირწყალბადები, რომლებიც გამოიყენებიან პესტიციდების წარმოებაში.

მესამეული გაწმენდა ჩამდინარე წყლების ისეთ დონემდე გაწმენდის საშუალებას იძლევა, რომ აკმაყოფილებდეს სასმელი წყლის სტანდარტებს. საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების სრული გაწმენდის შემდეგ მას, ჩვეულებრივ, აბრუნებენ მდინარეში ან ჩაუშვებენ ზღვაში. დიდ ბრიტანეთში არსებული სტანდარტების თანახმად, გაწმენდილი საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ჟანგბადზე მოთხოვნილების კოეფიციენტი 20 მგ/დმ<sup>3</sup> –ზე ნაკლები უნდა იყოს, ხოლო შეტივტივებული მყარი ნივთიერებების შემცველობა 30 მგ/დმ<sup>3</sup>-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდისას წარმოქმნილი ნალექები შეიძლება დაიწვას ქარხანაში. ამ მეთოდის უპირატესობებია:

- 10–12 –ჯერ მცირდება დანახარჯები ნალექის საწყობში ტრანსპორტირებაზე, მცირდება აგრეთვე ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების შესაძლებლობა;

- წვა მიღის თვით ნალექის თბოუნარიანობის ხარჯზე, ხოლო უტილიზირებული სითბო გამოიყენება გადამუშავების საჭიროებისათვის და სხვა მიზნებისათვის;



- წვის პროცესში წარმოიქმნება ეკოლოგიურად უსაფრთხო ნაცარი, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას ასფალტ-ბეტონის წარმოებაში, ხოლო ეს უკანასკნელი – საგზაო მშენებლობაში, აგრეთვე სამრეწველო და სამოქალაქო მშენებლობაში სახურავების ჰიდროიზოლაციისათვის;

- ნალექის წვის პროცესის დროს გამოყოფილი სითბოს გამოყენება გარკვეულწილად იცავს ტყეს გაჩეხვისაგან;

- საჰაერო და წყლის გარემო უფრო სუფთა ხდება.

წყალსატევების სანიტარიული დაცვის მიზნით აკრძალულია იმ საწარმოების, საამქროებისა და აგრეგატების ექსპლუატაციაში გაშვება, რომელთა ტექნოლოგიური ხაზი არ ითვალისწინებს ჩამდინარე წყლის წინასწარ აუცილებელ გაწმენდას.

**მდინარე** დედამიწაზე წყლის წრებრუნვის მნიშვნელოვანი რგოლია, რომლის წყალსაც განსაკუთრებული მოთხოვნები წაყენება.

მდინარე გამოიყენება ადამიანის საქმიანობის ყველა სფეროში. დედამიწაზე 20 მლნ-ზე მეტი მდინარეა, რომელთა საერთო სიგრძე 67 მლნ კმ–ს აღემატება. მდინარე წარმოადგენს წყლის ბუნებრივ გზას, ჰიდროენერჯის მუდმივად განახლებად წყაროს, საბინადრო ადგილს თევზებისა და მტკნარი წყლის ორგანიზმებისათვის, რომლებიც საჭიროებენ ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას.

მდინარის ნაპირებზე, როგორც წესი, განლაგებულია დასახლებები, ქალაქები, რის გამოც მდინარის წყალი ძლიერ ჭუჭყიანდება სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამონადენებით, აგრეთვე წვიმის წყლით, რომელიც ნაპირებიდან ჩარეცხავს და მდინარის წყალში ჩაიტანს სხვადასხვა დამაბინძურებელ ნივთიერებას, მათ შორის ტოქსიკურსაც.

მდინარეში წყლის ჩამონადენი შეიძლება იყოს, როგორც მართვადი, ისე უმართავი (განსაკუთრებით მომხდარი ავარიების შედეგად). მდინარეებს მუდმივად ჩააქვს ოკეანეში დიდი რაოდენობით მინერალური ნივთიერებები, რომელთა ნაწილი ფსკერზე გამოილეკება, ხოლო ნაწილი წყალში იხსნება. მათ კონცენტრაციაზე დამოკიდებული წყალში მყოფი ყველა ცოცხალი ორგანიზმის მდგომარეობა, აგრეთვე სასმელი წყლის და სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული წყლის ხარისხი.

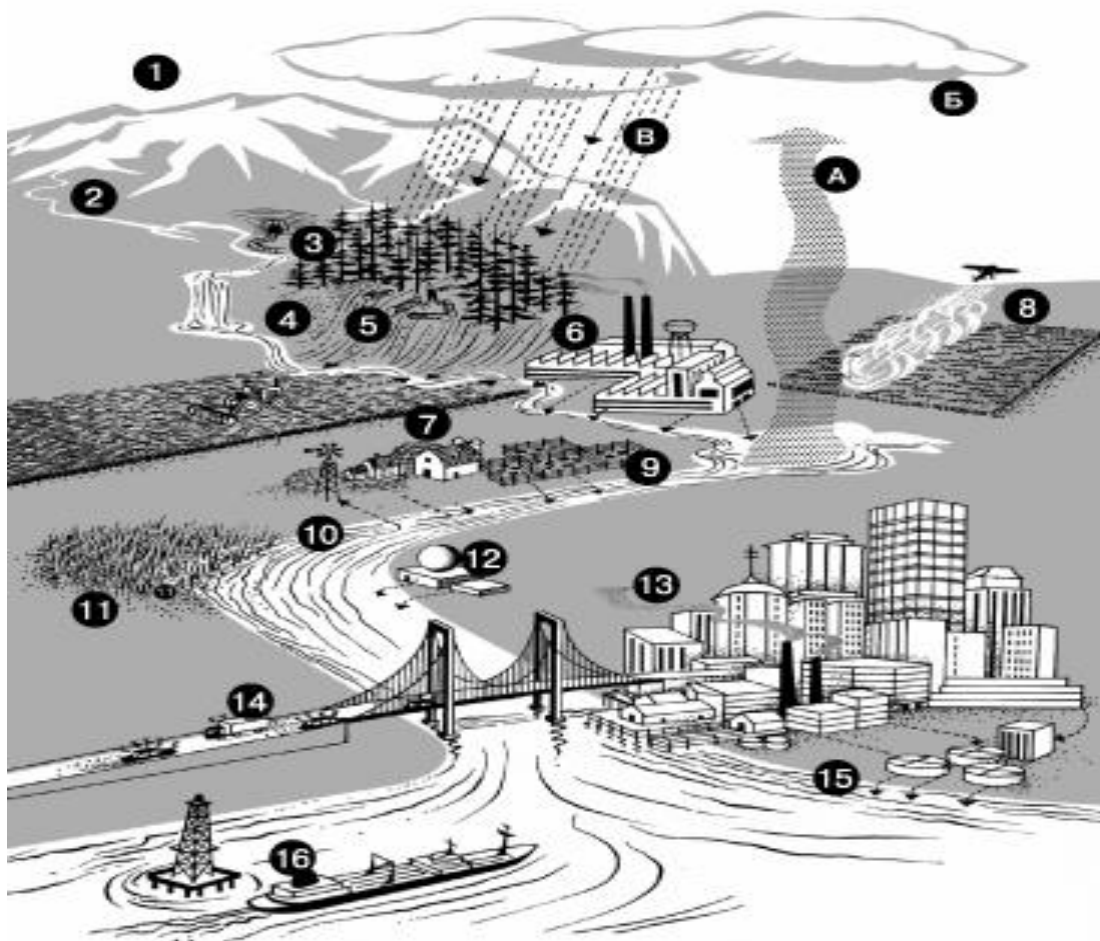
გაჭუჭყიანებული ჩამონადენის შეზღუდვის, ან შემცირებისათვის აუცილებელია შესაბამისი ღონისძიებების სისტემატურად გატარება. უნდა

გამორიცხოს წყლის დაბინძურება ნივთიერებებით, რომლებიც არაა დამახასიათებელი ბუნებრივი წყლისათვის.

წყლის გამბინძურებლები შეიძლება იყოს რთული როგორც ქიმიური შემადგენლობით, ისე ტოქსიკურობის თვალსაზრისით.

#### 4.9. დამბინძურებელი ნივთიერებების შეღწევა წყლის წრებრუნვაში

წყლის წრებრუნვაში გამოიყოფა სამი მნიშვნელოვანი სტადია: აორთქლება (A), კონდენსაცია (B) და ატმოსფერული ნალექები (B). თუ წყლის წრებრუნვაში ჩართულია ძალიან ბევრი ბუნებრივი და ხელოვნური დამბინძურებელი ნივთიერება, წყლის თვითგაწმენდის სისტემა არაა საკმარისი.



ნახ.9. დამბინძურებელი ნივთიერებების შეღწევა წყლის წრებრუნვაში

1. რადიაქტიური ნაწილაკები, მტვერი და აირები ხვდება ატმოსფეროდან თოვლთან ერთად, რომელიც გამოილეკება და გროვდება მაღლა მთებში.

2. მდნარი მყინვარის წყლები გახსნილ დამბინძურებელ ნივთიერებებთან ერთად მაღალი მთებიდან მიედინება ქვევით და ქმნის მდინარეთა სათავეებს, რომლებიც ზღვისკენ დინებისას თავის გზაზე წალეკავენ გრუნტისა და მთის ქანების ნაწილაკებს, ჩარეცხავენ ზედაპირს, რომელზედაც მიედინებიან.

3. სამთო გვირაბების სადრენაჟო წყლები შეიცავს მჟავებს და სხვა არაორგანულ ნივთიერებებს.

4. ტყეების გაჩეხვა ხელს უწყობს ეროზიის განვითარებას. მრავალი დამბინძურებელი ნივთიერება ჩაიღვრება მდინარეებში ცელულოზა-ქარხნის საწარმოებიდან, სადაც ხდება მერქნის დამუშავება.

5. წვიმის წყლები გამორეცხავენ ნიადაგიდან ქიმიურ ნივთიერებებს და გახრწნილ მცენარეებს, ჩააქვს გრუნტის წყლებში, აგრეთვე ფერდობებიდან ჩარეცხავს მდინარეში ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკებს.

6. სამრეწველო აირები ხვდება ატმოსფეროში, ხოლო იქიდან წვიმასთან ან თოვლთან ერთად დედამიწაზე. სამრეწველო ჩამდინარე წყალი ხვდება უშუალოდ მდინარეში. აირებისა და ჩამდინარე წყლების შემადგენლობა ძლიერ განსხვავდება მრეწველობის დარგისგან დამოკიდებულებით.

7. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სადრენაჟო წყლებში გახსნილი ორგანული ინსექტიციდები, ფუნგიციდები, პერბიციდები და სასუქები ჩაედინება მდინარეებში.

8. პესტიციდებით მინდვრების შეწამვლა აბინძურებს ჰაერსა და წყალს.

9. ძროხების ნაკელი და ცხოველური წარმოშობის სხვა ნარჩენები – ძირითადი დამბინძურებლებია საძოვრებზე და საქონლის სადგომებში.

10. მტკნარი გრუნტის წყლების ამოქაჩვისას შეიძლება მოხდეს დამლაშება ზღვის აუზებიდან მინერალიზებული წყლების შეწოვის შედეგად.

11. ბაქტერიებით წარმოიქმნება მეთანი როგორც ბუნებრივ ჭაობებში, ისე მდგარ წყალში ანთროპოგენული გენეზისის ორგანული დამბინძურებლების სიჭარბის შემთხვევაში.

12. მდინარეების თბური დაბინძურება ხდება ელექტროსადგურებიდან გახურებული წყლის ჩადენის შედეგად.

13. ქალაქი წარმოადგენს სხვადასხვა, როგორც ორგანული, ისე არაორგანული ნარჩენის წყაროს.

14. შიგაწვის ძრავების გამონაბოლქვი აირები – საჰაერო გარემოს დაბინძურების ძირითადი წყაროა. ნახშირწყალბადები აღსორბირდება ჰაერში შემავალი ტენით.

15. კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლებიდან წინასწარი გაწმენდის სადგურებზე ხდება მსხვილი საგნებისა და ნაწილაკების მოშორება, ხოლო მეორადი გაწმენდის სადგურებზე-ორგანიკის მოშორება. შეუძლებელია სამრეწველო ჩამდინარე წყლებით შემოტანილი ბევრი ნივთიერების მოშორება.

16. საზღვაო ნავთობის ჭაბურღილიდან და ტანკერებიდან ნავთობის დაღვრა აბინძურებს წყალსა და სანაპიროებს.

## თავი 5

### 5.1. ლითოსფერო. ნიადაგი

ლითოსფერო (ბერძ. lithos-ქვა და sphaira-ბურთი) არის დედამიწის პლანეტის გარეთა ზედა გარსი –“დედამიწის ქერქი”, დედამიწის ზედა მანტიის ნაწილი. მისი სისქე 50-75 კმ შეადგენს. ხმელეთს უკავია პლანეტის ზედაპირის 29,2%. მიწაში ყოველი 100 მ-ით ჩაღრმავებისას ტემპერატურა საშუალოდ 30°C-ით მატულობს. დედამიწა შესწავლილა 20 კმ სიღრმემდე.

ლითოსფეროს განსაკუთრებული კომპონენტია ნიადაგი.

ნიადაგი არის დედამიწის ქერქის ზედაპირული ფენა, რომელიც ხანგრძლივი დროის განმავლობაში წარმოიქმნა სინათლის, ჰაერის, ტენის, მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმებისა და ადამიანების საქმიანობის შედეგად. ნიადაგი არის დედამიწის მოსავლიანი ნაწილი. ნიადაგის 2 სმ სისქის ფენის ფორმირებას 100 წელი სწირდება. ნიადაგის ძირითადი კომპონენტებია: გრუნტი, მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმები და, განსაკუთრებით, მიკროორგანიზმები ჰაერის თანაობისას. სახნავი მიწების დაახლოებით 10% მიწის ნაყოფიერ ნაწილს –ნიადაგს უკავია, ზედაპირის 19% უკავია საძოვრებს, მდელოებს, დაახლოებით 30%-ტყეებს, 10% - უდაბნოებს. მიწის ძირითადი თვისებაა მოსავლიანობა. მიწის შემადგენლობის შეფასება ცალკეული ელემენტების მიხედვით გაძნელებულია მათი მრავალგვარობის და დედამიწის ზედაპირზე არათანაბრად განაწილების გამო.

ნიადაგი მიეკუთვნება განახლებად რესურსებს. ნიადაგის ბუნებრივი რესურსებია:

ნიადაგის ორგანიზმები – სოკოები, ბაქტერიები, წყალმცენარეები და სხვ.;

ნიადაგის ჰაერი 3-10%;

ნიადაგის ტენი 25%-მდე.

ნიადაგის შემადგენლობა ფრიად განსხვავებულია და დამოკიდებულია მიწის ტიპზე (შაემიწა, რუხმიწა, ეწერიანი ნიადაგი და სხვ.). ნიადაგის ფენის სისქე 30 სმ-მდე აღწევს (რაიონებისგან დამოკიდებულებით). ეწერიანი ნიადაგები, რომლებიც 2-4%ნეშომჰალოზ ნივთიერებებს შეიცავს, მცირემოსავლიანია. ნიადაგის შემადგენელი კომპონენტებია:

მინერალური შემადგენელი, არაორგანული ნაწილი –თიხა, ქვიშა, თიხნარი, ქვიშნარი;

ორგანული შემადგენელი – მკვდარი ორგანიზმები, ნეშომჰალოზ, ნიადაგის მოსავლიანი ნაწილი.

ნიადაგს გააჩნია მრავალი ფუნქცია:

-ნიადაგი არის ბუნებაში ნივთიერებათა წრებრუნვის ყველა რთული ბიოლოგიური ჯაჭვის საწყისი რგოლი. ნიადაგის საფარის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა ბიოსფეროს წარმოქმნა და მისი არსებობა. მას დედამიწის „სასოცოცხლო კომპონენტს“ უწოდებენ;

- ნიადაგი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ჰიდროსფეროზე. წყლის ბალანსის ვერც ერთი მოვლენა ვერ აუვლის გვერდს ნიადაგს, რამდენადაც წყალი ნიადაგის შემადგენელია. ნიადაგს გააჩნია წყალმარეგულირებელი უნარი, რომელიც ხელს უწყობს ატმოსფერული ნალექების გადანაწილებას, მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირებას, რომელიც ეწინააღმდეგება მდინარეთა დასრობას, ეროზიის გაძლიერებას და ა.შ.;

-ნიადაგი თავისი აქტიური ნაწილაკების ზედაპირის წყალობით შთანთქამს მავნე ნაერთებს. ნიადაგი აქტიური ბუნებრივი სორბენტი. წყლის ეკოლოგიურ სისტემებში (მათი მიგრაციის გზაზე) აქვანტორიუმის დამცველი ბარიერის როლს ასრულებს;

ნიადაგი აქტიურ გავლენას ახდენს ახდენს ატმოსფეროს შემადგენლობაზე და სისუფთავეზე.ნიადაგთან ატმოსფეროს ქვედა ფენის ურთიერთქმედება განაპირობებს აირცვლას. ასე, მაგალითად, ლგ ბიომასის შესაქმნელად საჭიროა 1მგ ჟანგბადი. ნიადაგის მიკროორგანიზმები შთანთქამენ ნახშირბადის და გოგირდის ოქსიდებს,

გოგირდწყალბადს და საჰაერო გარემოს სხვა შემადგენლებს, მათ შორის მავნე ნაერთებსაც. ანუ, ნიადაგი არეგულირებს დედამიწის ჰაერის გარსის აირად შემადგენლობას;

-ნიადაგი გავლენას ახდენს ატმოსფეროს ენერგეტიკულ რეჟიმზე. იგი შთანთქამს და აირეკლავს მზის რადიაციას და განსაზღვრავს ჰაერის მასების სითბოს დინამიკას. მაგალითად, ეწერიანი ნიადაგი აირეკლავს დაცემული მზის სხივების 35%-ს, ხოლო შავმიწა ნიადაგი – 7%-მდე;

-ნიადაგი დაშლისაგან იცავს ლითოსფეროს – მზის ენერგიას დედამიწის წიაღში გადასცემს და ატმოსფეროს აირადი ნივთიერებების მონაწილეობით წარმოიქმნება მთის ქანები;

-ნიადაგი წარმოადგენს ბიოსფეროში ბიოლოგიურ და გეოლოგიურ ნივთიერებებს შორის შემაკავშირებელ რგოლს;

-ნიადაგი მიკროორგანიზმების (ბაქტერიების, სოკოების) და უმარტივესი ორგანიზმების საბინადრო არეა, ბიოლოგიური პროდუქციის შემქმნელი ორგანიზმებისათვის საკვები ელემენტებისა და ტენის წყაროა;

-ნიადაგში ორგანიზმების რიცხოვნება დამოკიდებულია ნიადაგის მასაზე, მუავიანობაზე და სხვა პირობებზე;

-ნიადაგი ასრულებს მასში მოხვედრილი მცენარეული ორგანიზმების დანაცვენის, ცხოველთა ნეშტის, ანთროპოგენული დამბინძურებლების გადამუშავების სანიტარიულ ფუნქციას, რის შედეგადაც ხდება მათი ნაწილობრივი ან მთლიანი გაუვნებლება (ნიადაგის თვითგაწმენდა);

-ნიადაგი ასრულებს ნივთიერებების და ენერგიის ტრანსფორმაციას და არეგულირებს ეკოსისტემების რიცხოვნებას, შემადგენლობას და სტრუქტურას. ეკოსისტემა არის მიწის ერთგვაროვანი უბანი, ცოცხალი ორგანიზმების და ძელოვანი კომპონენტების განსაზღვრული შემადგენლობით.

ადამიანი უარყოფით გავლენას ახდენს როგორც ლანდშაფტზე, ისე მიწაზე. ნიადაგზე ანთროპოგენული ზემოქმედების სქემა მოცემულია ნახ. –ზე

ნიადაგი განიცდის მრეწველობის, ენერგეტიკის, ტრანსპორტის ნეგატიურ ზემოქმედებას როგორც ლოკალური და რეგიონალური, ისე გლობალური მასშტაბით.

ნიადაგი ირღვევა სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისას, ნებისმიერი სახის სამოქალაქო, სამრეწველო, საგზაო და ა.შ. მშენებლობისას. დამაბინძურებელი ნივთიერებების დიდი რაოდენობით კუმულაციის შედეგად ნიადაგი ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ხდება მომიჯნავე გარემოში (გრუნტის წყალში, ჰაერში, აგრეთვე მცენარეებსა და ცხოველთა ორგანიზმებში) მავნე ნივთიერებათა მიგრაციის წყარო. ყველაზე საშიშია ტოქსიკანტების მიგრაცია მცენარეებში და გრუნტის წყლებში.

ნიადაგის დაბინძურების ძირითადი ფაქტორია სამრეწველო ნარჩენები, რომლებიც ხშირად საყოფაცხოვრებო ნაგავსაყრელზე იყრება, რის შედეგადაც სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები მძიმე ლითონებით მდიდრდება. ნიადაგზე უარყოფითად მოქმედებს ყველა სახის, განსაკუთრებით საავტომობილო-საგზაო ტრანსპორტი, რომლის ფუნქციონირების თანხლებია ნახშირბადის, აზოტის, გოგირდის ოქსიდები, ნახშირწყალბადები, მოცურების საწინააღმდეგო მასალები, მძიმე ლითონები (ტყვია, კადმიუმი, ნიკელი და სხვ.), მტვერი და ჭკვარტლი.

## 5.2. მიწის საფარის დაბინძურება

დედამიწის ქერქის ზედა ფენების დაზიანება ხდება სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისა და მათი გამდიდრებისას; მშენებლობისას; საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნარჩენების მიწაში ჩაფლვისას; სამხედრო სწავლების ჩატარებისას და ა.შ. ნიადაგის საფარი მნიშვნელოვნად ბინძურდება ატმოსფეროში სხვადასხვა გამონაბოლქვების განხვევის ზონებში დანალექებით; სახნავი მიწები ბინძურდება სასუქის ჭარბად შეტანისას და პესტიციდების გამოყენებისას.

ყოველწლიურად დედამიწის წიაღიდან იღებენ უაღრესად დიდი რაოდენობის მთის ქანს, რომელთაგან წარმოებაში მოპოვებული მოცულობის მხოლოდ 7% გამოიყენება და თუმცა ნარჩენების ნაწილი მიდის მეორად გადამუშავებაზე, მილიონობით ტონა ნარჩენი მაინც იყრება არაორგანიზებულ საყრდენებზე.

ნიადაგი მნიშვნელოვნად ბინძურდება ატმოსფეროდან გამოლექილი ტოქსიკური ნივთიერებებით. ამ მხრივ განსაკუთრებით საშიშია ფერადი და შავი მეტალურგიის საწარმოები, რომელთა გამონაბოლქვებით გამოწვეული დაბინძურების ზონის რადიუსი 20–50 კმ-ს აღწევს, ხოლო კონცენტრაცია ზღვრულ

დასაშვებს 100-ჯერ აღემატება. განსაკუთრებით, საშიშ დამბინძურებლებს მიეკუთვნება ნიკელი, ტყვია, ბენზ(ა)პირენი, ვერცხლიწყალი და სხვა.

საშიშია ნაგავსაწვავი ქარხნების გამონაბოლქვები, რომლებიც შეიცავენ ტეტრაეთილტყვიას, ვერცხლიწყალს, დიოქსინებს, ბენზ(ა)პირენს, ვანადიუმის ნაერთებს, რადიონუკლიდებს, მუავებს და სხვა ტოქსიკურ ნივთიერებებს.

სახნავი მიწები ინტენსიურად ბინძურდება სასუქის ჭარბად შეტანისას და პესტიციდების გამოყენებისას. სასუქების შეტანით ხდება მცენარეების მიერ ნიადაგიდან აზოტის, ფოსფორის, კალიუმის და სხვა ნივთიერებათა შეთვისების გამო წარმოქმნილი დეფიციტის კომპენსირება. თუმცა სასუქებთან ერთად ნიადაგში გადადის მინარევების სახით არსებული მძიმე ლითონები და მათი ნაერთები, როგორცაა კადმიუმი, სპილენძი, ნიკელი, ტყვია, ქრომი და სხვა. სასუქებიდან ამ მინარევების გამოყოფა შრომატევადი და ძვირადღირებული პროცესია. განსაკუთრებით საშიშია სასუქად სამრეწველო ჩამდინარე წყლების დანალექების (შლამის) გამოყენება.

ქვემოთ ცხრილის სახით მოგვყავს ნიადაგის დაბინძურების გამომწვევი ძირითადი წყაროები.

ცხრილი №1

ნიადაგის დამბინძურებელი წყაროები და ნივთიერებები

ნივთიერება	მრეწველობა	ტრანსპორტი	თეს	აეს	სოფლის მეურნეობა
მძიმე ლითონები (Hg, Pb, Cd და სხვა) და მათი ნაერთები	+	+	+	-	+
ციკლური ნახშირწყალბადები, ბენზ(ა)პირენი	+	+	+	-	+
რადიოაქტიური ნივთიერებები	+	-	+	+	-
ნიტრატები, ნიტრიტები, ფოსფატები, პესტიციდები	-	-	-	-	+

ყველაფერი, რასაც ადამიანი მოიპოვებს, აწარმოებს და გამოიყენებს, საბოლოო ჯამში, გარდაიქმნება ნარჩენებში. განასხვავებენ წარმოების ნარჩენებსა და მოხმარების ნარჩენებს.



წარმოების ნარჩენებს მიეკუთვნება ნედლეულის, მასალების და ნახევარპროდუქტების ნარჩენები, რომლებიც წარმოიქმნება პროდუქციის დამზადებისას და სრულად ან ნაწილობრივ კარგავს თავის სამომხმარებლო თვისებებს, აგრეთვე ნედლეულის ფიზიკურ-ქიმიური გადამუშავების პროდუქტები, რომელთა მიღება არ წარმოადგენდა საწარმოო პროცესის მიზანს და რომელიც შემდგომი გადამუშავების შემდეგ შეიძლება იქნეს გამოყენებული როგორც მზა პროდუქტი ან როგორც ნედლეული გადამუშავებისათვის.

მოხმარების ნარჩენებად ითვლება სხვადასხვა სახის ნაკეთობა, მაკომპლექტებელი დეტალები და მასალები, რომლებიც ამა თუ იმ მიზეზით გამოუსადეგარია შემდგომი გამოყენებისათვის. ნარჩენები გამოიყოფა ტექნოსფეროს ყველა შემადგენელ ელემენტში: საწარმოო სათავსების მუშა და სხვა სახის ზონებში, სამრეწველო მოედნებზე, ქალაქში და საცხოვრებელ სათავსებში.

ნარჩენები აბინძურებენ გარემოს და წარმოქმნიან გარემოში საშიშ ზონებს, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ტოქსიკურ ნივთიერებათა მაღალი კონცენტრაციები და/ან ენერგეტიკული ზემოქმედების ამალღებული დონეები.

ნიადაგის დაბინძურება არის ნიადაგის ანტროპოგენული დეგრადაციის სახე, რომლის დროსაც ანტროპოგენულ საქმიანობას დაქვემდებარებულ ნიადაგებში ქიმიური ნივთიერებების შემცველობა აღემატება ნიადაგებში მათი შემცველობის ბუნებრივ რეგიონულ ფონურ დონეს.

დამბინძურებელი ნივთიერება (დამბინძურებელი) – ანტროპოგენული წარმოშობის ნივთიერებაა ისეთი რაოდენობით გადასული გარემოში, რომელიც აღემატება გარემოში მათი წარმოქმნის ბუნებრივ დონეს.

ნიადაგი განსაკუთრებული ბუნებრივი წარმონაქმნია, რომელიც ფლობს ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროს, ცოცხალი და მკვდარი ორგანიზმების ერთობლივი ურთიერთგანპირობებული ურთიერთქმედებით ჩამოყალიბებულ ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნებისთვის დამახასიათებელ მთელ რიგ თვისებებს.

წყლისა და ატმოსფერული ჰაერისგან განსხვავებით ნიადაგი წარმოადგენს ტექნოგენური დაბინძურების ობიექტურ და სტაბილურ ინდიკატორს.

დედამიწის ზედაპირის უზარმაზარი ფართობი დაბინძურებულია ადამიანის ცხოველქმედების ნარჩენებით. ამ ნარჩენებიდან ბევრია ადამიანებისა და ცხოველების სიცოცხლისათვის ტოქსიკური, საშიში. მეცნიერთა გამოთვლით ერთი

მოქალაქე წლის განმავლობაში ერთ ტონა ნაგავს ყრის. დღეს სულ უფრო ძნელი ხდება ისეთი ძალიან საშიში ნაგვის შესანახი ადგილის მოძებნა, როგორცაა პლასტმასა. ბევრი ნარჩენი კი მომწამლავი და რადიაქტიურიც კია. 1990 წელს მხოლოდ დიდ ბრიტანეთში არსებობდა საშიში ტოქსიკური ნაგვის 4800 ნაგავსაყრელი. ხშირად მოსახლეობამ არც კი იცის, რომ მის გვერდით მავნე წარმოების ნარჩენები ინახება. ზოგიერთი ქვეყანა, რომელთა კანონმდებლობა კრძალავს საშიში ნაგვის დამარხვას, მის ექსპორტირებას ახდენს სხვა სახელმწიფოში. ამრიგად, ასობით ათასი ტონა ნარჩენები გასანადგურებლად ან დასამარხად დასავლეთ ევროპიდან იგზავნება აღმოსავლეთში.

დედამიწის ნიადაგის საფარი დედამიწის ბიოსფეროს უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს წარმოადგენს. ზუსტად ნიადაგის გარსი განსაზღვრავს ბიოსფეროში მიმდინარე მრავალ პროცესს.

ნიადაგის დაბინძურების კლასიფიცირება რთულია, მათი დაყოფა სხვადასხვანაირად ხდება.

განზოგადებულად ნიადაგის დაბინძურების წყაროებია: ნაგვით, გამონაბოლქვებით, დალექილი ქანებით, პესტიციდებით, მიკოტოქსინებით, რადიაქტიური ნივთიერებებით. ნიადაგის მნიშვნელობა მდგომარეობს ორგანული ნივთიერებების, სხვადასხვა ქიმიური ელემენტების, აგრეთვე ენერჯის აკუმულირებაში. ნიადაგის საფარი ასრულებს სხვადასხვა დამბინძურებლის ბიოლოგიური შთანთქმელის, დამწლელის და ნეიტრალიზატორის ფუნქციას.

თუ ბიოსფეროს ეს რგოლი დაიშლება, მაშინ ბიოსფეროს ფუნქციონირება შეუქცევადად დაირღვევა. ამიტომ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნიადაგის საფარის გლობალური ბიოქიმიური მნიშვნელობის, მისი მდგომარეობისა და ანტროპოგენული საქმიანობის გავლენით ცვლილების შესწავლა. ყველა დამბინძურებელი ნივთიერება, რომელიც დასაწყისში ატმოსფეროში ხვდება, საბოლოო ჯამში აღმოჩნდება ხმელეთისა და წყლის ზედაპირზე. დალექილი აეროზოლები შეიძლება შეიცავდეს ტოქსიკურ მძიმე ლითონებს – ტყვიას, ვერცხლისწყალს, სპილენძს, ვანადიუმს, კობალტს, ნიკელს. ჩვეულებრივ ისინი ნაკლებმოძრავია და გროვდება ნიადაგში. მაგრამ ნიადაგში წვიმასთან ერთად ხვდება აგრეთვე მუავები. მუავებთან ურთიერთქმედებისას ლითონები შეიძლება გადავიდეს მცენარეების მიერ ათვისებად ხსნად ნაერთებში. ხსნად ფორმებში

გადადის აგრეთვე ნივთიერებები, რომლებიც მუდმივად იმყოფება ნიადაგში, რაც ზოგჯერ მცენარის დაღუპვას იწვევს.

დედამიწის სისუფთავის ქვეშ იგულისხმება სისუფთავე ნიადაგის ფენისა, რომელშიც მძიმე ლითონების, ქიმიური ნივთიერებების და რადიაქტიური ელემენტების შემცველობა დაყვანილია ნულამდე.

ნიადაგის დაბინძურება რამდენიმე გზით ხდება.

### 5.3. ნიადაგის დაბინძურების წყაროების კლასიფიკაცია

**სამრეწველო საწარმოები.** თხევად და მყარ სამრეწველო ნარჩენებში ყოველთვის არის ნივთიერებები, რომლებსაც ცოცხალ ორგანიზმებსა და მცენარეებზე ტოქსიკური ზემოქმედების უნარი აქვს. მაგალითად, მეტალურგიული მრეწველობის ნარჩენებში ყოველთვის არის ფერადი მძიმე ლითონების მარილები. მანქანათმშენებელი მრეწველობა გარემოში გამოაფრქვევს ციანიდებს, დარიშხანის ნაერთებს, პოლიარომატულ ნაერთებს. პლასტმასებისა და ხელოვნური ბოჭკოს საწარმოებში წარმოიქმნება ფენოლი, ბენზოლი, სტიროლი. სინთეზური კაუჩუკის წარმოებისას ნიადაგში ხვდება კატალიზატორების ნარჩენები.

#### საცხოვრებელი სახლები და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო საწარმოები

აღნიშნული კატეგორიის წყაროების დამაბინძურებელ ნივთიერებათა შემადგენლობაში ჭარბობს საყოფაცხოვრებო ნაგავი, კვებითი ნარჩენები, სამშენებლო ნაგავი და მისთ. ეს ყველაფერი გროვდება და ხდება მისი გატანა საყრდელზე. ქალაქის ნაგავსაყრდელზე ნაგვის დაწვას ახლავს მომწამლავ ნივთიერებათა გამოყოფა, რომელიც გამოილეკება ნიადაგის ზედაპირზე და ძნელად ჩაირეცხება წვიმით.

საყოფაცხოვრებო ნაგვის დაგროვება, რაც ამცირებს ტყეების მწვანე ზონების ფართობს და შეიძლება გახდეს ატმოსფეროსა და წყლის დაბინძურების წყარო, წარმოადგენს ქალაქის გარემოს გაუარესების ფაქტორს. კიდევ უფრო დიდ გავლენას ახდენს წყლის მდგომარეობაზე საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები.

საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები წარმოადგენს კომუნალური მეურნეობის თხევადი ნარჩენები. მათ შორისაა ნავთობპროდუქტები, შეწონილი ნივთიერებები, ქლორიდები, სულფატები, ნიტრიტები, ნიტრატები, სინთეზური ზედაპირულ-

აქტიური ნივთიერებები, მაგალითად, სარეცხი ფხვნილები), ფენოლები, რკინა, სპილენძი, თუთია, ნიკელი, ქრომი, ტყვია, კობალტი, ალუმინი, კადმიუმი.

საყოფაცხოვრებო ქიმიის საშუალებათა გამოყენება ( რეცხვის, წმენდის, სარემონტო სამუშაოების დროს), რომელიც არ ხვდება კანალიზაციაში, იწვევს ნიადაგის დაბინძურებას. გარდა ამისა, ნიადაგი ბინძურდება ნავთობპროდუქტებით მიწღვრებასა და ტყეებში ავტომანქანების გამართვისას.

#### 5.4. საყოფაცხოვრებო ნაგავი

საყოფაცხოვრებო ნაგავი – არის მყარი ნარჩენები, რომელიც წარმოიქმნება ქალაქის, აგრეთვე სოფლის გარემოს კომუნალურ მეურნეობაში. საყოფაცხოვრებო ნაგავს მიეკუთვნება: კვების ნარჩენები, ფეკალიები, სამშენებლო ნაგავი, გამათბობელი სისტემის ნარჩენები, გამოუსადეგარი საოჯახო ნივთები. აგრეთვე ისეთი დაწესებულებების ნაგავი, როგორცაა საავადმყოფოები, სასადილოები, სასტუმროები, მაღაზიები და სხვ.

ამ სახის ნაგავი შეიძლება შეიცავდეს როგორც მავნე ქიმიურ ნივთიერებებს, ისე საშიშ ბიოლოგიურ ნივთიერებებს. საშიშ ბიოლოგიურ ნივთიერებებს მიეკუთვნება დაავადების გამომწვევი ბაქტერიები, პათოგენური მიკროფლორის წარმომადგენლები და სხვა მავნე ორგანიზმები, რომლებიც კვების პროდუქტებით ხვდებიან ადამიანის ორგანიზმში. დაავადების გამომწვევი ზოგიერთი ბაქტერია შეიძლება ხანგრძლივად დარჩეს ნიადაგში და გამრავლდეს ნიადაგში და გრუნტში, ხოლო შემდეგ მოხვდეს გრუნტის წყლებში და მცენარეთა მოსარწყავად გამოყენებულ წყალში.

საყოფაცხოვრებო ნაგავის შემადგენლობაში შედის ქაღალდი, პლასტმასა, კვებითი ნარჩენები, მეტალი, მინა, ნაცარი, წიდა და ა.შ. კიდევ უფრო მრავალგვარიასამრეწველო ნარჩენების მდგენელები – მერქანი, ქაღალდი, ტექსტილი, ტყავი, რეზინა, თაბაშირი, მარილი, წიდა, ნაცარი, საყალიბე მიწა, მეტალი, ცხოველური წარმოშობის ნარჩენები, სამშენებლო ნაგავი. ყოველ 10-12 წელიწადში ნარჩენების რიცხვი ორმაგდება.

საყოფაცხოვრებოს გარდა, არსებობს კიდევ სამრეწველო საწარმოების ნარჩენები. მათ შორის გარემოსთვის და ადამიანთა ჯანმრთელობისთვის განსაკუთრებით საშიშია ე.წ. სპეცნარჩენები, რომელთა შენახვა სხვაგვარად

დაუშვებელია, ხოლო მათი განადგურება აუცილებელია სპეციალური ტექნოლოგიების გამოყენებით. ასეთ ნარჩენებს მიეკუთვნება დაახლოებით 600 განსაკუთრებით საშიში ნივთიერება (რადიაქტიური ნარჩენები; მძიმე ლითონები; მათ შორის ვერცხლისწყალი, ტყვია, დარიშხანი და სხვ.). აგრეთვე ყოველდღიური მოხმარებიდან გამოსული საგნები (ბატარეები, ვადაგასული სამკურნალო პრეპარატები, ვერცხლისწყლის გატეხილი თერმომეტრები, დღის ნათების გადამწვარი ნათურები, ლაქების, საღებავების, წებოს, აეროზოლების, დეზოდორანტების და მისთ. ნარჩენები), მიეკუთვნება სპეცნარჩენებს და დაუშვებელია მათი დაუფიქრებლად გადაყრა. ასეთი ნარჩენები მიუწვდენელი უნდა იყოს ბავშვებისა და ცხოველებისათვის.

სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების უზარმაზარი რაოდენობა, ხვდება რა ნიადაგში, არსებითად ცვლის ნიადაგის ქიმიურ შემადგენლობასა და ხარისხს, რომლის თვითგაწმენდა ძალიან ნელა მიმდინარეობს.

ამდენად, ნიადაგის დაბინძურების საშიშროება მდგომარეობს მისი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა და ბიოლოგიური მონაცემების ცვლილებაში. ნიადაგში მოხვედრილი მავნე ნივთიერებები არღვევს ნიადაგის ორგანიზმებს შორის კავშირებს, ზიანს აყენებს მცენარეებსა და ადამიანს. ნიადაგის დაბინძურების შედეგად ზიანდება გრუნტის წყლები, და დაბინძურების მასშტაბები მრავალჯერადად იზრდება. ყველაფერი ეს, საბოლოო ჯამში, აისახება მიწის ნაყოფიერებაზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ამიტომ ნარჩენების უტილიზაციისა და ლიკვიდაციის პრობლემების გადაჭრა კაცობრიობის გადარჩენის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემაა.

ამჟამად მყარ ნარჩენებს უფრო ხშირად განათავსებენ ლითოსფეროს ზედაპირზე სანქცირებულ და არასანქცირებულ ნაგავსაყრელებსა და პოლიგონებზე.

### 5.5. საყოფაცხოვრებო ნაგვის უტილიზაცია

საყოფაცხოვრებო ნაგვის უტილიზაცია ხდება ნაგავსაწვავ ქარხანაში, თუმცა ნაგვის თავიდან მოშორების ეს ვარიანტი ეკოლოგიურად უსაფრთხო არ არის, რამდენადაც ასეთი ქარხნის აირადი გამონაბოლქვები აბინძურებს ატმოსფეროს.

გარდა ამისა, საყოფაცხოვრებო ნაგვის დაწვის შედეგად გროვდება დიდი რაოდენობის ნაცარი. ამჟამად მიმდინარეობს დაწვის ახალი ტექნოლოგიების

(დუმელში ტემპერატურის აწევა, წიდურ ნაღობში წვა, უფრო ეფექტური ფილტრების შექმნა და ა.შ.) ინტენსიური ძიება.

უფრო პერსპექტიულია ნაგვის დახარისხება (განვითარებული ქვეყნების უმეტესობაში): ცალ-ცალკე კონტეინერებში გროვდება ქაღალდი, პლასტმასა, ორგანული ნარჩენები, მინა, მეტალი, რაც აადვილებს გადამუშავებას. დახარისხებული ნაგავი წარმოადგენს ძვირფას ნედლეულს წარმოებისათვის (მას უწოდებენ “განძს ნაგვის ყუთში”). ნაგვის დახარისხების სტიმულირებისათვის გამოიყენება ეკონომიკური ბერკეტები: ზოგიერთ ქვეყანაში დახარისხებული ნაგვის მიღება უფასოდ ხდება, ხოლო დაუხარისხებელი ნაგვის ჩასაბარებლად მნიშვნელოვანი თანხის გადახდაა საჭირო.

ნაგვის შეგროვებასა და ფრაქციებად დაყოფაში განსაკუთრებულ შესამჩნევ წარმატებას მიაღწია გერმანიის მუნიციპალურმა სამსახურებმა. ქალაქებში საცხოვრებელი სახლების მახლობლად დგას სხვადასხვა ფერის კონტეინერები. მოქალაქეები ზოგ ყუთში აწყოფს კვებით ნარჩენებს, მეორეში – მაკულატურასა და მუყაოს, სამ სხვადასხვა კონტეინერში ფერის მიხედვით (მწვანე, მუქი და უფერული) აგროვებენ მინას. თუ მოსახლეობას დიდი რაოდენობის მაკულატურის მოშორება უნდა, მისი მიტანა შეუძლია განცალკევებულ დიდ კონტეინერთან, რომელიც ყოველ რაიონში დგას. თვეში ერთხელ ძველძველი ქაღალდები შესაძლებელია უბრალოდ დაყაროს ტროტუარზე, და მას აიღებს სპეციალური ეკომობილი, ხოლო კვარტალში ერთხელ იგივე მეთოდით შეიძლება მოცულობითი ნარჩენებისგან განთავისუფლება.

რთულ პრობლემას წარმოადგენს პლასტიკების უტილიზაცია, რომელიც ფართოდ გამოიყენება საყოფაცხოვრებო ტექნიკისა და ავტომობილების წარმოებისას, თვითმფრინავებისა და გემების სალონების, საწარმოო და საცხოვრებელი სახლების გაწყოებისას, შესაფუთად და ა.შ.

ამჟამად არსებული პლასტიკების უმეტესობა ბუნებრივ პირობებში მიკროორგანიზმებით არ იხრწნება. მათი უტილიზაცია გაძნელებულია ტიპებისა და მარკების მიხედვით მათი დაყოფის სირთულით. ამიტომ სულ უფრო ფართოდ გამოიყენებას პოულობს ბიოდეგრადაბელური პლასტიკები – პლასტმასები, რომლებიც მცირე დროის განმავლობაში (რამდენიმე თვიდან ორ წლამდე) იშლება მიკროორგანიზმებით.

ავტომობილის საბურავებს (საყოფაცხოვრებო ნაგვის ერთ-ერთი ყველაზე მოცულობითი ფრაქციას) წვავენ ცემენტის ღუმელებში, აღადგენენ მეორადი გამოყენებისათვის ( დაადუღებენ ახალ პროტექტორს) ან აქუცმაცებენ, რომელსაც იყენებენ დანამატად რეზინის, კომპოზიციური მასალებისა და ასფალტის წარმოებაში, აგრეთვე მრავალი სახის რეზინატექნიკურ ნაკეთობათა წარმოებაში.

ეკონომიკურად რენტაბელურია მინის ნარჩენების გადადნობა, რამდენადაც ამ შემთხვევაში კეთდება ენერჯის მნიშვნელოვანი ეკონომია, ხოლო კვების მრეწველობაში გამოყენებული ალუმინის უტილიზაცია განსაკუთრებით ხელსაყრელია ეკონომიურად, რამდენადაც ბოქსიტებიდან ამ მეტალის მიღებისას ენერგეტიკული დანახარჯები გაცილებით მაღალია.

ბევრ ქვეყანაში საყოფაცხოვრებო ნაგვის პრობლემა გადაწყვეტილი არაა. ორგანიზებულია მხოლოდ ფერადი ლითონებისა და მაკულატურის შეგროვება.

დანარჩენი ნარჩენები კონცენტრირდება ნაგავსაყრელებზე, მაგრამ მათი ეკოლოგიური მდგომარეობა სარიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს. ასეთი ცუდად მოწყობილი საყრელებიდან შესაძლებელია გრუნტის წყლებში და წყალსატევებში მოხვედრა ე.წ. “ინფილტრაციული წყლებისა”, რომლებშიც გახსნილია დამაბინძურებელი ნივთიერებები და დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმები. ბევრ ქვეყანაში გამოყოფილია პოლიგონები მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების დასამარხად. ეს პოლიგონი წარმოადგენს რთულ საინჟინრო ნაგებობას, რომელშიც მიმდინარეობს ნაგვის დახარისხება და ინფილტრაციული წყლების შეგროვება სპეციალურ მიმღებებში შემდგომი მრავალსაფეხურიანი გაწმენდის მიზნით, ხოლო წარმოქმნილი აირი საწვავად გამოიყენება.

მეცნიერები ნარჩენებიდან სასარგებლო პროდუქტების მიღების სხვადასხვა სახის ტექნოლოგიებზე მუშაობენ. ნარჩენების უტილიზაციის პრობლემა აქტუალურია ყველა განვითარებადი და განვითარებული ქვეყნისათვის. უპირველეს ყოვლისა, ეს ეხება საყოფაცხოვრებო ნარჩენების შეგროვებას.

## **5.6. ნიადაგის დაბინძურება სოფლის მეურნეობის მიერ**

სოფლის მეურნეობაში ნიადაგის დაბინძურება ხდება მინდვრებში დიდი რაოდენობით მინერალური სასუქებისა და შხამქიმიკატების შეტანის შედეგად. ზოგიერთი შხამქიმიკატის შემადგენლობაში შედის ვერცხლისწყალი. ნიადაგის ანტროპოგენული დაბინძურების ერთ-ერთი სახეა დაბინძურება პესტიციდებით.

**პესტიციდები (ჰერბიციდები, ინსექტიციდები, დეფოლიანტები).** ესაა – ძირითადი საშიშროება. ეს პრეპარატები, ერთის მხრივ, იცავს მცენარეებს მავნებლებისა და დაავადებებისაგან, ანადგურებს სარეველებს, ანთავისუფლებს ადამიანებს მწერებისაგან – საშიში დაავადებებისაგან (მალარია, ტიპის ენცეფალიტი და სხვ.). მეორეს მხრივ – პესტიციდები თანდათანობით აზიანებენ ბუნებრივ ეკოსისტემებს და მომაკვდინებელია სასარგებლო ორგანიზმებისათვის. გარდა ამისა, მცენარეულ პროდუქტებთან ერთად პესტიციდები ხვდება ადამიანის ორგანიზმში და უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე. პესტიციდები გადაეცემა ცხოველების კვების ჯაჭვით, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ცირკულირებს გარემოში, მიწიდან ხვდება წყალში, წყლიდან კვლავ მიწაში და მცენარეებში, მცენარეებიდან ცხოველთა და ადამიანების ორგანიზმში. ადამიანის ორგანიზმში მათი მოხვედრა იწვევს ადამიანის სხვადასხვა სახის დაავადებას – მსუბუქი დაავადებიდან ქრონიკულამდე და ძნელად განსაკურნებელ ფორმამდე. ზოგიერთი სახის პესტიციდის გამოყვანა ადამიანის ორგანიზმიდან საერთოდ ძალიან ძნელია და შეუძლია გამოიწვიოს შეუქცევადი ცვლილებები. ამასთან დაკავშირებით მიმდინარეობს ნიადაგში პესტიციდების არსებობის პერიოდის და ქიმიური და ბიოლოგიური მეთოდებით მათი გაუვნებლობის შესაძლებლობის კვლევა. დღეს უკვე არსებობს პესტიციდების გაუვნებლობის საკმაოდ ეფექტური საშუალება. მითუმეტეს, მნიშვნელოვანია მხოლოდ ისეთი პრეპარატების გამოყენება, რომელთა მოქმედების ხანგრძლივობა კვირებითა და თვეებით იზომება. გარდა ამისა, აუცილებელია ისეთი პრეპარატების გამოყენება, რომლებიც ასუფთავებს მიწას პესტიციდებისა და მათი ანალოგებისაგან.

**სასუქები.** ნიადაგის დაბინძურება და ნივთიერებათა ბუნებრივი წრებრუნვის დარღვევა ხდება გადაჯერებული შემადგენლობის მოძველებული მინერალური სასუქების არამეცნიერულად დანერგვის შედეგად. არაგონივრული გამოყენება, ხშირად სეზონში რამოდენიმეჯერ, იწვევს ნიადაგში და გრუნტის წყლებში მათ დაგროვებას და მოწამვლას. მცენარეს ხომ ყოველთვის არ შეუძლია სასუქის ყველა მკვებავი ნივთიერების ათვისება. იმისათვის რომ არ მოხდეს მცენარეების მიერ ათვისებელი მინერალური სასუქებით ნიადაგის დაბინძურება, საჭიროა ნიადაგში მხოლოდ ისეთი მინერალური სასუქების შეტანა, რომელსაც სრულად აითვისებს მცენარეები, არ დააბინძურებს ნიადაგს და გრუნტის წყლებს.



## 5.7. ნიადაგის დაბინძურება მძიმე ლითონებით

მძიმე ლითონები ეწოდება ფერად ლითონებს, რომელთა სიმკვრივე აღემატება რკინის სიმკვრივეს. მძიმე ლითონებია ტყვია, სპილენძი, თუთია, ნიკელი, კადმიუმი, კობალტი, ქრომი, ვერცხლისწყალი.

მძიმე ლითონების თავისებურებაა ის, რომ მძიმე ლითონები მცირე რაოდენობით აუცილებელია მცენარეთა და ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. თუმცა დასაშვები რაოდენობის გადაჭარბება სერიოზულ დაავადებებს იწვევს. დადგენილია, რომ ვერცხლისწყალი ნიადაგში ხვდება ზოგიერთი პესტიციდით, საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით და წყობიდან გამოსული გამზომი ხელსაწყოებით. მაგალითად, ერთი ლუმინესცენციური ნათურა 80 მგ ვერცხლისწყალს შეიცავს. ორგანიზმში მცირე რაოდენობის ვერცხლისწყლის რეგულარულად მოხვედრისას ზიანდება ნერვული სისტემა, რომელიც იწვევს მსუბუქ ალგზნებას და მეხსიერების დაქვეითებას.

ცოცხალი ორგანიზმებისათვის ძალიან ტოქსიკურია ტყვია. მოპოვებული ტყვიის ყოველი ტონიდან 25 კგ-მდე ტყვია გარემოში ხვდება. ტყვიის უზარმაზარი რაოდენობა ატმოსფეროში გამოიყოფა ავტომობილის გამონაბოლქვ აირებთან ერთად. ნიადაგისა და მცენარეების დაბინძურება ტყვიით საავტომობილო გზების გასწვრივ 200 მ დაშორებით ვრცელდება.

საავტომობილო ტრასების მახლობლად ნიადაგში შეიმჩნევა ტყვიის ამადლებული შემცველობა. გამონაბოლქვ აირებთან ერთად გამოფრქვეული ტყვია დაილექება მცენარეებზე, შეადწვეს ნიადაგში, სადაც შეიძლება დიდხანს დარჩეს, რამდენადაც ძნელად იხსნება. მეცნიერთა მონაცემებით უკანასკნელი რამდენიმე წლის განმავლობაში შეიმჩნევა მცენარეთა ქსოვილებში ტყვიის რაოდენობის ზრდის მკვეთრად გამოხატული ტენდენცია. ტყვია ერთვება სხვადასხვა უჯრედოვან ფერმენტში, და შედეგად ამ ფერმენტებს უკვე აღარ შეუძლიათ ორგანიზმში მათთვის განკუთვნილი ფუნქციის შესრულება. მოწამვლის დასაწყის სტადიაზე შეიმჩნევა უძილობა და ალგზნება, მოგვიანებით დაღლილობა და დეპრესია. მოწამვლის უფრო გვიანი სიმპტომებია ნერვული სისტემის ფუნქციის დარღვევა და თავის ტვინის დაზიანება.

შიგაწვის ძრავების მუშაობისას ინტენსიურად გამოიყოფა აზოტის ოქსიდები, ტყვია, ნახშირწყალბადები, ნახშირბადის ოქსიდი, მური და სხვა ნივთიერებები, რომლებიც დაილექება მიწის ზედაპირზე ან შთაინთქმება მცენარეებით. ეს

ნივთიერებები ხედება აგრეთვე ნიადაგში და ჩაერთვება კვების ჯაჭვთან დაკავშირებულ წრებრუნვაში.

ადამიანის ორგანიზმში სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მეშვეობით ტყვიის მოხვედრამ შეიძლება გამოიწვიოს ცენტრალური ნერვული სისტემის, ღვიძლის, თირკმლებისა და ტვინის დაზიანება. სამრეწველო რაიონების ნიადაგში ტყვიის შემცველობა 25-27-ჯერ მეტია, ვიდრე სასოფლო-სამეურნეო ნიადაგში.

სპილენძით და თუთიით ნიადაგის ყოველწლიური დაბინძურება შეადგენს შესაბამისად 35 და 27 კგ/კმ<sup>2</sup>. ნიადაგში ამ მეტალების კონცენტრაციის ამაღლება იწვევს მცენარეების ზრდის შენელებას და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირებას.

ადამიანისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენს ნიადაგში კადმიუმის დაგროვება. კადმიუმის ამაღლებული დოზის შემცველი საკვების მიღება იწვევს სკელეტის დეფორმაციას, ზრდის დაქვეითებას და წელის არეში ძლიერი ტკივილის შეგრძნებას.

### 5.8. სანქცირებული ნაგავსაყრელები და პოლიგონები

არის ადგილობრივი აღმასრულებელი ხელისუფლების მიერ მყარი სამშენებლო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების განსათავსებლად დაშვებული ტერიტორია, რომელიც არაა მოწყობილი ნორმატიული მოთხოვნების შესაბამისად. სანქცირებული ნაგავსაყრელი დროებითია, მათი ექსპლუატაცია ნებადართულია პოლიგონების ან ნარჩენების გამაუვნებელი ქარხნების ამოქმედებამდე. ნაგვის გახრწნის შედეგად ნაგავსაყრელის ტერიტორიიდან ატმოსფეროში გამოიყოფა დიდი რაოდენობით “ნაგვის აირი”, რომელსაც აფეთქებისა და ხანძრის გამოწვევა შეუძლია, გარდა ამისა ნაგავსაყრელის ახლოს ჰაერში ვრცელდება არასასიამოვნო სუნი, რაც განპირობებულია კომპლექსური ორგანული ნაერთების –არასრული წვის პროდუქტების წარმოქმნით. ამ ნაერთების გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე შეფასებული არაა, რამდენადაც ეს ნაერთები ლაბორატორიულ კვლევას არ ექვემდებარება. ქალაქის ნაგავსაყრელების სიახლოვეს გრუნტის წყლებში აღმოჩენილია ალიფატური, არომატული და ქლორირებული ორგანული გამხსნელების, დარიშხანის, კადმიუმის, ქრომის, ვერცხლისწყლის, ტყვიის, ნიკელისა და მისთ. ნაერთები. ასეთი დაბინძურებული წყლების გამოყენება იწვევს

ორგანიზმის იმუნიტეტის მკვეთრად დაქვეითებას, ლეიკოზის განვითარებას როგორც ადამიანებში, ისე შინაურ ცხოველებში. განსაკუთრებით საშიშია ფილტრატი, რომელიც წარმოიქმნება ნაგავსაყრელზე ნარჩენების ურთიერთქმედებისას ატმოსფერულ ნალექებთან, და შეიცავს ორგანული და მინერალური ნივთიერებების დაშლის მრავალ კომპონენტს. ფილტრატით დაბინძურებას ექვემდებარება აქტიური წყლის მიმოცვლის ზონები, და, უპირველეს ყოვლისა, გრუნტის წყლები. ნარჩენები და საყოფაცხოვრებო ნაგავი ნიადაგის დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს. გარდა ამისა, ნაგავი და ნაგავსაყრელი ეპიდემიოლოგიური საშიშროების წყაროს წარმოადგენს.

პოლიგონი –ნარჩენების ცენტრალიზებულად შეგროვებისა და გაუვნებლობის მიზნით ბუნებადაცვითი ნაგებობა, რომელიც უზრუნველყოფს ატმოსფეროს, ნიადაგის და გრუნტის წყლების დაცვას დაბინძურებისაგან. პოლიგონი აფერხებს დაავადების გამომწვევი მიკროორგანიზმების გავრცელებას. პოლიგონი მოწყობილია განაშენიანებისგან თავისუფალ, ღია, კარგად განიავებად, არადატბორვად ადგილზე, სადაც არის სუსტად მფილტრავი გრუნტი (თიხა,თიხნარი, ფიქალი). პოლიგონზე ნარჩენების დამარხვის უბნის მთავარი კონსტრუქციული ელემენტებია ჰერმეტიკული მოპირკეთება, დამცავი მოსაპირკეტებელი ფენა, სადრენაჟო ფენა ფილტრატისათვის და ზედა დაფარვა.

ჰერმეტიკულობის უზრუნველსაყოფად გამოიყენება მინერალური (თიხის) დაფარვა, პოლიმერული აფსკოვანი მასალები (მაგალითად, მაღალი წნევის პოლიეთილენი), ასფალტობეტონის დაფარვა, აგრეთვე ნიადაგის გაძლიერება ბენტონიტით.

პოლიგონი აღჭურვილი უნდა იყოს ფილტრატის შეგროვებისა და მოშორების საიმედო სისტემით. ნარჩენების ჩალაგება უნდა განხორციელდეს არაუმეტეს 2მ სისქის ფენებად აუცილებელი გამკვრივების პირობებში.

ნაგავსაყრელებზე და პოლიგონებზე მყარი ნარჩენების დამარხვა უნდა განიხილებოდეს როგორც უკიდურესი ღონისძიება – ამ მეთოდის დროს შესაძლო გამოყენების სფეროდან ამოღებულია ძვირფასი მეორადი ნედლეულის ათასობით ტონა. სპეციალისტების შეფასებით , ნაგავსაყრელებსა და პოლიგონებზე ყოველწლიურად იკარგება ასობით ათასი ტონა შავი და ფერადი ლითონები და ძვირფასი ნედლეულის სხვა სახეები. ნარჩენების დასამარხად საჭიროა მიწის

მნიშვნელოვანი ფართობი. გარდა ამისა, შესაძლებელია მოქმედ ნაგავსაყრელებსა და პოლიგონებზე ტოქსიკური ნარჩენების მოხვედრა, რაც ზრდის გარემოს არახელსაყრელად დაბინძურების რისკს.

### 5.9. ნაგვის დაწვა

ნაგვის დაწვა ნარჩენების მოშორების საკმაოდ რთული და “მაღალტექნოლოგიური” მეთოდია, რომელიც მოითხოვს ნარჩენების წინასწარ დამუშავებას (ე.წ. საწვავის მიღებით). მყარი ნარჩენების დაყოფისას ცდილობენ მსხვილი ობიექტების, მეტალების (როგორც მაგნიტური, ისე არამაგნიტური) მოშორებას და შემდეგ ნაგვის დამატებით დაწვრილმანებას. მაგნე გამონაბოლქვების შემცირების მიზნით აუცილებელია საერთო ნაკადიდან საშიში ნარჩენების მოშორება. ნარჩენების დაუცავად დაწვად ნაკადის დაწვა ძალიან საშიშია. ნაგვის საწვავი ქარხნების ეკოლოგიური რეზულტატი დაკავშირებულია ჰაერის დაბინძურებასთან, პირველ რიგში – წვრილდისპერსული მტვერით, გოგირდისა და აზოტის ოქსიდებით, ფურანებით და დიოქსინებით. სერიოზული პრობლემები წარმოიქმნება აგრეთვე ნაგავსაწვავი ქარხნის ნაცრის დამარხვასთან, რომელიც ნარჩენების საწყისი წონის 30% წარმოადგენს და მისი დამარხვა ჩვეულებრივ ნაგავსაყარზე დაუშვებელია. ასეთი ნაცრის დასამარხად უნდა გამოიყენებოდეს სპეციალური საცავები.

ნაგვის საწვავის უპირატესობაა ის, რომ 3-ჯერ მცირდება ნარჩენების წონა და ისეთი არასასიამოვნო მახასიათებლების თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა, როგორცაა: სუნი, ტოქსიკური სითხეების, ბაქტერიების გამოყოფა, ფრინველებისა და მღრღნელების მიზიდვა, გარდა ამისამიკრორაიონებისათვის დამატებითი ელექტრომომარაგებისა და გათბობის მიღების შესაძლებლობას იძლევა.

თანამედროვე ნაგვის საწვავი დანადგარები აღჭურვილია გამონაბოლქვების გაწმენდის სისტემებით, ელექტროენერჯის გენერატორებით და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს უტილიზაციის სხვა მეთოდებთან კომბინაციაში. დღეისათვის შემუშავებულია ნარჩენების დასაწვავი დანადგარების მრავალი ვარიანტი.

### 5.10. ნარჩენების გადამუშავების ტექნოლოგიები

ნარჩენების გადამუშავება ნარჩენებთან “ბრძოლის” ყველაზე ოპტიმალური მეთოდია, რომელიც იძლევა ეკონომიკურ ეფექტს, ზოგავს რესურსებს, აუმჯობესებს

ეკოლოგიურ სიტუაციას, ნაგავსაყრელი და პოლიგონებისთვის გამოყენებული ტერიტორიის შემცირების საშუალებას იძლევა. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ ეფექტური მეორადი გადამუშავება შეუძლებელია ნარჩენების შეგროვებისა და დახარისხების კარგად აწყობილი სისტემის გარეშე.

**საყოფაცხოვრებო ნაგავი** სამრეწველო ნარჩენების გადამუშავების ტექნოლოგიები იყოფა:

1. თერმულ ტექნოლოგიებად;
2. ფიზიკურ-ქიმიურ ტექნოლოგიებად;
3. ბიოტექნოლოგიებად.

თერმული ტექნოლოგიები გამოიყენება ნებისმიერი სახის მყარი, სხნადი, თხევადი და აირადი ნარჩენების უტილიზაციისათვის. მეთოდის არსი მგდომარეობს ნარჩენების თერმულ დამუშავებაში მაღალტემპერატურული თბომატარებლით, რომელიც შეიძლება იყოს საწვავის წვის პროდუქტი – პლაზმური ნაკადი, ლითონის ან ოქსიდის ნაღობი, ზემოაღნიშნული სიხშირის გახურების ნარჩენები. თერმული დასლის პროდუქტები იჟანგება, ქიმიურ ურთიერთქმედებაში შედის და წარმოქმნის არატოქსიკურ აირად, თხევად და მყარ ნარჩენებს. თერმული მეთოდის სტადიებია:

წინასწარი, რეაგენტული დამუშავება;

მაღალტემპერატურული დამუშავება და გაუვნებლება;

აირების მრავალსაფეხურიანი წმენდა;

სითბოს გამოყენება;

თანაური ორგანული ან მინერალური პროდუქტების მიღება.

**თერმული მეთოდი** განსაზღვრული უნივერსალურობით გამოირჩევა, რამდენადაც ნებისმიერი ორგანული და არაორგანული ნაერთების გაუვნებლების საშუალებას იძლევა.

ამჟამად მსოფლიო პრაქტიკაში ითვლება, რომ I და 2 კლასის საშიშროების ტოქსიკური ნივთიერებები, ისეთები, როგორცაა მომწამლავი ნივთიერებები, პესტიციდები, დიოქსინები და სხვ., შეიძლება გაუვნებლდეს მხოლოდ პლაზმური მეთოდით. თერმული მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია ძნელად წვადი და უწვადი ნაერთების გასაუვნებლად.

**ფიზიკურ-ქიმიური** მეთოდები არ გამოიჩევა უნივერსალურობით, თუმცა შეუძლია საუკეთესო შედეგის მოცემა – შეუძლია ნარჩენები როგორც ნედლეული გამოიყენოს სასარგებლო პროდუქტების მისაღებად. მაგალითს წარმოადგენს რეზინის, რეზინაქსოვილის ნარჩენების, ავტომობილის საბურავების, რეზინის შლანგების და რეზინის სხვა ნაკეტების გადამუშავება. გადამუშავების საბოლოო პროდუქტია რეზინის ნაფხვენი, რომელიც გამოიყენება დაფარვების, საფენების, ბითუმის დანამატის დასამზადებლად. ამ მეთოდით შეიძლება აგრეთვე პოლიმერული მასალების, მაგალითად პოლიეთილენის, პოლიპროპილენის და მისთ. გადამუშავება. განვითარებულ ქვეყნებში, სადაც მაღალია პოლიმერული მასალების გამოყენება, ჩამოყალიბდა ამ ტიპის ნარჩენების უტილიზაციის დარგი, სადაც ნარჩენები 100%-ით გადამუშავდება მეორადი გამოყენების ნედლეულად.

ნარჩენების გაუვნებლებისა და გადამუშავების ყველაზე პერსპექტიული ტექნოლოგიაა **ბიოტექნოლოგია**. ბუნებრივად შექმნილი ბაქტერიები და მიკროორგანიზმები გენეტიკური ბიოლოგიის, მათ შორის გენური ინჟინერიის მეთოდებით ხდება ახალი ფუნქციების სესრულება.

მაგალითად, სოკოების მასას შეუძლია ხსნარებიდან ტყეის, თუთიის, ნიკელის, კობალტის, ვერცხლის და სხვა, მათ შორის რადიაქტიური მეტალების კონცენტრირება. ეს ხსნის მძიმე მეტალებისგან ბიოტექნოლოგიური გაწმენდის ახალ შესაძლებლობებს. ზოგიერთი ბაქტერია შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნავთობისა და ნავთობის ნარჩენებისგან ჩამდინარე წყლებისა და ნიადაგის გასაწმენდად. გენური ინჟინერიის მეთოდებით მიღებული შტამები ახდენენ ნედლი ნავთობის უტილიზაციას, რაც ხმელეთზე ნავთობის დაქცევასთან საბრძოლველად მათი გამოყენების საშუალებას იძლევა. ბიოტექნოლოგიური პროცესების ნაკლია პროცესების მიმდინარეობის დაბალი სიჩქარე, რაც ძლიერ ამადლებს სამრეწველო ობიექტების აგებისას კაპიტალურ დანახარჯებს.

სამრეწველო საწარმოებში წარმოქმნილი ნარჩენების მნიშვნელოვან წილს შეადგენს სამთომომპოვებელი და სამთოგადამამუშავებელი, შავი და ფერადი მეტალურგიის, მინერალური სასუქების და სამშენებლო მასალების წარმოების მრავალტონიანი ნარჩენები.

რამდენადაც საყოფაცხოვრებო ნარჩენები 60-80%-მდე ორგანულ ნივთიერებებს (ქაღალდი, კვებითი ნარჩენები) შეიცავს, შეიძლება მათი კომპოსტირება. კომპოსტირება მდგომარეობს ორგანული ნივთიერებების ბუნებრივ ბიოლოგიურ გახრწნაში ჰაერის თანაობისას. საბოლოო პროდუქტია ჰუმუსისებრი ნივთიერება, რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ორგანულ სასუქად. ნარჩენების უტილიზაციის მეთოდის შერჩევა საკმაოდ რთულია. ტოქსიკური სამრეწველო ნარჩენებისათვის ეს საკითხი ინდივიდუალურად წყდება საწარმოში.

ბრიტანელი მეცნიერები მუშაობენ ისეთი შესაფუთი პოლიმერის შესაქმნელად, რომელიც მალე დაიშლება ნიადაგში. ვარშაველი ქიმიკოსების მიხედვით ცხელი ასფალტის მასაში 8% პოლოპროპილენის, პოლიეთილენის და სხვა თანამედროვე პლასტიკების დამატებით მნიშვნელოვნად უმჯობესდება გზის საფარის ხარისხი. ასეთი ასფალტი არ სკდება ზამთრის სიცივისგან და არ რბილდება ზაფხულის სიცხისგან. იაპონელები უკვე 100 წელია, რაც ნარჩენებს ისე ექცევიან, როგორც ნედლეულს. იაპონიაში ნარჩენები ოთხ კატეგორიად იყოფა. პირველ კატეგორიას ეკუთვნის მინა, ლითონი, ქაღალდი და ზოგიერთი პლასტმასა. წიგნებს, სათამაშოებს, დიდ საგნებს შეაკეთებენ და მეორადად გამოიყენება.

მეორე კატეგორიას ეკუთვნის საშიში მასალები (მაგალითად, აკუმულატორის ბატარეა) , რომელიც ექვემდებარება გაუვნებლებას ან დამარხვას ნაგავსაყრელზე, რომელიც მხოლოდ ასეთი ნარჩენებისთვისაა განკუთვნილი. იაპონია ძალიან სერიოზულად უდგება ვერცხლისწყლის ნათურების დემერკურიზაციის საკითხს (ვერცხლისწყლის გაუვნებლებას), რამდენადაც იაპონიაში მოხდა პირველად ადამიანების მასიური მოწამვლა მეთილვერცხლისწყლით. ვერცხლისწყლის ნათურების გადამუშავება ხდება მეტალურგიულ ქარხანაში, რომლის პროდუქციას წარმოადგენს ალდგენილი ვერცხლისწყალი, ფოლადი, თუჯი, თუთია.

მესამე კატეგორიას მიეკუთვნება არაწვადი არატოქსიკური მასალები (კერამიკა, ზოგიერთი პლასტმასა და სამშენებლო ნარჩენები, რომლებიც არ ექვემდებარებიან რეცირკულაციას). მათთვის გამოიყენება ჩვეულებრივი ნაგავსაყრელები.

მეოთხე კატეგორიას ეკუთვნის წვადი მასალები, იმდენად დაბინძურებული, რომ რომ შეუძლებელია მათი მეორადი გამოყენება. ესაა ზოგიერთი კვებითი და საყოფაცხოვრებო ნარჩენი, პლასტმასების ზოგიერთი სახე, დაბინძურებული ქაღალდი და მერქანი. ამ ნარჩენების დიდი ნაწილი იწვება ნაგავსაწვავ ღუმელში, რომელთა დიდ ნაწილში ხდება თბო- და ელექტროენერჯის გამომუშავება. ნაგავსაწვავ ღუმელთა მუშაობაზე ხორციელდება მკაცრი კონტროლი. წვის პროცესის დაწყებამდე ხდება მოშორება არაწვადი მასალებისა, რომლებსაც შეუძლია ღუმლის მუშაობის დარღვევა და ჰაერის დაბინძურების გაზრდა. საშიში ნარჩენების დახარისხება მნიშვნელოვნად ამცირებს წვის შემდეგ დარჩენილი ნაცრის რაოდენობასა და ტოქსიკურობას. უსაფრთხოების მიზნით ხდება ნაცრის მოცილება, ცემენტის ბლოკებში ჩაწნეხვა და დახურულ სატვითო მანქანით ტრანსპორტირება გულდასმით დაპროექტებულ და კონტროლირებად ნაგავსაყრელზე, რომელიც განკუთვნილია საშიში ნარჩენების დასამარხად. იაპონია ერთადერთი სახელმწიფოა, სადაც მიღებულია კანონი მსხვილგაბარიტული სახლის ტექნიკის – ტელევიზორების, სარეცხი მანქანების, კონდიციონერების და მაცივრების უტილიზაციის ვალდებულების შესახებ.

ნაგვისგან განთავისუფლების პრობლემა განსაკუთრებით მწვავედ დგას დიდ ქალაქებში.

### 5.11. უნარჩენო წარმოება

ნარჩენების პრობლემის გადაწყვეტაზე მიმართული ყველა შესაძლო მეთოდიდან პრიორიტეტი ენიჭება წარმოქმნილი ნარჩენების მოცულობის შემცირებას. წარმოებაში ნარჩენების შემცირების მიღწევა შეიძლება ტექნოლოგიის სრულად შეცვლით ან ცვლილებით, უნარჩენო ან მცირენარჩენიან ტექნოლოგიებზე გადასვლით.

უნარჩენო წარმოებაში იგულისხმება ტექნოლოგიური პროცესების ერთობლიობა, რომელშიც ერთი პროცესის ნარჩენები გამოიყენება ნედლეულად სხვა წარმოებისათვის, რაც უზრუნველყოფს მათ პრაქტიკულად სრულ უტილიზაციას. მაგალითად, ორგანული საწვავის წვისას წარმოქმნილი ნაცარი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სილიკატური აგურის წარმოებაში, ბეტონის შემავსებლად და მისთ.



უნარჩენო წარმოებების შექმნა რთული და ხანგრძლივი პროცესია, რომლის შუალედური ეტაპია მცირენარჩენიანი წარმოება. მცირენარჩენიანი წარმოების დროს გარემოზე ზემოქმედება სანიტარიულ-ჰიგიენური ნორმებით დადგენილ დონეს არ აღემატება. წარმოების ნარჩენების შემცირებას ხელს უწყობს როგორც მოწყობილობის შეცვლა, ისე სხვა, უფრო ხარისხიან ნედლეულზე გადასვლა.

#### 5.12. ქალაქის ნიადაგი

ქალაქის ნიადაგი ზედმეტად მკვრივია, შერეულია და გამდიდრებული სამშენებლო ნაგვით, საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით, რის გამოც მის ბუნებრივ ანალოგებთან შედარებით უფრო მაღალი ტუტიანობა აქვს. მსხვილი ქალაქების ნიადაგის საფარი გამოირჩევა აგრეთვე მაღალი კონტრასტულობით და არაერთგვაროვნებით. ნიადაგის ქიმიური შემადგენლობის გაუარესებას იწვევს ზამთარში თოვლისგან გზის საფარის სწრაფად განთავისუფლების მიზნით მარილების გამოყენება. ამ მიზნით ჩვეულებრივ გამოიყენებანატრიუმის ქლორიდი (სუფრის მარილი), რაც იწვევს არამარტო მიწისქვეშა კომუნიკაციის კოროზიას, არამედ ნიადაგის ფენის ხელოვნურ დამარილებას. ამის შედეგად ქალაქებსა და ავტომაგისტრალების გასწვრივ გაჩნდა ისეთივემარილიანი ნიადაგი, როგორიცააშრალ სტეპებსა დაზღვის სანაპიროებში.

ქალაქის ნიადაგში დამაბინძურებელი ნივთიერებების დიდი ნაწილი ხვდება ატმოსფერულ ნალექებთან ერთად, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების დასაწყოების ადგილებიდან. განსაკუთრებით საშიშია ნიადაგის დაბინძურება მძიმე მეტალებით. ქალაქების ნიადაგი, განსაკუთრებით მისი ზედა ფენები დიდი რაოდენობით მძიმე მეტალებს შეიცავს, მათი შემცველობა 4-6-ჯერ აღემატება ფონურ შემცველობას. ნიადაგის დაბინძურებაში დიდ როლს თამაშობს არამარტო სტაციონარული (სამრეწველო) საწარმოები, არამედ მობილური წყაროებიც, განსაკუთრებით ავტოტრანსპორტი, რომელთა ნამუშევარ აირებთან ერთად გარემოში ხვდება ტყვია და ბენზ-ა-პირენი. მათი შემცველობა ბევრი ქალაქის ნიადაგში მნიშვნელოვნად აღემატება სანიტარიულ ნორმას.

ტყვიის ზემოქმედება არღვევს ქალისა და მამაკაცის რეპროდუქციული სისტემის ფუნქციას, იწვევს მუცლის მოშლასა და თანდაყოლილ დაავადებებს, მოქმედებს ნერვულ სისტემაზე, აქვეითებს ინტელექტს, იწვევს გულის დაავადებებს,

აქვეითებს მოძრაობით აქტივობას, არღვევს კოორდინირებულ მოძრაობებს, აქვეითებს სმენას.

ვერცხლისწყალი აზიანებს ნერვული სისტემისა და თირკმლების ფუნქციებს, ხოლო დიდი კონცენტრაციით შეიძლება გამოიწვიოსპარალიზება, მინომატის დაავადება. კადმიუმის დიდი დოზა აქვეითებს ძვლის ქსოვილის კალციუმის აღსორბციას, რასაც მოჰყვება ძვლების თვითნებური მოტეხილობა. თუთიის სისტემატური მოხვედრა ადამიანის ორგანიზმში იწვევს ფილტვებსა და ბრონქებში ანთებით მოვლენებს, კუჭქვეშა ჯირკვლის ციროზს, ანემიას. სპილენძი იწვევს ნერვული სისტემის ფუნქციურ დარღვევებს.

### **5.13. ბირთვული ნარჩენები**

პლანეტაზე ყოველივე ცოცხალისათვის ყველაზე დიდ საფრთხეს წარმოადგენს ბირთვული წარმოების ნარჩენები. ბირთვულმა ნარჩენებმა შეიძლება გამოიწვიოს ავთვისებიანი სიმსივნე, გენეტიკური ცვლილება და სიკვდილი. ბირთვული ნარჩენების გაუვნებლებისა და რადიაქტიურობის გასაქრობად 80 ათასი წელია საჭირო. მაგრამ დღეს თხევადი რადიაქტიური ნარჩენები პირდაპირ გადაიქაცება ზღვაში, ხოლო აირადი ნარჩენები ხვდება ჰაერში. მყარ ნარჩენებს აგროვებენ. რადიაქტიურ ნაგავს ძირითადად მარხავენ მიწაში, ხოლო ზოგჯერ ინახავენ მიწაზე კონტეინერებში, რაც ძალიან სახიფათოა, რადგან ნებისმიერ მომენტში კონტეინერში შეიძლება გაჩნდეს ხვრელი და მოხდეს მავნე ნივთიერების დაღვრა.

### **5.14. ნიადაგის თვითგაწმენდის პროცესები**

ნიადაგი სამფაზოვან სისტემებს მიეკუთვნება, თუმცა ნიადაგში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები ძალიან შენელებულია, და ნიადაგში გახსნილი ჰაერი და წყალი არსებით გავლენას ამ პროცესების მიმდინარეობის დაჩქარებაზე ვერ ახდენს. ამიტომ ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს თვითგაწმენდასთან შედარებით ნიადაგის თვითგაწმენდა ძალიან ნელა მიმდინარეობს.

ბიოსფეროს კომპონენტები თვითგაწმენდის ინტენსივობის მიხედვით შემდეგი თანმიმდევრობით შეიძლება დავალაგოთ: ატმოსფერო – ჰიდროსფერო – ლითოსფერო. შედეგად მავნე ნივთიერებები თანდათანობით გროვდება ნიადაგში, დროთა განმავლობაში საშიში ხდება ადამიანისათვის. ძირითადად ნიადაგის

თვითგაწმენდა შეიძლება მოხდეს მხოლოდ ორგანული ნარჩენებით დაბინძურების დროს, რამდენადაც ორგანული ნარჩენები ექვემდებარება მიკროორგანიზმებით ბიოქიმიურ დაჟანგვას. ამასთან მძიმე მეტალები და მათი მარილები თანდათან გროვდება ნიადაგში და შეიძლება უფრო ღრმა ფენაში დაეშვას. თუმცა ნიადაგის ღრმა ხენის შემთხვევაში შეიძლება აღმოჩნდეს ზედაპირზე და მოხვდეს თროპიკულ ჟაჭვში.

ამრიგად, სამრეწველო წარმოების ინტენსიური განვითარება ზრდის სამრეწველო ნარჩენებს, რომელიც საყოფაცხოვრებო ნარჩენებთან ერთად არსებით გავლენას ახდენს ნიადაგის ქიმიურ შემადგენლობაზე, აუარესებს მის ხარისხს.

მიწასთან ფრთხილი და დაზოგვითი დამოკიდებულება თანამედროვეობის ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემაა.

### 5.15. კოსმოსური ნაგავი დედამიწისა ხლო სივრცეში

ატმოსფერო ყოველთვის შეიცავს კოსმოსური წარმოშობის მტვერს. დედამიწის ზედაპირზე დღე-ღამეში დაახლოებით 100 ტ კოსმოსური მტვერი გამოიყოფა. სუფთა ადგილებში დედამიწის ზედაპირის 1 კმ<sup>2</sup>-ზე წლის განმავლობაში გამოყოფილი კოსმოსური მტვერის რაოდენობა 50 ტონას შეადგენს. თუმცა, კოსმოსურ მტვერს ჰიგიენური მნიშვნელობა არ აქვს, რადგან მისი კონცენტრაცია ძალზე უმნიშვნელოა.

საფრთხის შემცველია კოსმოსური ნაგავი. კოსმოსური ნაგავის ქვეშ იგულისხმება ყველა ხელოვნური ობიექტი და მათი ფრაგმენტები კოსმოსში, რომლებიც გაუმართავია, არ ფუნქციონირებს და ვერასდროს ვეღარ შეძლებს სასარგებლო საქმის შესრულებას, მაგრამ წარმოადგენს საშიშ ფაქტორს მოქმედი კოსმოსური აპარატებისათვის.

ზოგ შემთხვევაში ასეთი კოსმოსური ნაგავი პირდაპირ საფრთხეს წარმოადგენს დედამიწისთვისაც – ორბიტიდან მათი არაკონტროლირებადი გამოსვლისას, დედამიწის ატმოსფეროს მკვრივ ფენაში შესვლისას არასრული წვის და დასახლებულ პუნქტებზე, სამრეწველო ობიექტებზე, სატრანსპორტო კომუნიკაციებზე დაცემის შემთხვევაში.

ამ ობიექტების უმეტესობა ორბიტაზე იმყოფება დიდი დახრით, რომელთა სიბრტყეები იკვეთება, ამიტომ მათი საშუალო ფარდობითი ურთიერთსინქარე

შეადგენს დაახლოებით 10 კმ/წმ. ნებისმიერი ამ ობიექტის შეჯახებამ მოქმედ კოსმოსურ საფრენ აპარატთან კინეტიკური ენერჯის უზარმაზარი ენერჯის შედეგად შეიძლება დაახიანოს ან წყობიდანაც კი გამოიყვანოს იგი. გნსაკუთრებით დანაგვიანებულია დედამიწის ირგვლივ ორბიტის ის უბნები, რომლებიც ყველაზე ხშირად გამოიყენება კოსმოსური აპარატების სამუშაოდ. მეცნიერები მუშაობენ ამ პრობლემის გადასაჭრელად. ერთ-ერთი პროექტის მიხედვით შეიქმნება თანამგზავრი, რომელიც მოძებნის კოსმოსურ ნამსხვრევებს და ააორთქლებს მათ მძლავრი ლაზერული სხივით, მეორე პროექტის მიხედვით კი მიწისპირა ლაზერმა კოსმოსური ნამსხვრევი უნდა დაამუხრუჭოს ატმოსფეროში შესვლისა და მისი შემდგომი დაწვის მიზნით, მუშაობენ აგრეთვე ისეთი აპარატის შესაქმნელად, რომელიც შეაგროვებს კოსმოსურ ნაგავს შემდგომი გადამუშავების მიზნით. ამასთან, დედამიწისა ხლო კოსმოსური სივრცის ტექნოგენური დაბინძურების პირობებში კოსმოსური ფრენების უსაფრთხოების უზრუნველყოფა აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს. ამ ამოცანის გადაჭრა აქტუალურია დედამიწაზე ობიექტების უსაფრთხოების თვალსაზრისითაც. აღნიშნული პრობლემების გადაჭრა საერთაშორისო თანამშრომლობას მოითხოვს.

## თავი 6

### 6.1. გარემოს ენერგეტიკული დაბინძურება

ენერგეტიკულ დაბინძურებას მიეკუთვნება თბური, ვიბრაციული და აკუსტიკური ზემოქმედება, სინათლის, ელექტრომაგნიტური ველები და გამოსხივება, რადიონუკლიდების და მაიონიზირებელი გამოსხივების ზემოქმედება და მისთ.

ბუნებრივი გარემოს და სამრეწველო რეგიონების, ქალაქების, დასახლებული პუნქტების ენერგეტიკული დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს სამრეწველო ობიექტები, ენერგეტიკის და კავშირგაბმულობის ობიექტები და ტრანსპორტი.

ბუნებრივ პირობებში ადამიანზე მოქმედებს მზის რადიაციის, ქარის მოძრაობის, ტალღების და დედამიწის ქერქის ენერჯია. დაუცველი ადამიანის მოხვედრისას შტორმსა და ქარბორბალაში, მიწისძვრის ზონაში, მოქმედი ვულკანის კრატერის სიახლოვეს თუ ელვის რაიონში, ენერგეტიკულმა ზემოქმედებამ შეიძლება გადააჭარბოს ადამიანის ორგანიზმისათვის დასაშვებ დონეს და გამოიწვიოს მისი ტრავმირება ან სიკვდილი. ბუნებრივი წარმოშობის ენერჯიების დონეები პრაქტიკულად უცვლელი რჩება. თანამედროვე ტექნოლოგიები და ტექნიკური

საშუალებები ამ საშიშროებების გარკვეულწილად შემცირების საშუალებას იძლევა, თუმცა ბუნებრივი პროცესების და ბიოსფეროში ცვლილებების პროგნოზირების სირთულე, აგრეთვე მათ შესახებ არასაკმარისი ცოდნა სირთულეებს ქმნის სისტემაში “ადამიანი – ბუნებრივი გარემო” ადამიანის უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში.

თბური და ელექტრული ენერჯის ტექნოგენური წყაროების გაჩენამ, ბირთვული ენერჯის გამონთავისუფლებამ, ნავთობისა და გაზის საბადოების ათვისებამ წარმოქმნა ადამიანზე და გარემოზე სხვადასხვა ნეგატიური ზემოქმედების საშიშროება. ტექნოგენური ნეგატიური ზემოქმედების ენერგეტიკული დონის ზრდა და ტექნოგენურ გარემოში ენერჯის არაკონტროლირებადი გამოყოფა არის ადამიანების დაზიანებების, პროფესიული დაავადებებისა და დაღუპვების რიცხვის გაზრდის მიზეზი.

ტერიტორიულ-ტექნოლოგიური პრობლემები მოიცავს როგორც ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროს ადგილმდებარეობის საკითხებს, ისე მთელი რიგი უარყოფითი ეფექტების შემცირებას ან თავიდან აცილებას. მოცემული წყაროთი ატმოსფეროს დაბინძურების შეზღუდვის ოპტიმალური გადაწყვეტების ძებნა სულ უფრო ინტენსიური ხდება ტექნიკური ცოდნისა და მრეწველობის განვითარების დონის ზრდის პარალელურად—შემუშავებულია ატმოსფეროს დაცვის მთელი რიგი სპეციალური ღონისძიებები.

ქალაქში და საცხოვრებელ შენობებში ვიბრაციის წყაროა დარტყმითი ქმედების ტექნოლოგიური მოწყობილობა, რელსიანი ტრანსპორტი, საამშენებლო მანქანები და მძიმე ავტოტრანსპორტი. ვიბრაცია ვრცელდება გრუნტიდან და შენობის კონსტრუქციიდან.

ქალაქში და საცხოვრებელ შენობებში გავრცელებული ხმაურის წყაროა ტრანსპორტი, სამრეწველო მოწყობილობები, სანიტარიულ-ტექნიკური დანადგარები და მოწყობილობები და სხვა. ქალაქის მაგისტრალზე და მიმდებარე ტერიტორიებზე ხმაურის დონემ შეიძლება 70 – 80 დბ-ს მიაღწიოს, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში 90 დბ-საც კი გადააჭარბოს. კიდევ უფრო მაღალია ხმაურის დონე აეროპორტების მიმდებარე რაიონებში.

ტექნოსფეროში ინფრაბგერის წყაროა დიდი ზედაპირის მქონე მოძრავი მექანიზმები –ვიბრობაქანი, ექსკავატორი და მისთ, რომელთა მიერ გამოსხივებული

ინფრაბერული ტალღების დონე საკმაოდ დაშორებულ წერტილებშიც კი აღემატება ნორმატიულ მნიშვნელობებს.

რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების (ემე) ძირითადი წყაროებია რადიოტექნიკური ობიექტები, სატელევიზიო და რადიოსალოკაციო სადგურები, თერმული საამქროები და უბნები. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედება უფრო ხშირად დამოკიდებულია მაღალი ძაბვის ხაზებთან და სამრეწველო საწარმოებში გამოყენებული მაგნიტური ველების წყაროებთან.

განსაკუთრებით საშიშია ელექტროფიცირებული რკინიგზის მიმდებარე ზონებში აღძრული მაგნიტური ველები. მაღალი ინტენსივობის მაგნიტური ველები შეიძლება ამ ზონების სიახლოვეს მდებარე შენობებშიც.

ყოფაცხოვრებაში ემე-ის და გამოსხივების წყაროებია: ტელევიზორი, დისპლეი, მაღალსიხშირული ღუმელი და სხვა. ტელევიზორის და დისპლეის ეკრანი ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საფრთხეს არ წარმოადგენს, თუ ეკრანიდან დაშორება 30 სმ-ს აღემატება.

გარემოს თბურ დაბინძურებას ადგილი აქვს სხვადასხვა ენერგომატარებლის გამოყენების ადგილებში. გარემოს თბური დაბინძურების ყველაზე გავრცელებული წყაროებია თბო- და ატომური ელექტროსადგურები. გამოყოფილი სითბოს ყველაზე დიდი წილი მოდის ტურბინების ნამუშევარი ორთქლის კონდენსაციის სისტემებზე, რომლებშიც წყლის მოხმარება 150 ლ/(კვტ.სთ) შეადგენს, რაც იმით აიხსნება, რომ გამაცივებელი წყლის ტემპერატურა არ უნდა გაიზარდოს  $10^{\circ}\text{C}$  -ზე მეტად. ამასთან, ბუნებრივ წყალსატევებში, სადაც ხდება თბილი წყლის ჩაშვება, წყალსატევის წყლის სითბოს მატება არ უნდა აღემატებოდეს ზამთარში  $5^{\circ}$ , ხოლო ზაფხულში  $3^{\circ}\text{C}$  -ს.

## 6.2. ტექნიკური სისტემების ენერგეტიკულ ზემოქმედებათა იდენტიფიკაცია

ენერგეტიკულ ზემოქმედებათა იდენტიფიკაციის დროს გასათვალისწინებელია, რომ ენერგიის ნაკადის ყველაზე დიდი ინტენსივობა ყოველთვის უშუალოდ წყაროს სიახლოვესაა. გარემოში ენერგიის ნაკადის ინტენსივობა იმ ფართობის უკუპროპორციულია, რომელზეც ეს ენერგია ვრცელდება. თუ ენერგიის გამომსხივებელი წყარო მიწის ზედაპირზე მდებარეობს,

ენერგია გამოსხივდება ნახევარსფერულ სივრცეში, თუ ენერგიის გამომსხივებელი წყარო მიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე ან მიწისქვეშ მდებარეობს, ენერგია სფეროსებრი ზედაპირით განიბნევა.

ხშირად მაგისტრალური რელსიანი ტრანსპორტის ვიბრაცია 50-60 მ დაშორებით მიიღევა. სამშენებლო მოედნების, სამჭედლო-საწნეხი საამქროების სიახლოვეს ვიბრაციის მოქმედების ზონები მნიშვნელოვნად დიდია და რადიუსი 150-200 მეტრს აღწევს. მნიშვნელოვან ვიბრაციას ქმნის საცხოვრებელ შენობებში განლაგებული ტექნიკური მოწყობილობები (ტუმბო, ლიფტი, ტრანსფორმატორი და მისთ), აგრეთვე მეტროპოლიტენის ტრასა(თუ ღრმად არ არის განლაგებული). მნიშვნელოვანი ხმაური ახლავს ტრანსპორტის საშუალებათა ექსპლუატაციას.

მრავალი საწარმოსათვის ხმაურის ფაქტორის გათვალისწინებით სანიტარიულ-დამცავი ზონის სიგანე მნიშვნელოვნად აღემატება მავნე გამონაბოლქვების ფაქტორის მიხედვით დადგენილ სანიტარიული – დამცავი ზონის ზომებს.

ქალაქში და საცხოვრებელ შენობებში ვიბრაციის წყაროა დარტყმითი ქმედების ტექნოლოგიური მოწყობილობა, რელსიანი ტრანსპორტი, საამშენებლო მანქანები და მძიმე ავტოტრანსპორტი. ვიბრაცია ვრცელდება გრუნტიდან და შენობის კონსტრუქციიდან.

ქალაქში და საცხოვრებელ შენობებში გავრცელებული ხმაურის წყაროა ტრანსპორტი, სამრეწველო მოწყობილობები, სანიტარიულ-ტექნიკური დანადგარები და მოწყობილობები და სხვა. ქალაქის მაგისტრალზე და მიმდებარე ტერიტორიებზე ხმაურის დონემ შეიძლება 70 – 80 დბ-ს მიაღწიოს, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში 90 დბ-საც კი გადააჭარბოს. კიდევ უფრო მაღალია ხმაურის დონე აეროპორტების მიმდებარე რაიონებში.

ტექნოსფეროში ინფრაბგერის წყაროა დიდი ზედაპირის მქონე მოძრავი მექანიზმები –ვიბრობაქანი, ექსკავატორი და მისთ, რომელთა მიერ გამოსხივებული ინფრაბგერული ტალღების დონე საკმაოდ დაშორებულ წერტილებშიც კი აღემატება ნორმატიულ მნიშვნელობებს.

რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების (ემვ) ძირითადი წყაროებია რადიოტექნიკური ობიექტები, სატელევიზიო და რადიოსალოკაციო სადგურები, თერმული საამქროები და უბნები. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური

ველების ზემოქმედება უფრო ხშირად დამოკიდებულია მაღალი ძაბვის ხაზებთან და სამრეწველო საწარმოებში გამოყენებული მაგნიტური ველების წყაროებთან.

განსაკუთრებით საშიშია ელექტროფიცირებული რკინიგზის მიმდებარე ზონებში აღძრული მაგნიტური ველები. მაღალი ინტენსივობის მაგნიტური ველები შეიძლება ამ ზონების სიახლოვეს მდებარე შენობებშიც.

ყოფა-ცხოვრებაში ემგ-ის და გამოსხივების წყაროებია: ტელევიზორი, დისპლეი, მაღალსიხშირული ღუმელი და სხვა. ტელევიზორის და დისპლეის ეკრანი ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საფრთხეს არ წარმოადგენს, თუ ეკრანიდან დაშორება 30 სმ-ს აღემატება.

ენერგეტიკულ ზემოქმედებათა იდენტიფიკაციის დროს გასათვალისწინებელია, რომ ენერგიის ნაკადის ყველაზე დიდი ინტენსივობა ყოველთვის უშუალოდ წყაროს სიახლოვესაა. გარემოში ენერგიის ნაკადის ინტენსივობა იმ ფართობის უკუპროპორციულია, რომელზეც ეს ენერგია ვრცელდება. თუ ენერგიის გამომსხივებელი წყარო მიწის ზედაპირზე მდებარეობს, ენერგია გამოსხივდება ნახევარსფერულ სივრცეში, თუ ენერგიის გამომსხივებელი წყარო მიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე ან მიწისქვეშ მდებარეობს, ენერგია სფეროსებრი ზედაპირით განიბნევა.

ხშირად მაგისტრალური რელსიანი ტრანსპორტის ვიბრაცია 50-60 მ დაშორებით მიიღევა. სამშენებლო მოედნების, სამჭედლო-საწნეხი საამქროების სიახლოვეს ვიბრაციის მოქმედების ზონები მნიშვნელოვნად დიდია და რადიუსი 150-200 მეტრს აღწევს. მნიშვნელოვან ვიბრაციას ქმნის საცხოვრებელ შენობებში განლაგებული ტექნიკური მოწყობილობები (ტუმბო, ლიფტი, ტრანსფორმატორი და მისთ), აგრეთვე მეტროპოლიტენის ტრასა (თუ ღრმად არ არის განლაგებული).

მნიშვნელოვანი ხმაური ახლავს ტრანსპორტის საშუალებათა ექსპლუატაციას.

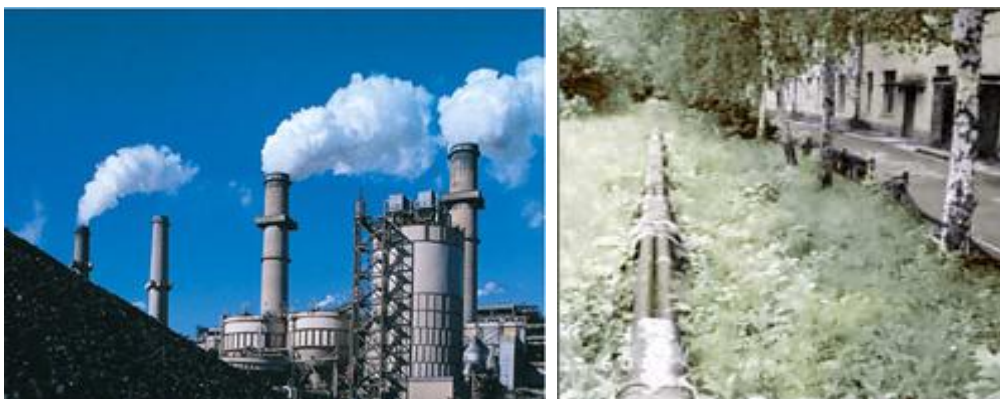
მრავალი საწარმოსათვის ხმაურის ფაქტორის გათვალისწინებით სანიტარიულ-დამცავი ზონის სიგანე მნიშვნელოვნად აღემატება მავნე გამონაბოლქვების ფაქტორის მიხედვით დადგენილ სანიტარიული – დამცავი ზონის ზომებს.

### 6.3. თბური დაბინძურება და მისი წყაროები



თბური დაბინძურება არის ფიზიკური დაბინძურების ერთ-ერთი სახე. თბურ დაბინძურებად ითვლება ენერგეტიკულ, სამრეწველო დანადგარების და სატრანსპორტო საშუალებათა თბოგამოყოფათა ერთობლიობა, რომელიც ზრდის ჰაერის (წყლის, ნიადაგის) ტემპერატურას და გავლენას ახდენს ტექნოპოლისების მიკროკლიმატზე. ეს ცვლილებები გარკვეულწილად გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

თბური დაბინძურება წარმოიქმნება ადამიანის მიერ ენერჯის, ძირითადად წიაღისეული სათბობის (90%), გამოყენების შედეგად ტემპერატურის აწევით.



ნახ.10. გარემოს თბური დაბინძურების წყაროები

თბური დაბინძურება წარმოადგენს ბუნებრივ გარემოში სხვადასხვა, პირველ რიგში სათბობის წვასთან დაკავშირებულ თბურ პროცესებში წარმოქმნილი სითბოს გაბნევის შედეგს. არსებული მონაცემებით მსოფლიოში ყოველდღიურად იწვება 5 მლრდ ტ ნახშირი, 3,2 მლრდ ტ ნავთობი, ე.ი. გამონთავისუფლდება უზარმაზარი თბური ენერჯია, რომელიც ცვლის ჰაერისა და წყლის გარემოს ტემპერატურულ რეჟიმს, აგრეთვე იქ მიმდინარე პროცესების დინამიკას. თბოელექტროსადგურების შეცვლა ატომური ელექტროსადგურებით, გარკვეულწილად ამცირებს გარემოს ქიმიური დაბინძურებას და ერთდროულად ზრდის თბურ დაბინძურებას. ასე, თბოელექტროსადგურზე 3,6 მჯ ელექტროენერჯის გამომუშავებისას სითბოს დანაკარგი (ნარჩენები) გასაცვივებლად გამოყენებულ ატმოსფეროსა და წყალში შესაბამისად შეადგენს 1,67 და 0,565 მჯ, ხოლო ატომურ ელექტროსადგურზე – 0,544 და 7,95 მჯ.

სამრეწველო რაიონებში გამოქუშავებული ენერჯის რაოდენობა ისე უზარმაზარია, რომ იგივე ფართობზე მზის გამოსხივების ინტენსივობის თანაზომადია. ამიტომ სამრეწველო რაიონში წარმოიქმნება “სითბოს კუნძული” და ფორმირდება განსაკუთრებული მიკროკლიმატი. ეს მოვლენა დამახასიათებელია ქალაქებისათვის, მსხვილი დასახლებული პუნქტებისა და განსაკუთრებით კი მეგაპოლისებისათვის.

თბური დაბინძურება არის ტექნოლოგიური პროცესების არასრულყოფილების, ენერგეტიკული აგრეგატების მარგი ქმედების შედარებით დაბალი კოეფიციენტის (ბუნებრივ ენერგეტიკულ ციკლებთან შედარებით) შედეგი, ამასთან სითბოს უზარმაზარი რაოდენობა იხარჯება წყლის, ნიადაგისა და ატმოსფეროს გათბობაზე. ზამთარში ქალაქის ფართობის ერთეულზე ხელოვნური სითბოს რაოდენობა თითქმის უტოლდება მზის რადიაციით მიღებულ სითბოს. ლოკალური თბური დაბინძურების გარდა არსებობს დედამიწის ზედაპირზე ტემპერატურის გლობალური ამაღლება თბური დაბინძურებისა და სათბურის ეფექტის შედეგად. თბური დაბინძურების განსაკუთრებით მაღალი მნიშვნელობა შეიმჩნევა ჰიდროსფეროს ცალკეულ უბნებზე ჰიდროელექტროსადგურების, ატომური ელექტროსადგურების ან სხვა სამრეწველო დანადგარების წყლით გაცივების და ცხელი წყლის წყალსატევებში ჩაშვების შედეგად.

თბური დაბინძურება ხშირად ანთროპოგენული წარმოშობისაა და ხასიათდება ტემპერატურის გაზრდით ბუნებრივი დონის ზევით. თბური დაბინძურების ძირითადი წყაროა გახურებული ნამუშევარი აირებისა და ჰაერის ატმოსფეროში გამოფრქვევა, ხოლო გახურებული ჩამდინარე წყლების წყალსატევებში ჩაშვება.

ქალაქებში გეოლოგიური გარემოს თბური დაბინძურება წარმოადგენს მისი ტემპერატურის ამაღლებას ბუნებრივ მნიშვნელობასთან შედარებით. დიდი ქალაქის ტერიტორიაზე ტემპერატურული რეჟიმის დარღვევა შეიძლება მოხდეს 100-150 მ სიღრმეზე. ამასთან, ჰორიზონტალურად 10-30 მ შეიმჩნევა გაფართოებისადმი ტენდენცია გეოთერმალური ანომალიების ფართობზე მთის ქანებისა და მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურის ფონურ მნიშვნელობაზე 2-6 °C –ით მომატებით.

გარემოს თბურ დაბინძურებას ადგილი აქვს სხვადასხვა ენერგომატარებლის გამოყენების ადგილებში. თბური დაბინძურების ყველაზე გავრცელებული წყაროებია თბო- და ატომური ელექტროსადგურები. გამოყოფილი სითბოს ყველაზე

დიდი წილი მოდის ტურბინების ნამუშევარი ორთქლის კონდენსაციის სისტემებზე, რომლებშიც წყლის მოხმარება 150 ლ/(კვტ.სთ)-ს შეადგენს, რაც იმით აიხსნება, რომ გამაცივებელი წყლის ტემპერატურა არ უნდა გაიზარდოს 10<sup>0</sup> C-ზე მეტად. ამასთან, ბუნებრივ წყალსატევებში, სადაც ხდება თბილი წყლის ჩაშვება, წყალსატევის წყლის სითბოს მატება არ უნდა აღემატებოდეს ზამთარში 5<sup>0</sup>, ხოლო ზაფხულში 3<sup>0</sup>C-ს.

თბურ დაბინძურებას ადგილი აქვს დიდი მასშტაბით წყლის ერთჯერადი გამოყენებისას, სადაც ის ძირითადად გამოიყენება თბოელექტროსადგურებში ტურბინებით გამომუშავებული აირის გასაცივებლად და კონდენსაციისათვის. შემთბარი წყალი ჩაიღვრება უშუალოდ მდინარეში ან ტბაში, და ხდება დამატებითი სითბოს წყარო. თბოელექტროსადგურებიდან წყალსატევებში გადაცემული სითბო იწვევს მასში წყლის ტემპერატურის აწევას. ტემპერატურის აწევით მცირდება წყალში აირის ხსნადობა. ეს იწვევს წყალში ჟანგბადის შემცირებას. ბიოცენოზის სუნთქვა უარესდება, ხოლო მიკროორგანიზმები და ვირუსები (ასკარიდის კვერცხები) მრავლდება.

წყლის ტემპერატურის აწევამ შეიძლება გამოიწვიოს წყალქვეშა მცენარეული სამყაროს სტრუქტურის ცვლილება. ცივწყლიანი წყალსატევებისათვის დამახასიათებელი წყალმცენარეები იცვლება უფრო სითბოს მოყვარული წყალმცენარეებით და ტემპერატურის მომატებისას ხდება მათი გამოდევნა და სრულად გაქრობაც კი.

თუ თბურ დაბინძურებას ახლავს წყალსატევებში ორგანული და მინერალური ნივთიერებების ჩაშვება, ხდება ევტრიფიკაციის პროცესი, ე.ი. წყალსატევის პროდუქტიულობის მკვეთრად ამაღლება. აზოტი და ფოსფორი, წარმოადგენს რა წყალმცენარეების, მათ შორის მიკროსკოპულის, საკვებს, იწვევს მათ მკვეთრად ზრდას. მრავლდებიან რა, მცენარეები ეფარებიან ერთმანეთს, რის გამოც ხდება მათი მასობრივი კვდომა და ლპობა. პროცესს ახლავს ჟანგბადის მოხმარების დაჩქარება: ის შეიძლება ბოლომდე ამოიწუროს, ეს კი დაღუპვით ემუქრება მთელ ეკოსისტემას. გარდა იმისა, რომ ელექტროსადგურებს აქვთ წყლის ორგანიზმების გარემოს ცვლილების უნარი, მათ შეუძლიათ ფიზიკური ზემოქმედებაც მოახდინოს მათზე. გასაცივებლად გამოყენებული მარილიანი წყალი იწვევს მეტალური ზედაპირის ძლიერ კოროზიას და წყალში მეტალის, განსაკუთრებით სპილენძის,

იონების გამონთავისუფლებას. ნიჟარიანი ცხოველები სპილენძს აგროვებენ ისეთი რაოდენობით, რომ საშიში ხდება მისი საკვებად გამოყენება.

წყალსატევების თბური დაბინძურების ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა შედეგი უზარმაზარ ზიანს აყენებს ბუნებრივ ეკოსისტემას და იწვევს ადამიანის გარემოს დამღუპველ ცვლილებას.

#### **6.4. თბური დაბინძურების შედეგები**

თბური დაბინძურების შედეგად ზარალი პირობით შეიძლება დავეყოთ რამდენიმე მიმართულებით:

**ეკონომიკური** ( წყალსატევების პროდუქტულობის დაცემის, დაბინძურებისგან გამოწვეული შედეგების ლიკვიდაციაზე დანახარჯების შედეგად მიღებული) ზარალი;

**სოციალური** (ესთეტიკური დანახარჯები ლანდშაფტის დეგრადაციის შედეგად მიღებული) ზარალი;

**ეკოლოგიური** (უნიკალური ეკოსისტემების შეუქცევადი დაზიანებები ,სახეობათა გაქრობა, გენეტიკური) ზარალი.

სამრეწველო ცენტრებსა და მსხვილ ქალაქებში ატმოსფერო განიცდის თბურ დაბინძურებას, რამდენადაც ატმოსფეროში ხვდება გარემოს ჰაერზე უფრო მაღალი ტემპერატურის ნივთიერებები. გამონაბოლქვების ტემპერატურა, როგორც წესი, ჰაერის მიწისზედა ფენის საშუალოწლიურ ტემპერატურაზე მაღალია. სამრეწველო საწარმოთა მილებიდან, შიგაწვის ძრავების გამოსაბოლქვი მილებიდან, სახლების გათბობისას, ტყის ხანძრების დროს გამოიყოფა 60°C-მდე და მეტად გახურებული ნივთიერებები.

დიდი ქალაქებისა და სამრეწველო ცენტრების თავზე ატმოსფერული ჰაერის საშუალოწლიური ტემპერატურა 6-7 გრადუსით აღემატება მიმდებარე ტერიტორიის ჰაერის ტემპერატურას. სპეციალისტები აღნიშნავენ, რომ უკანასკნელი 25 წლის მანძილზე ტროპოსფეროს საშუალო ტემპერატურამ 0,7 °C-ით აიწია.

ზედაპირული წყალსატევებისა და ზღვისპირა აკვატორიებში თბურ დაბინძურებას იწვევს ელექტროსადგურებისა და ზოგიერთი სამრეწველო საწარმოების მიერ ცხელი ჩამდინარე წყლების ჩაშვება. წყალსატევებში ტემპერატურის აწევა იწვევს გარემოს ქიმიური და ბიოლოგიური პარამეტრების

ცვლილებას – ამცირებს წყალში ქანგბადის შემცველობას, წყალმცენარეებთან მზის სხივების ჩაღწევას და ზრდის დაბინძურების ტოქსიკურობას და მავნე ლურჯმწვანე წყალმცენარეების გამრავლების სიჩქარეს.

ხშირ შემთხვევაში გახურებული წყლის ჩაშვება იწვევს წყალსატევში წყლის გათბობას 6-8 °C-ით. სანაპირო რაიონებში გამთბარი წყლის ლაქების ფართობმა შეიძლება 30 კვ.კმ-ს მიაღწიოს. ტემპერატურული სტრატეფიკაცია აფერხებს ზედაპირული და ფსკერის ფენებს შორის წყლის მიმოცვლას. მცირდება ქანგბადის ხსნადობა, ხოლო მისი მოხმარება იზრდება, რადგან ტემპერატურის მომატება აძლიერებს აერობული ბაქტერიების აქტიურობას, რომლებიც ხრწნიან ორგანულ ნივთიერებებს. ძლიერდება ფიტოპლანქტონის და წყალმცენარეთა მთელი ფლორის მრავალსახეობა.

### 6.5. თბური შოკი

წყალსატევებში ტემპერატურის აწევა დამდუპველად მოქმედებს წყლის ცოცხალ ორგანიზმებზე. ევოლუციის პროცესში ცივისსხლიანი ბინადრები შეეგუენ გარკვეული ინტერვალის ტემპერატურას. ყოველი სახეობისათვის არსებობს ტემპერატურული ოპტიმუმი, რომელიც ცხოვრების ციკლის გარკვეულ სტადიებზე რამდენადმე იცვლება. რაღაც ზღვრებში ამ ორგანიზმებს აქვთ უფრო მაღალი ან უფრო დაბალი ტემპერატურებისადმი შეგუების უნარი. თუ ორგანიზმი ცხოვრობს მისთვის დამახასიათებელი ტემპერატურული ინტერვალის ყველაზე მაღალი ტემპერატურის პირობებში, ის იმდენად ეჩვევა ამ პირობებს, რომ იღუპება რამდენადმე მაღალ ტემპერატურაზე, ვიდრე უფრო დაბალი ტემპერატურის პირობებში მუდმივად მცხოვრები არსებები. წყლის ორგანიზმების დიდი ნაწილი უფრო სწრაფად ეგუება შედარებით თბილ წყალში ცხოვრებას, ვიდრე უფრო ცივ წყალში ცხოვრებას. თუმცა ადაპტაციის უნარს არ აქვს აბსოლიტურად მაქსიმალური ან მინიმალური ზღვრები და იცვლება ცოცხალი სახეობის მიხედვით.

ბუნებრივ პირობებში ტემპერატურის ნელ-ნელა აწევის ან დაწევის პირობებში თევზები და წყლის სხვა ორგანიზმები თანდათანობით ეგუებიან გარემოს ტემპერატურის ცვლილებებს. მაგრამ თუ ტბასა და მდინარეში სამრეწველო საწარმოს ცხელი ჩამდინარე წყლით სწრაფად დამყარდება ახალი ტემპერატურული რეჟიმი, მაშინ აკლიმატიზაციისათვის დრო საკმარისი არაა და ცოცხალი ორგანიზმები თბური შოკის შედეგად იღუპებიან.

თბოელექტროსადგურებიდან წყალსატევებში გადაცემული სითბო იწვევს მასში წყლის ტემპერატურის აწევას. ტემპერატურის აწევით მცირდება წყალში აირის ხსნადობა. ეს იწვევს წყალში ჟანგბადის შემცირებას. ბიოცენოზის სუნთქვა უარესდება, ხოლო მიკროორგანიზმები და ვირუსები (ასკარიდის კვერცხები) მრავლდება.

თბური შოკი თბური დაბინძურების უკიდურესი რეზულტატია. წყალსატევებში ცხელი ჩამდინარე წყლების ჩაშვების შედეგი შეიძლება უფრო სერიოზულიც იყოს. ერთ-ერთი ასეთი შედეგია ნივთიერებათა ცვლის პროცესებზე ზემოქმედება. ვან ჰოვის კანონის თანახმად, ტემპერატურის ყოველი 10 °C-ით მომატებისას ქიმიური რეაქციის სიჩქარე ორმაგდება. რამდენადაც ცივისსხლიანი ორგანიზმების სხეულის ტემპერატურა გარემოს წყლის ტემპერატურით რეგულირდება, წყლის ტემპერატურის მომატება თევზებსა და წყლის ცოცხალ ორგანიზმებში ზრდის ნივთიერებათა ცვლის სიჩქარეს. თავის მხრივ, ეს ზრდის მათ მოთხოვნილებას ჟანგბადზე. შედეგად წყლის ტემპერატურის გაზრდით მასში ეცემა ჟანგბადის შემცველობა. ჟანგბადის ნაკლებობა იწვევს ძლიერ ფიზიოლოგიურ სტრესს და სიკვდილსაც კი. ზაფხულის პერიოდში თევზებისა და უხერხემლოების დაღუპვა შეუძლია გამოიწვიოს წყლის ტემპერატურის მხოლოდ რამდენიმე გრადუსით აწევამაც კი. წყლის ხელოვნურად გათბობამ შეიძლება გამოიწვიოს თევზების ქცევის ცვლილებაც, დაარღვიოს მიგრაცია. თუ ელექტროსადგურის დამაზიანებელი ძალა აღემატება სახეობის თვითაღდგენის უნარს, პოპულაცია იწყებს კლებას.

ჭარბი სითბოს ზეგავლენით შეიძლება მოხდეს ქანების ლოკალური გამოშრობა მისი სიმტკიცის ცვლილებით. გრუნტის წყლების ტემპერატურის მომატებით მიწისქვეშა ნაგებობის მასალებთან კონტაქტის ზონაში იზრდება ქიმიური რეაქციების სიჩქარე. დადგენილია, რომ სამშენებლო მარკის ფოლადის კოროზიის სიჩქარე ტემპერატურის 0-დან 80°C-მდე ცვლილებისას იზრდება პირდაპირპროპორციულად. ქანებისა და მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურის გაზრდა მიკროორგანიზმების – ბიოკოროზიის აგენტების საქმიანობას ააქტიურებს.

ქალაქის ტერიტორიის გეოლოგიური გარემოს თბური დაბინძურების ყველაზე გავრცელებული წყაროებია მაგისტრალური თბოსადენები და ცხელი წყალმომარაგების ქსელები.

საკუთარ გარემოს აბინძურებს არამარტო ადამიანი, არამედ თვით ბუნებაც: მარტო ვულკანური ამოფრქვევა რად ღირს. თუმცა ვულკანების ამოფრქვევის შედეგები, ადამიანის საქმიანობისგან განსხვავებით, ყოველთვის შექცევადია – ნელა, მაგრამ თვითაღდგენის შედეგად ატმოსფერო ძველი პარამეტრებით აღდგება.

## 6.6. ატმოსფეროს დაცვა თბური დაბინძურებისაგან

თბური ენერგეტიკის საწარმოთა მანვე ზემოქმედებისაგან გარემოს დაცვის პრობლემის გადაჭრა კომპლექსურ მიდგომას მოითხოვს:

**თბური ელექტროსადგურის (თეს) განლაგება.** თეს-ის სამშენებლო მოედნის შერჩევისას არსებობს მთელი რიგი შეზღუდვები და ტექნიკური მოთხოვნები, რომლებიც ნაკარნახევი ეკოლოგიური მოსაზრებებით.

თუ სავარუდო მშენებლობის ადგილზე დაბინძურების სიდიდემ უკვე მიაღწია ან ახლოსაა ზღვრულ მნიშვნელობასთან, დაუშვებელია თბოსადგურის მშენებლობა.

თეს-ის მშენებლობის ადგილის შერჩევისას მხედველობაში მიიღება შემდეგი ფაქტორები: ამ ადგილებში ქარების მიმართულება, ძალა და პერიოდულობა, ნალექების ალბათობა, სათბობის სავარაუდო სახეზე მუშაობისას აბსოლიტური გამონაბოლქვები, გამახურებელი მოწყობილობების ინსტრუქციები, გამონაბოლქვების გაწმენდისა და დაჭერის სისტემების მაჩვენებლები და ა.შ.

ელექტროსადგურის, პირველ რიგში თბოელექტროსადგურის, აგებისას ქალაქებსა და გარეუბნებში უნდა გაითვალისწინონ სადგურსა და საცხოვრებელ მასივებს შორის ტყის ზოლის შექმნა. ტყის ზოლი ამცირებს მიმდებარე რაიონებში ხმაურს, საცხოვრებელი მასივის მიმართულებით ქარის შემთხვევაში ხელს უწყობს მტერის შეჩერებას და არსებით გავლენას ახდენს ჰაერის ტემპერატურაზე.

მატერიალური გარემო მზის სხივური ენერჯის ნაწილს აირეკლავს, ხოლო ნაწილს შთანთქამს და შემდეგ უკან აბრუნებს (გამოასხივებს) თბური ენერჯის სახით. მატერიალური გარემოს სხვადასხვა ელემენტის თბური გამოსხივება არაერთგვაროვანია როგორც რაოდენობრივი მაჩვენებლების, ისე გამოსხივების პროცენტის ხანგრძლივობის მიხედვით. მაგალითად, დადგენილია, რომ ხეებისა და ბუჩქნარის ფოთლები ინსოლაციის შეწყვეტის შემდეგ ძალიან

სწრაფად ცივდება, ხოლო ქვის ზედაპირების სითბოს გამოსხივება რამდენიმე საათის განმავლობაში გრძელდება. შესაბამისად, ქალაქში ადამიანი ერთდროულად იმყოფება უშუალოდ მზის სხივებისა და გარემოს ( შენობათა კედლები, მიწა, ტროტუარი, გზები , ატმოსფერო) მიერ გამოსხივებული სითბოს ზემოქმედების ქვეშ. მაგალითად, მზის ჩასვლის შემდეგ 70°C-მდე გაცხელებულ ტროტუარზე და 65°C-მდე გაცხელებულ კედელთან მდგარი ადამიანი დროის ერთეულში იმდენივე სითბოს იღებს, რამდენსაც მიიღებდა მზით განათებულ ტერიტორიაზე ყოფნისას. თუ ამ დროს ჰაერის ტემპერატურა 30°C იქნება, მაშინ ადამიანის თბოშეგრძნება ისეთივე იქნება, როგორც 35°C-ის შემთხვევაში. ამასთან, სხვადასხვა ზედაპირები და საგნები ერთნაირი რაოდენობის სითბოს არ აირეკლავენ – რაც უფრო დაბალია არეკლვის კოეფიციენტი (ალბედო), მით მეტ სითბოს გამოასხივებს მოცემული ზედაპირი, იმ პირობით, თუ ეს ზედაპირი გაუმჭვირვალეა.

#### **6.7. მწვანე ნარგავების გავლენა თბურ დაბინძურებაზე**

სრულიად განსხვავებული თბური გამოსხივება შეიმჩნევა მწვანე ნარგავებში. ფოთლები ატარებენ ენერჯის მნიშვნელოვან ნაწილს, რამდენადაც ფოთლები გარკვეულწილად გამჭვირვალეა, აირეკლავს გაცილებით მეტ ენერჯიას, ვიდრე სხვა ზედაპირები, გარდა ამისა, შთანთქამს გარკვეული რაოდენობის ენერჯიას, და გამოასხივებს მხოლოდ მცირე რაოდენობის სითბოს. შესაბამისად, სხვადასხვა ჯიშის ხეს სხვადასხვა თბური რეჟიმი ახასიათებს. თბური ენერჯიისაგან დასაცავად ყველაზე ეფექტურია დიდფოთლიანი მცენარეები, რომელთა ფოთლებსაც ალბედოს უფრო მაღალი მაჩვენებელი აქვს. ნარგავები დადებით გავლენას ახდენს ნარგავებიანი და მიმდებარე ტერიტორიის თბურ რეჟიმზე. რაც უფრო დიდია მწვანე მასივი, მით უფრო მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ის მიმდებარე ტერიტორიის თბურ რეჟიმზე. მწვანე ნარგავების გამაგრილებელი მოქმედება მნიშვნელოვანწილად აიხსნება აორთქლებაზე და ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის ამაღლებაზე დიდი რაოდენობის სითბოს ხარჯვით. ფოთლების ტემპერატურა გარემოს ჰაერის ტემპერატურაზე უფრო დაბალია. რაც უფრო წვრილი ფოთლები აქვს ხეს, მით უფრო მცირე თბურ ენერჯიას აირეკლავს მცენარის ვარჯი.



### **6.7.1. ნარგავების გავლენა ჰაერის ტენიანობაზე**

ჰაერის ტენიანობის ამაღლებისას მცირდება ატმოსფეროს გამჭვირვალობა, ხოლო ამის შედეგად მცირდება დედამიწის ზედაპირამდე მოღწეული მზის სხივური ენერჯის რაოდენობაც. ამიტომჰაერის ტენიანობის ამაღლება დადებით გავლენას ახდენს ადამიანის თბოშეგრძნებაზე. თუმცა, როდესაც ჰაერის ტემპერატურა  $37^{\circ}\text{C}$ -ს აღწევს, ქარის დროს ძალიან მაღალი ტენიანობა (100%-თან ახლოს) უარყოფითად მოქმედებს თბოშეგრძნებაზე. მხედველობაშია მისაღები, რომ ტემპერატურისა და ტენიანობის ასეთი მახვენებლები გამონაკლისი შემთხვევაა. ხეებისა და ბუჩქნარის ფოთლების, ბალახისა და ყვავილების ღეროების ამართქლებელი ზედაპირი 20-ჯერ და მეტად აღემატება ამ მცენარეებით დაკავებული ნიადაგის ფართობს. ამიტომ ტერიტორიის გამწვანება ზრდის ჰაერის ტენიანობას. ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის ამაღლება ადამიანის მიერ თითქმის ყოველთვის (ძალიან ცხელი დღეების გარდა) აღიქმება როგორც ტემპერატურის შემცირება. ამასთან ფარდობითი ტენიანობის ამაღლება, მაგალითად, 16%-ით ადამიანის ორგანიზმის მიერ აღიქმება როგორც ტემპერატურის შემცირება  $3,5^{\circ}\text{C}$ -ით.

### **6.7.2. ნარგავების გავლენა ჰაერის ძვრადობაზე**

ჰაერის მოძრაობა (ანუ ე.წ. ქარული რეჟიმი) არსებით გავლენას ახდენს ადამიანის თბოშეგრძნებაზე, განსაკუთრებით გარემოს გადახურების პირობებში. მწვანე ნარგავები გავლენას ახდენენ ჰაერის ძვრადობის ხარისხზე.

ამრიგად, მწვანე ნარგავები გავლენას ახდენსთბურ რეჟიმზე, ჰაერის ტენიანობასა და მის ძვრადობაზე, ე.ი. მიკროკლიმატის მაფორმირებელ ყველა ძირითად ფაქტორზე.

### **6.7.3. ნარგავების გავლენა ჰაერის შემადგენლობასა და სისუფთავეზე**

მცენარე ჰაერიდან შთანთქამს სუნთქვის პროცესში წარმოქმნილ ნახშირმჟავა აირს და ჰაერს ამდიდრებს ჟანგბადით. ქალაქებისა და სხვა დასახლებული პუნქტების ატმოსფერო სისტემატურად ბინძურდება სხვადასხვა მინარევეებით. სამრეწველო საწარმოებში, საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში,

ავტომობილების ძრავებში, აგრეთვე ქიმიურ, მეტალურგიულ, საფეიქრო და მრეწველობის სხვა დარგებში სხვადასხვა სახის საწვავის წვის შედეგად ჰაერში გამოიფრქვევა მნიშვნელოვანი რაოდენობის კვამლი, ნაცარი, ჭვარტლი და აირები. ქარი და სატრანსპორტო საშუალებები აამტვერებს ნიადაგს, სახლების სახურავებსა და კედლებზე, გზებსა და ტროტუარებზე დალექილ ნაცარს, ჭვარტლსა და მტვერს. მტვერისა და აირებისაგან ქალაქის ჰაერის გაწმენდისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მწვანე ნარგავებს. მტვერი ილექება ხეებისა და ბუჩქების ფოთლებზე და ტოტებზე, ხოლო შემდეგ ჩამორეცხება ატმოსფერული ნალექებით მიწაზე. მტვრის გავრცელებას ან მოძრაობას აფერხებს გაზონებიც. სხვადასხვა ჯიშის ხეებისა და ბუჩქების მტვერდამტკერი თვისებები სხვადასხვაა. ყველაზე კარგად მტვერს იჭერს თელას ხორკლიანი ფოთლები და იასამნის ბუსუსებიანი ფოთლები.

ნარგავები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ვერტიკალურ განიავებაშიც. გამწვანებული და განაშენიანებული ტერიტორიების თბურ რეჟიმში განსხვავების შედეგად განაშენიანებული ტერიტორიის თავზე ჰაერი უფრო ძლიერ თბება. ამ თბილ ჰაერს გამოდევნის უფრო ცივი, მწვანე მასივიდან შემოსული ჰაერი, რაც აძლიერებს ჰაერის ვერტიკალურ დინებას და ხელს უწყობს აირების გადაადგილებას ატმოსფეროს ზედა ფენებში. მავნე აირების გამობოლქვის წერტილების ირგვლივ ნარგავების მონაცვლეობით შესაძლებელია ტერიტორიის ვერტიკალური მიმართულებით განიავების მნიშვნელოვნად გაძლიერება.

მცენარეულობას სამრეწველო საწარმოების აირადი ნარჩენების შთანთქმის უნარიც აქვს. ასე, მაგალითად, თეთრი აკაცია, არყის ხე, წითელი ანწლი, კანადური ალვა და თეთრი თუთა შთანთქამს გოგირდის ნაერთებს, ხოლო ფენოლების აქტიური შთანთქმელებია თეთრი აკაცია, არყის ხე და თუთუბო.

აირების მიმართ განსაკუთრებით მდგრადია ხეები და ბუჩქები: პენსილვანიის ნეკერჩხალი, სამხრეთული კარკასი, მანჯურიის თხილი, ხურტკმელი (ყვალა სახის), ჩვეულებრივი სურო, კაზაკური ღვია, დიდფოთლიანი ვერხვი, კანადური ვერხვი, ბროწეული, თეთრი აკაცია, არყის ხე და თეთრი თუთა.

ფოთლებს შეუძლია მნიშვნელოვანი სანიტარიულ-ჰიგიენური როლის შესრულება: ტოქსიკური აირების შთანთქმა, მავნე ნივთიერებების დაგროვება საფარის, ხოლო შემდეგ – შიგა ქსოვილებში. ტოქსიკური ნივთიერებების

ნაწილი ფოთლებიდან გადაიღვრება და ლოკალიზდება ყლორტებში, მზარდ ფოთლებში, ნაყოფში, ბოლქვებში, ქერქში. მერქნიან მცენარეულობას ამ ფუნქციების შესრულება მხოლოდ იმ პირობით შეუძლია, თუ აეროზოლების კონცენტრაცია, განსაკუთრებით თხევად და აირად ფაზებში, არ აღწევს მათი ცოცხალი უჯრედებისათვის გამანადგურებელ ზღვარს.

ზამთარში ფოთლოვან მცენარეებს ფოთლები არა აქვთ, წიწვოვანი მცენარეები კი ნაკლებ მდგრადები არიან მავნე სამრეწველო გამონაბოლქვების მიმართ.

გარემოს დაბინძურება მძიმე მეტალებითიწვევს მათ დაგროვებას მცენარეებში. ზოგიერთ მცენარეს შეუძლია: მძიმე მეტალების შეღწევის შეზღუდვა; ორგანიზმის, ცალკეული ორგანოების, უჯრედების ქსოვილების დონეზე აკუმულაციის რეგულირება და ფესვებიდან ღეროებსა და ფოთლებში გადაადგილების რეგულირება. ფესვებით შთანთქმის განსაზღვრული შერჩევის უნარი საშუალებას აძლევს თავი აარიდოს მეტალების ჭარბად აკუმულაციას. მერქნიანი მცენარეების ძლიერი სახეები, როგორც წესი, მეტ მეტალს აგროვებს ფესვებში, ვიდრე მიწისზედა ნაწილებში. ბალახოვან მცენარეებშიზოგ შემთხვევაში მეტალების ჭარბი შემცველობისადმი დაცვითი რეაქცია მუდამდგება ფესვების სისტემასა და მიწისზედა სისტემებს შორის თანაფარდობის გაზრდაში, ხოლო კვების ოპტიმიზაციის შემთხვევაში ნორმალური თანაფარდობა აღდგება. საცხოვრებელი რაიონებისპარკებში საშუალოდ 2-ჯერ, ხოლო სამრეწველო რაიონის პარკში 4-8-ჯერ მეტია ტყვიის შემცველობა, ვიდრე ქალაქიდან 45 კმ-ით დაშორებულ ტყეპარკებში. ბუჩქნარებს შორის ყველაზე მეტ ტყვიას აგროვება ყვითელი აკაცია, ხოლო ფოთლოვანი ხეებიდან – ჩვეულებრივი ცაცხვი და არყის ხე. თეთრ აკაციაში გაზაფხულიდან შემოდგომამდე მეტალის შემცველობა 3,5-ჯერ იზრდება, ხოლო თელას ხეში 4-5-ჯერ. კანცეროგენი 3,4-ბენზპირენი ჰაერის საშიში დამბინძურებელია – ის შეიძლება ჰაერიდან გადავიდეს ნიადაგში, ხოლო იქიდან მცენარეში და ადამიანის საკვებში. მცენარეები, რომელთაც აქვთ 3,4-ბენზპირენის დაშლის დიდი უნარი, გამოიყენებაგარემოს გასაწმენდად კანცეროგენული პოლიციკლური ნახშირწყალბადებისგან. იმის გათვალისწინებით, რომ მწვანე ნარგავების მავნე ნივთიერებათა შეფერხებისა და შთანთქმის უნარი ხელს უწყობს გარემოს გაჯანსაღებას, ტექნოგენურ რეგიონებში

გამწვანებისათვის მცენარეთა შერჩევისას უპირატესობა უნდა მიეცეს იმ მცენარეებს, რომლებსაც მოცემულ ბუნებრივკლიმატურ პირობებში მაქსიმალურად შთანთქმის უნარი და მდგრადობა გააჩნიათ მოცემული საწარმოს გამონაბოლქვების მიმართ. ამასთან გასათვალისწინებელია ისიც, რომ განიერი, მკვერივი მასივი ქარს აქრობს, და სამრეწველო საწარმოს ტერიტორიაზე მავნე აირების კონცენტრირებას უწყობს ხელს.

### 6.8. ენერჯის ალტერნატიული წყაროები

ადამიანი სამი გზით აბინძურებს გარემოს: სამრეწველო კვამლისა და მტვრის გამობოლქვით, ავტომობილების გამონაბოლქვებით და სახლის გასათბობად, საკვების მოსამზადებლად ან უბრალოდ გასართობად (ტურისტული კოცონი) საწვავის დაწვით.

მსოფლიოში ელექტროენერჯის სამი მეოთხედის გამომუშავება ხდება თბოელექტროსადგურებში, რომლებიც წიაღისეულ და ბირთვულ საწვავზე მუშაობს და მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ პრობლემებთანაა დაკავშირებული.

ამდენად, შექმნილი სიტუაციიდან ოპტიმალური გამოსავალია თბოენერგეტიკიდან ალტერნატიულ ენერგეტიკაზე გადასვლა, რომელიც ენერჯის “სუფთა” წყაროებს იყენებს.



ნახ. 11. ენერჯის ალტერნატიული წყაროები

დღეისათვის “ენერჯია” ყველაზე უფრო განხილვადი ცნებაა; ძირითადი სამეცნიერო აზრის გარდა, მას მრავალი სხვა ასპექტი გააჩნია.

პლანეტის თბური დაბინძურების თავიდან აცილება მხოლოდ ენერგორესურსების ხარჯვის მკაცრი ეკონომიისა და ენერჯის ალტერნატიული წყაროების გამოყენების შემთხვევაშია შესაძლებელი. დღის წესრიგში მწვავედ დადგა ენერჯის არატრადიციული, ალტერნატიული წყაროების გამოყენება, რომლებიც ეკოლოგიურია, განახლებადია და ეფუძნება მზისა და დედამიწის ენერჯის გამოყენებას.

განახლებადი ანუ რეგენერირებადი ენერჯია (“მწვანე ენერჯია”) – ესაა ენერჯია იმ წყაროებიდან, რომლებიც ადამიანური მასშტაბებით ამოუწურავია. განახლებადი ენერჯის გამოყენების ძირითადი პრინციპი მდგომარეობს გარემოში მუდმივად მიმდინარე პროცესებიდან მათ ამოღებაში და ტექნიკური გამოყენებისთვის მიწოდებაში. განახლებად ენერჯიას იღებენ ისეთი ბუნებრივი რესურსებიდან, როგორცაა მზის სინათლე, ქარი, წვიმა, მოქცევა და გეოთერმული სითბო – რომლებიც განახლებადია (შევსებადია ბუნებრივი გზით).

მეცნიერთა აზრით, მომავალი იმ ქვეყნებს ეკუთვნის, რომლებიც საკმარის სახსრებს ჩადებენ ენერგოდამზოგი ტექნოლოგიებისა და ენერჯის ალტერნატიული წყაროების შემუშავებაში. ამის მაგალითად გამოდგება ენერჯეტიკის გარდაქმნის ლიდერები – იაპონია და შვედეთი.

მეცნიერთა ნაწილი თვლის, რომ მოახლოებული ენერჯეტიკული და ეკოლოგიური კრიზისიდან ერთადერთი გამოსავალია ენერჯის ალტერნატიული წყაროების გამოყენება. თუმცა, ალტერნატიული წყაროების ბაზაზე მსხვილმასშტაბური ენერგოშენახვა არ ამართლებს.

2006 წელს ენერჯის მსოფლიო მოხმარების დაახლოებით 18% დაკმაყოფილებულ იქნა ენერჯის განახლებადი წყაროებიდან. ჰიდროელექტროენერჯია განახლებადი ენერჯის უმსხვილესი წყაროა, რომელმაც 2010 წელს ენერჯიაზე მსოფლიო მოთხოვნის 3,3% და ელექტროენერჯის მსოფლიო გენერაციის 15,3% უზრუნველყო. 2010 წელს ენერჯიაზე მსოფლიო მოთხოვნის 16,7% განახლებადი წყაროებიდან შემოვიდა. განახლებადი ენერჯის წილი მცირდება, მაგრამ ეს ხდება ტრადიციული ბიომასის შემცირების ხარჯზე. იზრდება თანამედროვე განახლებადი ენერჯის წილი და 2010 წელს მან 8,2% შეადგინა, მათ შორის ჰიდროენერჯიამ 3,3%, გათბობისათვის და წყლის გასაცხელებლად (ბიომასა, წყლის მზით და გეოთერმული გაცხელება და გათბობა)

3,3%; ბიოსაწვავი 0,7%; ელექტროენერჯის წარმოება (ქარის, მზის, გეოთერმული ელექტროსადგური ) 0,9%.

ქარის ენერჯის გამოყენება ყოველწლიურად დაახლოებით 30%-ით იზრდება და ფართოდ გამოიყენება ევროპის ქვეყნებსა და აშშ-ში. ფოტოელექტრულ მრეწველობაში ელექტროენერჯის წლიურმა წარმოებამ 6900 მგტ-ს მიაღწია.

**მზის ელექტროსადგურები პოპულარულია გერმანიასა და ესპანეთში.**

მზის თბური სადგურები მუშაობს აშშ-ში და ესპანეთში, მათგან უმსხვილესი სადგური – 354 მგტ სიმძლავრის მოხავეს უდაბნოშია.

მსოფლიოში უმსხვილესი გეოთერმული დანადგარია კალიფორნიაში გეიზერზე დადგმული დანადგარი, ნომინალური სიმძლავრით 750 მგტ.

### 6.8.1. ქარის ენერჯია

ქარის ენერჯეტიკა არის ენერჯეტიკის დარგი, რომელიც სპეციალისირებულია ატმოსფეროში ჰაერის მასების კინეტიკური ენერჯის ელექტრულ, მექანიკურ, თბურ ან ენერჯის ნებისმიერ ფორმაში გარდაქმნაზე, რომელიც მოხერხებული იქნება სახალხო მეურნეობაში გამოსაყენებლად. ასეთი გარდაქმნა შეიძლება განხორციელდეს ისეთი აგრეგატებით, როგორცაა ქარის გენერატორი (ელექტრული ენერჯის მისაღებად), ქარის წისქვილი ( მექანიკურ ენერჯიაში გარდასაქმნელად), აფრა (ტრანსპორტში გამოსაყენებლად) და სხვ.



ნახ. 12. ქარის ენერჯის გამოყენების მაგალითები

ქარის ენერჯია მიეკუთვნება ენერჯის განახლებად სახეებს, რამდენადაც ის წარმოადგენს მზის მოქმედების შედეგს. ქარის ენერჯეტიკა მძაფრად განვითარებადი დარგია. 2010 წლის ბოლოს ქარის ენერჯეტიკის მიერ გამოძევალებულმა სიმძლავრემ 196,6 გიგავატს მიაღწია. ზოგიერთი ქვეყანა განსაკუთრებით ინტენსიურად ავითარებს ქარის ენერჯეტიკას, კერძოდ, 2011 წელს დანიაში ქარის ენერჯეტიკის დახმარებით გამოძევალებულ ექნა მთელი ელექტროენერჯის 28%, პორტუგალიაში -19%, ირლანდიაში – 14%, ისლანდიაში -16% და გერმანიაში – 8%. 2009 წელს მსოფლიოს 80 ქვეყანამ ელექტროენერჯის მისაღებად გამოიყენა ქარის ენერჯეტიკა კომერციულ საფუძველზე.

ქარის მსხვილი ელექტროსადგურები ერთვებიან საერთო ქსელში, უფრო წვრილი სადგურები კი გამოიყენება დაშორებული რაიონების ელექტროენერჯით მომარაგებისათვის გამოიყენება. წიაღისეული სათბობისაგან განსხვავებით ქარის ენერჯია პრაქტიკულად ამოუწურავია, ყველგან ხელმისაწვდომი და უფრო ეკოლოგიურია. თუმცა, ქარის ელექტროსადგურის ნაგებობას ზოგიერთი ტექნიკური და ეკონომიური ხასიათის სიძნელე ახლავს, რაც აფერხებს ქარის ენერჯეტიკის გავრცელებას. კერძოდ, ქარის ნაკადების ცვალებადობა არ ქმნის პრობლემებს ქარის ენერჯეტიკის მცირე პროპორციების შემთხვევაში, თუმცა ამ პროპორციის გაზრდისას იზრდება ელექტროენერჯის წარმოების საიმედოობის პრობლემებიც. მსგავსი პრობლემების გადასაწყვეტად გამოიყენება ელექტროენერჯის განაწილების ინტელექტუალური მართვა.

ქარის გენერატორის სიმძლავრე დამოკიდებულია გენერატორის ფრთების მიერ მოსახუელ ფართობზე. მაგალითად, დანიური ფირმის Vestas წარმოების 3 მეგავატი სიმძლავრის ტურბინების საერთო სიმაღლეა 115 მეტრი, კოშკის სიმაღლეა 70 მეტრი და ფრთების დიამეტრი 90 მეტრი.

ქარისგან ენერჯის წარმოებისათვის ყველაზე პერსპექტიული ადგილებია სანაპირო ზონები. სანაპიროდან 10-12 კმ დაშორებით ზღვაში (და ზოგჯერ უფრო დაშორებითაც) ხდება ქარის ოფშორული ელექტროსადგურების აშენება. ქარის გენერატორის კოშკი დადგმულია 30 მეტრამდე სიღრმეზე ჩარჭობილ ხიმიწებზე.

ქარის გენერატორი პრაქტიკულად არ იყენებს წიაღისეულ სათბობს. 1 მეგავატი სიმძლავრის ქარის გენერატორის ექსპლუატაცია 20 წლის განმავლობაში

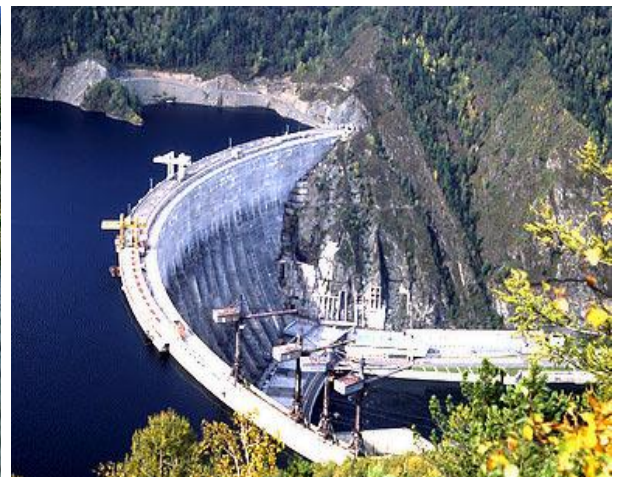
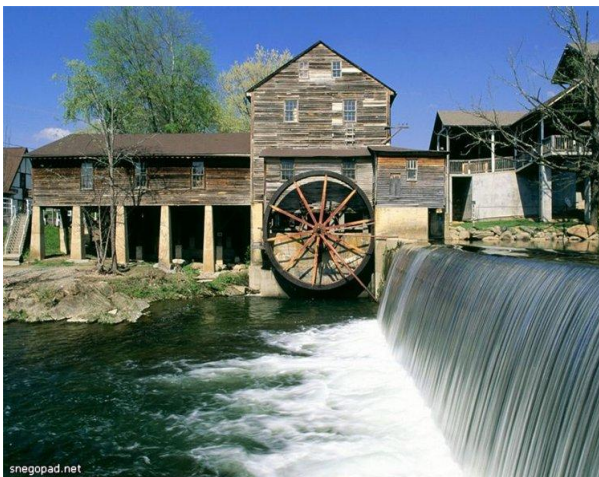
დაახლოებით 29 ათასი ტონა ნახშირის ან 92 ათასი ბარელი ნავთობის ეკონომიის საშუალებას იძლევა.

პერსპექტივაში იგეგმება ქარის ენერჯის გამოყენება არა ქარის გენერატორის მეშვეობით, არამედ უფრო არატრადიციული გზით. ქალაქ მასდარში (არაბთა გაერთიანებული ემირატები) იგეგმება პიეზოეფექტზე მომუშავე ელექტროსადგურის მშენებლობა. ეს იქნება პიეზოელექტრული ფირფიტებით დაფარული პოლიმერული ტანების ტყე. ეს 55 მეტრიანი ტანები მოიღუნება ქარის მოქმედებით და მოახდენს დენის გენერირებას.

## 6.8.2. წყლის ენერჯია

არსებობს წყლის ენერჯის სამი ფორმა: ვარდნილი წყლის ენერჯია, ტალღების ენერჯია და მოქცევის ენერჯია. ჰიდროელექტროსადგურებში რეზერვუარიდან ვარდნილი წყალი თავის ენერჯიას გადასცემს ტურბინებს, რომლებიც აბრუნებენ ელექტრობის გამომუშავე გენერატორებს.

ჰიდროელექტროსადგურებში ენერჯის წყაროდ გამოიყენება წყლის ნაკადის პოტენციალური ენერჯია, რომლის პირველწყაროს მზე წარმოადგენს. მზე აორთქლებს წყალს, რომელიც შემდეგ ნალექების სახით ჩამოედინება მთებში და ქმნის მდინარეებს. ჰიდროელექტროსადგურებს ჩვეულებრივ მდინარეებზე აშენებენ, აგებენ კაშხალებს და წყალსაცავებს. ასევე შესაძლებელია ე.წ. თავისუფალი ნაკადის (უკაშხალო) ჰიდროელექტროსადგურების წყლის ნაკადის კინეტიკური ენერჯის გამოყენება.



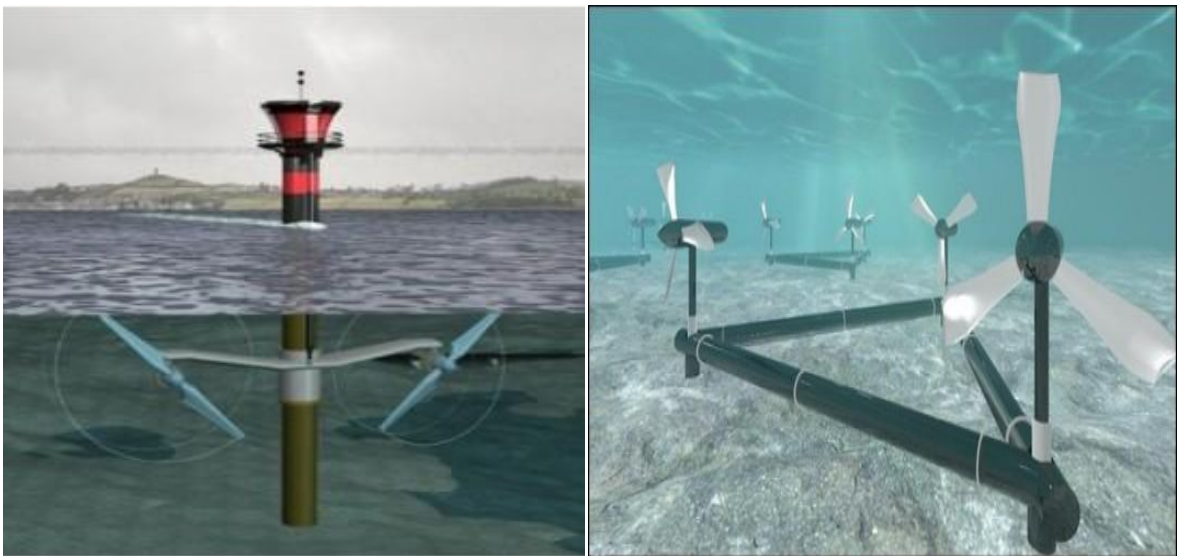


ნახ. 13. წყლის ენერჯის გამოყენება

ერთ მოქალაქეზე ჰიდროენერჯის გამომუშავების მხრივ ლიდერებია ნორვეგია, ისლანდია და კანადა. ყველაზე აქტიური ჰიდრომშენებლობა დაიწყო ჩინეთმა, რომლისთვისაც ჰიდროენერჯია წარმოადგენს ენერჯის ძირითად პოტენციალურ წყაროს. ჩინეთში მდებარეობს მსოფლიოს მცირე ჰიდროელექტროსადგურების ნახევარი.

### 6.8.3. მოქცევისა და მიქცევის ენერჯია. მოქცევის ენერჯეტიკა

მოქცევის ელექტროსადგურები წარმოადგენს ჰიდროელექტროსადგურების განსაკუთრებულ სახეს, რომელიც იყენებს მოქცევის ენერჯიას, ხოლო ფაქტიურად – დედამიწის ბრუნვის კინეტიკურ ენერჯიას. მოქცევის ელექტროსადგურებს აშენებენ ზღვების სანაპიროზე, სადაც მთვარისა და მზის გრავიტაციული ძალები დედამიწეში ორჯერ ცვლის წყლის დონეს.



ნახ.14. წყლის მოქცევა-მიქცევის ენერჯის გამოყენება

მოქცევა და მიქცევა წყლის დინების მძლავრ წყაროს წარმოადგენს. როგორც ცნობილია, წყლის მოქცევას და მიქცევას პოტენციურად შეუძლია კაცობრიობისთვის წელიწადში დაახლოებით 70 მილიარდი კილოვატი-საათის

მიცემა. ენერჯის მისაღებად ხდება ყურის ან მდინარის შესართავის გადაკეტვა დაბალი კაშხალით, რომლის არხებშიც დაყენებულია ტურბინები. წყალი მოქცევის დროს, და უკუმიმართულებით – მიქცევის დროს აბრუნებს ტურბინებს, რომლებსაც შეუძლია მუშაობა როგორც გენერატორის რეჟიმში, ისე ტუმბოს რეჟიმში (წყლის გადასაქაჩად წყალსაცავში მოქცევის და მიქცევის არარსებობის შემთხვევაში შემდგომი მუშაობისათვის). უკანასკნელ შემთხვევაში ჰიდროგენერატორს ჰიდროაკუმულირებადი ელექტროსადგური ეწოდება.

საფრანგეთში მდინარე რანეზე მოქცევის ელექტროსადგური გამოიმუშავეს იმდენ ელექტროენერჯიას, რომ აკმაყოფილებს 300 ათასი ადამიანის მოთხოვნას ელექტროენერჯიაზე. აღნიშნული ელექტროსადგური შედის საფრანგეთის ენერჯის სისტემაში და გამოიყენება ეფექტურად.

მოქცევის ელექტროსადგურის უპირატესობაა ეკოლოგიურობა და წარმოებული ენერჯის დაბალი თვითღირებულება. ნაკლია – მშენებლობის მაღალი ღირებულება და დღე-ღამის განმავლობაში სიმძლავრის ცვალებადობა, რის გამოც მოქცევის ელექტროსადგურების მუშაობა შესაძლებელია მხოლოდ ერთიან ენერჯის სისტემაში სხვა ტიპის ელექტროსადგურებთან ერთად.

#### **6.8.4. ტალღების ენერჯია**

ტალღის ელექტროსადგური გამოიყენებს ოკეანის ზედაპირზე გადატანილი ტალღების პოტენციალურ ენერჯიას. დელვის სიმძლავრის შეფასება ხდება კვტ/მ-ით. ტალღების ენერჯიას ქარისა და მზის ენერჯიასთან შედარებით დიდი ხვედრითი სიმძლავრე გააჩნია.



ნახ. 15. ტალღების ენერჯის გამოყენება

პირველი რეალური ტალღის ელექტროსადგური გამოიმუშავებს 2,25 მეგავატ ენერჯიას. მუშაობის სქემა ასეთია: ტალღები ასწევენ და დასწევენ ლითონის ფირფიტებს, რომლებიც ამით ამოძრავებენ ზღვის ფსკერზე დამაგრებულ დგუმს. დგუში, თავის მხრივ, გადაქაჩავენ ჰიდრაულიკურ სითხეს, რომლის ენერჯიასაც გამოიყენებს ელექტროგენერატორი.

ერთ-ერთი ტალღის ელექტროსადგური გამოიყურება როგორც გიგანტური გველი, მისი სიგრძეა 140 მ. ასეთი გველისმაგვარი ელექტროსადგური ელექტროენერჯით 1500 სახლს კვებავს.

#### 6.8.5. მზის სინათლის ენერჯია



მზის თერმობირთვული სინთეზი განახლებადი ენერჯის უმეტესობის (გეოთერმული ენერჯისა და მოქცევა-მიქცევის ენერჯის გარდა) წყაროს წარმოადგენს. დედამიწის ზედაპირი მზისგან ყოველწლიურად იღებს  $3 \cdot 10^{24}$  ჯოულ ენერჯიას. დედამიწაზე მოღწეული მზის ენერჯიიდან მხოლოდ მცირე ნაწილი ტრანსფორმირდება ენერჯის სხვა ფორმაში, ხოლო დიდი ნაწილი ბრუნდება კოსმოსში. დედამიწაზე მოღწეული მზის ენერჯის პოტენციალი 5 000-ჯერ აღემატება ქარის ენერჯის პოტენციალს და 1500-ჯერ – ჰიდროენერჯის პოტენციალს. ამასთან, მიღებულია, რომ დედამიწაზე მოღწეული მზის მთელი ენერჯის 1,5% შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ეკოლოგიისათვის ზიანის მიყენების გარეშე. მეცნიერთა გამოთვლებით მზის რადიაციის ჯამური ენერჯეტიკული პოტენციალის 0,1%-ის გამოყენება სრულად უზრუნველყოფს XXI საუკუნის ბოლომდე კაცობრიობის ენერჯომოთხოვნილებას.



ნახ.16. მზის ენერჯის გამოყენება

მზის სინათლის ენერჯეტიკა ეფუძნება მზის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გარდაქმნას ელექტრულ ან თბურ ენერჯიაში. მზის ელექტროსადგურები მზის ენერჯიას გამოიყენებენ როგორც პირდაპირ (შინაგანი

ფოტოეფექტის მოვლენაზე ფოტოელექტრული მზის ელექტროსადგურები), ისე ირიბად –ორთქლის კინეტიკური ენერჯის გამოყენებით.

მზის ენერჯის პირდაპირი გარდაქმნის გავრცელებული მეთოდია მზის პანელების გამოყენება. მზის პანელებს ამზადებენ ლითონისგან, რამდენადაც ლითონი სითბოს კარგი გამტარია. ხშირად ამ მიზნით იყენებენ სპილენძს. მას ფარავენ შავი ფერის საფარით, რათა პანელმა უკეთ შთანთქას მზის სინათლე.

მზის ენერჯის გარდაქმნა შეიძლება აგრეთვე ფოტოელემენტების დახმარებით, მაგრამ მათი მარგი ქმედების კოეფიციენტი 20%-ს არ აღემატება. ფოტოელემენტებში გამოიყენება ურანის ოქსიდის და ნიოდუმიის შემცველი მინის პანელები.

მზის ენერჯეტიკაში გამოჰყოფენ 3 ძირითად მიმართულებას: მზის წყალგამახურებელ დანადგარებს (კოლექტორებს); მზის ელექტროსადგურებს და ფოტოელექტრულ გარდამქმნელებს.

მზის წყალგამახურებელი დანადგარი ჩვეულებრივ წარმოადგენს ბრტყელ მზის კოლექტორს, რომელშიც ცხელდება წყალი, ჰაერი ან სხვა თბომატარებელი.

მზის გამოსხივების სითბოში გარდამქმნელი (ფოტოთერმული გარდამქმნელი) შეიძლება იყოს როგორც პასიური (შენობის პასიური სოლარული ელემენტების – შემინული ფასადების, ზამთრის ბაღების, გამოყენებით), ისე აქტიური (დამატებითი ტექნიკური აღჭურვილობის გამოყენებით).



ნახ. 17. მზის ელექტროსადგური

მზის კოლექტორის ძირითადი კონსტრუქციული ელემენტია აბსორბერი, მაგალითად მილებიანი შთანთქმელი ბრტყელი პანელი. მინის პანელის ქვეშ აბსორბერის მოთავსებით იქმნება მზის კოლექტორი, რომელიც გამოიყენებს “სათბურის ეფექტს”. მუშა სხეულის სახის მიხედვით კოლექტორები იყოფა თხევად, ჰაერის ან კომბინირებულ კოლექტორებად. აბსორბერი მზის გამოსხივებას გარდაქმნის თბურ ენერგიად, რომელსაც მუშა სხეულის (სითხე ან ჰაერი) საშუალებით გადაეცემა მოხმარების ადგილს ან აკუმულირდება. კოლექტორი პირდაპირი მზის გამოსხივებასთან ერთად შთანთქამს ღრუბლებიდან, საგნებიდან და მისთ. გაბნეულ გამოსხივებასაც.

მზის ენერგეტიკის ერთ-ერთი სახეა მზის მარილიანი ტბორი, რომელიც ჰელიოტექნიკისა და ჰიდროტექნიკის კომბინაციას წარმოადგენს.

მზის ტბორი წარმოადგენს მრავალშრიანი სტრუქტურის მქონე რამდენიმე მეტრის სიღრმის პატარა ავზს. ზედა – კონვექციის ფენა – მტკნარი წყალია; მის ქვევით არის გრადიენტული ფენა, რომლის მარილის კონცენტრაცია ქვევით თანდათან იზრდება; ყველაზე ქვევით არის მაგარი მარილხსნარის ფენა. ფსკერი და კედლები დაფარულია შავი მასალით სითბოს შთანთქმის მიზნით. გაცხელება ხდება ქვედა ფენაში, რამდენადაც მარილის წყალხსნარს წყალთან შედარებით უფრო მაღალი სიმკვრივე აქვს, რომელიც კიდევ უფრო იზრდება რამდენადაც მარილი ცხელ წყალში უკეთესად იხსნება, ფენების კონვექტიური შერევა არ ხდება და მარილხსნარი შეიძლება გაცხელდეს 100°C-მდე და მეტად. მარილხსნარში მოთავსებულია მილგვანი თბომცველი, რომელშიც ცირკულირებს ადვილადადუღებადი სითხე (ამიაკი, ფრეონი და სხვ.) , და გახურებისას ორთქლდება გადასცემს რა კინეტიკურ ენერგიას ორთქლის ტურბინას. ამ ტიპის მსხვილი ელექტროსადგურია ისრაელში, მისი სიმძლავრეა 5 მგტ, ტბორის ფართობი 250 000 მ<sup>2</sup>, სიღრმე 3მ.

მზის (მარილიანი) ტბორი, მარილიანი ტბა როგორც მზის ენერგიის აკუმულატორი შემოთავაზებულ იქნა 1902 წელს ა.ფონ კალეზიციკის მიერ, რომელმაც ტრანსილვანიაში მადვეს ტბის ფსკერთან აღმოაჩინა 70 °C ტემპერატურა, ამასთან წყლის ზედაპირის ტემპერატურა არ განსხვავდებოდა ტემპერატურისგან, რომელიც შეიმჩნევა ჩვეულებრივ ტბაში.

მზის სხივების დაჭერა შეიძლება დიდ ფართობზე ათასობით სარკის დაყენებით და მათი ფოკუსირებით ერთქლია ქვაბზე. ორთქლი მიემართება ტურბოგენერატორზე. მზის სინათლის ელექტროენერგიად პირდაპირ გარდაქმნისათვის იყენებენ ფოტოგალვანურ ელემენტებს. ხელსაწყოს მუშა ზედაპირის განათებისას, მუშა ზედაპირზე აღიძვრება ძაბვა. ფოტოელემენტებს აყენებენ კოსმოსურ სადგურებზე, მიკროკალკულატორებზე, რადიომიმღებებზე.

### 6.8.6. გეოთერმული ენერჯია

გეოთერმული ელექტროსადგური წარმოადგენს თბოელექტროსადგურს, რომელიც თბომატარებლად იყენებს წყალს ცხელი გეოთერმული წყაროდან. იმის გამო, რომ არ არსებობს წყლის გაცხელების აუცილებლობა, გეოთერმული ელექტროსადგური მნიშვნელოვანწილად უფრო ეკოლოგიურია, ვიდრე თბოელექტროსადგური. გეოთერმული ელექტროსადგურები შენდება ვულკანურ რაიონებში, სადაც შედარებით მცირე სიღრმეზე წყალი ცხელდება დუდილის ტემპერატურაზე ზევით და გამოჟონავს ზედაპირზე, ზოგჯერ გეიზერების სახით. მიწისქვესა წყაროებთან შედწევა ჭაურის გაბურღვით ხორციელდება.



ნახ.18. გეოთერმული ენერჯიის გამოყენება

დედამიწის სიღრმეში კლდის ქანები მაღალ ტემპერატურამდეა გავარვარებული. ზოგიერთ რაიონში აშენებენ გეოთერმულ ელექტროსადგურებს, სადაც მთის ქანების სითბო გამოიყენება წყლის ორთქლადქცევისათვის. ეს ორთქლი მიეწოდება ტურბოგენერატორებს ან სახლებში გასათბობად.

გეოთერმული ენერჯეტიკა გამოიყენებს დედამიწის ქერქის სითბოს.

დედამიწის ბირთვის გეოთერმული ენერჯია ზოგიერთ ადგილებში უფრო ახლოსაა დედამიწის ზედაპირთან, ვიდრე სხვა ადგილებში. ელექტროენერჯიის საწარმოებლად გეოთერმული ენერჯიის გამოყენება იმ ადგილებში შეიძლება, სადაც მიწისქვეშა ორთქლის გამოყვანა ან წყლის დრენაჟია შესაძლებელი. ასეთი გეოთერმული წყაროები არის დედამიწის გეოლოგიურად არასტაბილურ რეგიონებში, როგორცაა, მაგალითად, ჩილე, ისლანდია, ახალი ზელანდია, აშშ, ფილიპინები და იტალია.

### 6.8.7. ენერჯიის განახლებადი წყაროების მხარდამჭერი ღონისძიებები

ენერჯიის განახლებადი წყაროების მხარდამჭერი ღონისძიებებია:

მწვანე სერტიფიკატი;

ტექნოლოგიური მიერთების ღირებულების ანაზღაურება;

ჩართვაზე ტარიფები და სხვ.

“მწვანე სერტიფიკატი” წარმოადგენს ენერჯიის განახლებადი წყაროს საფუძველზე განსაზღვრული მოცულობის ელექტროენერჯიის გენერაციის დამადასტურებელ სერტიფიკატს, რომელიც შეიძლება გაიყიდოს წარმოებულ ენერჯიასთან ერთად ან ან ცალკე. “მწვანე სერტიფიკატი” უზრუნველყოფს ელექტროენერჯიის მწარმოებლის დამატებით ხელშეწყობას.

ქარის ენერჯიის გამოყენებისას მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული შემდეგი მახასიათებლები: ქარის სიმძაფრე, ტურბულენტურობა, “ქართა თაიგული”, ტემპერატურა, სიმაღლეზე ნაკადების ვექტორულობის სხვადასხვაობა და სხვ.





მრავალი საუკუნის მანძილზე ადამიანები იყენებდნენ ქარის წისქვილს, რომელიც ქარის ენერჯიას გარდაქმნიდა სასარგებლო მექანიკურ მუშაობად. ქარის წისქვილის თანამედროვე სრულყოფილი ანალოგი – ქარის ტურბინა- ქარის ენერჯიას გამოიყენებს ელექტროგენერატორის ბრუნვისათვის. ქარის ძრავას ბრუნვა შეუძლია ჰორიზონტალურ ან ვერტიკალურ ლილვზე. ვერტიკალურ ლილვიან ქარის ძრავას შეუძლია ნებისმიერი მიმართულებით დაბერილი ქარის დაჭერა.

## თავი 7

### 7.1. გარემოს დაბინძურება ხმაურით

განასხვავებენ აკუსტიკურ და არაკუსტიკურ ხმაურს.

**აკუსტიკური რხევები** მოიცავს როგორც სმენად რხევებს, ისე არასმენად რხევებს, რომლებზედაც ადამიანის სმენის ორგანო არ რეაგირებს.

აკუსტიკურ რხევებს ბგერას უწოდებენ, ხოლო მისი გავრცელების არეს – ბგერით ველს. ადამიანის სმენის აპარატს შეუძლია აღიქვას სხვადასხვა სიხშირის და ინტენსივობის ბგერები. არასმენად ბგერებს მიეკუთვნება ინფრა და ულტრაბგერებია.

ხმაურით (აკუსტიკური) დაბინძურება (ინგ. Noise pollution; გერმ. Lärm) – ანთროპოგენული წარმოშობის გამაღიზიანებელი ხმაურია, რომელიც არღვევს ცოცხალი ორგანიზმებისა და ადამიანი ცხოველქმედებას. გამაღიზიანებელი ხმაური ბუნებაშიც არსებობს (აბიოტიკური და ბიოტიკური), თუმცა მათი ჩათვლა დაბინძურებად არ იქნება სწორი, რამდენადაც ევოლუციის პროცესში მოხდა ამ ხმაურთან ცოცხალი ორგანიზმების ადაპტირება.

**არაკუსტიკური ხმაურს მიეკუთვნება** რადიოელექტრონული ხმაური – რადიოელექტრონულ მოწყობილობაში ელდენებისა და ძაბვების შემთხვევითი რხევები, რომლებიც აღიძვრება:

-ელექტროვაკუუმურ ხელსაწყოში ელექტრონების არათანაბარი ემისიის შედეგად (საფანტური ხმაური, ციმციმის ხმაური);

-ნახევარგამტარ ხელსაწყოებში მუხტის მატარებლის გენერაციისა და რეკომბინაციის პროცესების გაუწონასწორობლობის შედეგად;

-გამტარებში დენის მატარებლის თბური მოძრაობის შედეგად (თბური ხმაური);

-დედამიწისა და დედამიწის ატმოსფეროს, აგრეთვე პლანეტების, მზის, ვარსკვლავების, ვარსკვლავთშორისო გარემოს თბური გამოსხივების შედეგად (კოსმოსური ხმაური).

ადამიანის ყურისათვის ყველაზე ოპტიმალურია **ბუნებრივი ხმაური**: ფოთლების შრიალი, წყლის რაკრაკი, ჩიტების გალობა. ნებისმიერი სიმძლავრის ინდუსტრიული ხმაური ხელს არ უწყობს გუნება-განწყობის გაუმჯობესებას.

უკანასკნელ ხანებში თანამედროვე ადამიანი კიდევ ერთი პრობლემის – ხმაურით წინაშე დადგა. მექანიკური რხევებია ხმაური, ვიბრაცია, ულტრა- და ინფრაბგერა. ადამიანის სმენის ორგანო ბგერად აღიქვამს 16÷20 000 ჰც სიხშირის ბგერულ რხევებს. ასეთს ბგერებს “სმენადი” ბგერები ეწოდება, ხოლო 16 ჰც-ზე დაბალი სიხშირის ბგერებს – ინფრაბგერებს და 20 000- ჰც-ზე მაღალი სიხშირის ბგერებს – ულტრაბგერებს “არასმენადი” ბგერები ეწოდება. ამ ბგერებს არ ახლავს სმენითი აღქმა, მაგრამ ისინი ბიოლოგიურ ზემოქმედებას ახდენენ ადამიანის ორგანიზმზე. ფიზიკური თვალსაზრისით მათ შორის განსხვავება არ არსებობს. განსხვავება არსებობს აღქმაში: ვიბრაციას, ინფრა- და ულტრაბგერას ადამიანი აღიქვამს ვესტიბულარული აპარატით, შეგრძნების ორგანოებით, ხოლო ხმაურს – სმენის ორგანოებით.

ადამიანი ცხოვრობს ბგერების სამყაროში, რომელთაგან ზოგი დადებით ემოციას იწვევს, ზოგი კი უარყოფითად მოქმედებს. ადამიანისათვის არასასურველი ნებისმიერი ბგერა ხმაურს წარმოადგენს. ხმაური რთული ბგერაა, რომელშიც შერწყმულია სხვადასხვა სიხშირისა და ინტენსიურობის ბგერები. ფიზიოლოგიური თვალსაზრისით ხმაური განიხილება როგორც აღქმისათვის არახელსაყრელი ბგერითი პროცესი, რომელიც ხელს უშლის საუბარს და უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. განსაკუთრებით მავნედ მოქმედებს საწარმოო ხმაური, რომელიც ტექნიკურ პროგრესთან დაკავშირებით სულ უფრო ძლიერდება.

საწარმოო ხმაური მნიშვნელოვნად აუარესებს შრომის პირობებს, მავნედ მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე და ამცირებს შრომის ნაყოფიერებას. ძლიერი ხმაური იწვევს მუშებისა და ოპერატორების გადაღლას, რაც, თავის მხრივ, იწვევს მუშაობის დროს შეცდომებსა და ტრავმებს.

თითქმის ყველა ტექნოლოგიური პროცესის დროს აღიძვრება არასასურველი ვიბრაცია. ამასთან, სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ვიბრაციული და ვიბროდარტყმითი ქმედების მანქანები. ასევე ფართოდ გამოიყენებას პოულობს მრავალ საწარმოო პროცესში, დანადგარში და გამზომ ხელსაწყოებში ულტრაბგერა და ინფრაბგერა.

ამრიგად, ხმაური, ვიბრაცია, ულტრაბგერა და ინფრაბგერა ტექნიკური პროგრესის თანამგზავრია, მაგრამ ისინი მავნე ზეგავლენას ახდენენ ადამიანის ორგანიზმზე, რაც განაპირობებს მათგან საიმედო დაცვის აუცილებლობას.

ხმაური თან გვდევს ყველგან ქუჩაში, ოფისში, სახლში და ა.შ. ხმაური გარემოს ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული სოციალურ-ჰიგიენური ფაქტორი გახდა. დიდი ხანია დადგინდა, რომ მუდმივი ხმაური ნეგატიურად აისახება ადამიანის ჯანმრთელობაზე. რაც უფრო დიდი ხნის განმავლობაში იმყოფება ადამიანი მუდმივი ხმაურის ზემოქმედების ქვეშ, მით უფრო ძლიერია ხმაურის მავნე მოქმედება.

ადამიანი ცხოვრობს ბგერათა სამყაროში. ბგერათა გარემო ადამიანს დაბადებისთანავე ეხმარება გარემო პირობებთან ადაპტირებაში. ბგერები მნიშვნელოვანია არამარტო ადამიანისათვის, არამედ ცხოველებისთვისაც, რომლებსაც ბგერის კარგად დაჭერა გადარჩენაში ეხმარება.

ბუნებაშიც არსებობს ხმაური ბუნებრივი ბგერების სახით, რომელსაც ადამიანი შეეჩვია, და რომლის გარეშეც ადამიანი ძალიან ბევრს დაკარგავდა, მაგალითად: ფოთლების შრიალი, ჩიტების გალობა, ზღვის მოქცევა ან ჩანჩქერის, წვიმის თანაბარი ხმაური. ამდენად, ბგერები შეიძლება იყოს სასიამოვნო, ხოლო ზოგიერთმა შეიძლება უსიამოვნო შეგრძნება გამოიწვიოს.

ბგერითი ტალღა შეიძლება სხვადასხვა მანძილზე გავრცელდეს. იარაღიდან სროლის ხმა 10-15 კმ-ზე, ცხენების ჭიხვინი და ძაღლების ყეფა – 2-3 კმ-ზე, ჩურჩული კი მხოლოდ რამდენიმე მეტრში. ეს ბგერები ვრცელდება ჰაერით. მაგრამ ამ ბგერების გამტარი შეიძლება იყოს არამარტო ჰაერი.

რელსებზე ყურის დადებისას შეიძლება მოახლოებული მატარებლის ხმაურის გაგონება მნიშვნელოვნად ადრე და დიდი დაშორებით. ამდენად, მეტალი ბგერას ატარებს უფრო სწრაფად და უკეთესად, ვიდრე ჰაერი. წყალიც კარგად ატარებს ბგერას. წყლის თვისება – ბგერის კარგად გატარების – ფართოდ გამოიყენება

ზღვის დასაზვერად, ზღვის სიღრმეთა გასაზომად. ბგერითი ტალღების გავრცელების აუცილებელი პირობაა – მატერიალური გარემოს არსებობა.

ვაკუუმში ბგერითი ტალღები არ ვრცელდება, რამდენადაც ვაკუუმში არ არის რხევის წყაროდან ურთიერთქმედების გადამცემი ნაწილაკები. ამიტომ მთვარეზე ატმოსფეროს არარსებობის გამო სიჩუმე სუფევს. მის ზედაპირზე მეტეორიტის დაცემაც არ ესმის დამკვირვებელს.

ხმაურის მოქმედებით ადამიანი ადვილად ღიზიანდება, უფუჭდება ხასიათი, განიცდის საერთო სისუსტეს და შინაგან დისკომფორტს. ხმაურმა შეიძლება გამოიწვიოს უძილობა, აგრესიულობა, რეპროდუქციული ფუნქციის დაქვეითება, აგრეთვე ყველა შინაგანი ორგანოს და ორგანიზმის სისტემების სერიოზული პათოლოგიური დაავადებები.

უნდა აღინიშნოს, რომ დიდ ქალაქებში თანამედროვე ადამიანის ჯანმრთელობაზე მავნე ზემოქმედების მიხედვით ლიდერის პოზიციას ხმაური იკავებს. დიდ ქალაქებში ხმაურის დონე ყოველწლიურად მატულობს 1-1,5 დბ-ით მატულობს. ღამითაც კი უმეტესობა გამოცოცხლებულ ავტოტრასაზე ხმაურის დონე 75 დბ-ზე ნაკლები არაა, რაც 2-ჯერ აღემატება სანიტარიულ ნორმას.



ახალგაზრდის სმენადობის ზღვარი 1000 ჰც სიხშირეზე შედგენს 0 დბ, 100 ჰც სიხშირის შემთხვევაში ზღვარი უფრო მაღალია, რადგანაც ყური უფრო მგრძობიარეა დაბალი სიხშირის ბგერების მიმართ. მტკივნეულ ზღვრად მიჩნეულია

ბგერა დონით 140 დბ, რაც შეესაბამება 200 პა-ის ტოლ ბგერით წნევას და 100 ვტ/მ<sup>2</sup> ინტენსივობას.

## 7.2. გარემოს დაბინძურება ხმენადი ხმაურით

ხმაურით დაბინძურების ძირითადი წყაროა სატრანსპორტო საშუალებები – ავტომობილები, სარკინიგზო ტრანსპორტი და თვითმფრინავები.

ქალაქებში საცხოვრებელ რაიონებში ხმაურით დაბინძურების დონე შეიძლება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს არასწორი ქალაქდაგეგმარების შედეგად (მაგალითად, აეროპორტის განლაგება ქალაქის საზღვრებში).

ქალაქებში ტრანსპორტის (ხმაურით დაბინძურების 60-80%) გარდა ხმაურით დაბინძურების მნიშვნელოვანი წყაროა სამრეწველო საწარმოები, სამშენებლო და სარემონტო სამუშაოები, ავტომობილთა სიგნალიზაცია, ძაღლების ყეფა, ხმაურიანი ადამიანები და მისთ. პოსტინდუსტრიული ეპოქის დადგომისთან ერთად სულ უფრო მეტი და მეტი ხმაურის (აგრეთვე ელექტრომაგნიტური) წყარო გაჩნდა საცხოვრებელ ბინებში. ასეთი ხმაურის წყაროა საყოფაცხოვრებო და საოფისე ტექნიკა.

ხმაურად ითვლება ნებისმიერი არასასურველი ბგერა, რომელიც არახელსაყრელად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, აღიზიანებს და ხელს უშლის მუშაობასა და დასვენებაში. ნებისმიერ ადგილზე არის რაღაც ხმაური, რომელიც წარმოიქმნება და ვრცელდება სხვადასხვა წყაროდან. ბოლო წლებში ხმაური გარემოს ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული სოციალურ-ჰიგიენური ფაქტორი გახდა. ბგერითი ტალღების გავრცელებას თან ახლავს ბგერითი ენერჯის გავრცელება. ფართობის ერთეულზე მოსულ სიმძლავრეს ბგერითი ინტენსივობა ეწოდება. პრაქტიკაში ვხვდებით ბგერითი სიმძლავრის ფართო დიაპაზონს.

ცხრილი № 2

სხვადასხვა წყაროს მიერ შექმნილი ხმაურის სიმძლავრე

ხმაურის წყარო	სიმძლავრე
რეაქტიული თვითმფრინავი	ათეულობით კილოვატი
საშუალო სიჩქარით მოძრავი ავტომობილი	0,1 ვატი
ორი ადამიანის საუბარი	$20 \cdot 10^{-6}$ ვატი
მცირე ელექტრული საათი	$0,02 \cdot 10^{-6}$ ვატი

ადამიანის ყური ბგერებს განასხვავებს სიმაღლის, ხმამაღლობის, ტემპრის მიხედვით. ყურს შეუძლია განსაზღვროს ბგერის გავრცელების მიმართულება და ბგერის წყაროდან დაშორება. ადამიანი აღიქვამს მხოლოდ განსაზღვრული დიაპაზონის სიხშირის ბგერებს და ბგერით წნევებს. ცხრილში №3 მოცემულია ხმაურის სხვადასხვა წყაროსთან ბგერითი წნევის ჯამური დონეები.

ცხრილი №3

ხმაურის წყარო	ბგერითი წნევის დონე, დეციბელი (დბ)
რეაქტიული ავიაძრავა (საქმინიდან 1მ დაშორებით)	130-140
პნევმატური ინსტრუმენტი (1მ დაშორებით)	110-120
სატვირთო ავტომობილი, 50კმ/სთ სიჩქარით მოძრავი (7 მ დაშორებით)	90-110
ხმაური მექანიკურ-საამწყობო საამქროში	90-100
მუსიკა ხმამაღლამოლაპარაკესთან	70-80
ხმამაღალი ლაპარაკი (5-6 მ დაშორებით)	60-70
ჩუმი საუბარი (1 მ დაშორებით)	50-60
ჩურჩული ( 1მ დაშორებით)	30-40
ფოთლების შრიალი, სუსტი სიოს ხმაური	10-20
სმენადობის ზღურბლი	0-10

შენიშვნა- ბგერითი წნევის ჯამური დონე ბევრ შემთხვევაში დამოკიდებულია ხმაურის წყაროდან დაშორებაზე, ამიტომ აუცილებელია ამ მანძილის მითითება.

სმენის მგრძობიარობა იცვლება: სრული სიჩუმის დროს მგრძობიარობა იზრდება, ხოლო ხმაურის შემთხვევაში – მცირდება.

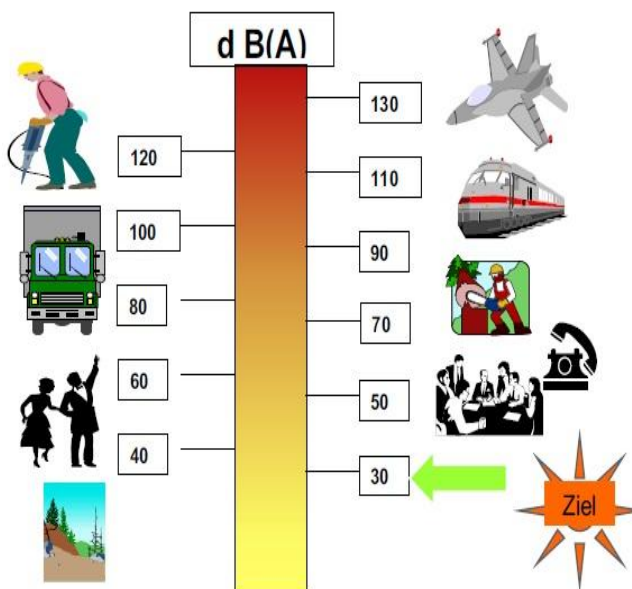
გარემოს დაბინძურება მექანიკური რხევებით განსაკუთრებით ქალაქის მაცხოვრებლებს შეეხო. უნდა აღინიშნოს, რომ დიდ ქალაქებში თანამედროვე ადამიანის ჯანმრთელობაზე მავნე ზემოქმედების მიხედვით ლიდერის პოზიცია ხმაურს უკავია. დიდ ქალაქებში ხმაურის დონე ყოველწლიურად მატულობს 1-1,5 დბ-ით მატულობს. ღამითაც კი უმეტესობა გამოცოცხლებულ ავტოტრასაზე ხმაურის დონე 75 დბ-ზე ნაკლები არაა, რაც 2-ჯერ აღემატება სანიტარიულ ნორმას. უკანასკნელი ათწლეულების მანძილზე დიდ ქალაქებში შეიმჩნევა ხმაურის განუხრელად ზრდა. დადგენილია, რომ უკანასკნელი 20-30 წელი ჩქაროსნულ და საქალაქო მაგისტრალზე ხმაურის დონე 7-10 დბ-ით გაიზარდა. ხმაურის მაღალი დონეა დაფიქსირებული საცხოვრებელ სახლებში, სკოლებში, საავადმყოფოებში,

მოსახლეობის დასვენების ადგილებში, რაც იწვევს ნერვული სისტემის კიდევ უფრო მეტად დაძაბვას.

50 წ. ჩვწ-ამდე ძველი რომის მაცხოვრებლები უჩიოდნენ იმას, რომ ღამით ქუჩის ხმაური ძილს უფრთხობდათ, და იულიუს კეისარი იძულებული გახდა აეკრძალა ღამით ქალაქში ნებისმიერი ეკიპაჟის მოძრაობა. ხოლო ინგლისის დედოფალმა ელისაბედ I-მა, რომელიც ზრუნავდა თავისი ქვეშევრდომების ღამის დასვენებაზე, აკრძალა ღამით შეტაკებები და ხმაურიანი საოჯახო ჩხუბი საღამოს 10 საათის შემდეგ.

ხმაური საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში, მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე იქმნება შენობებში ან გარეთ მდებარე ერთეული ან კომპლექსური წყაროებით. ესაა უპირველეს ყოვლისა სატრანსპორტო საშუალებები, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო საწარმოთა ტექნიკური მოწყობილობები, ვენტილატორების აირტურბოსაკომპრესორო დანადგარები, შიგაწვის ძრავების გამოსაცდელი სადგურები, საცხოვრებელი შენობების სანიტარიულ-ტექნიკური მოწყობილობა, ელექტრული ტრანსფორმატორები. ხმაურის შემცირების ღონისძიებების გატარების გარეშე მისმა დონემ შეიძლება მნიშვნელოვნად (20-25 დბ-ით) გადააჭარბოს ნორმატიულ სიდიდეს.

ქალაქებში ხმაურით დაბინძურების დონე საცხოვრებელ რაიონებში შეიძლება ძლიერ გაიზარდოს ქალაქის არასწორი დაგეგმარების (მაგალითად, აეროპორტის მდებარეობა ქალაქის ფარგლებში ) შედეგად.



ხმაურის დონე იზომება დეციბელებში. 90 დეციბელის მიღწევისას შესაძლებელია დაყრუება, ამიტომ ქალაქებში დაიწვეს ყველაზე ინტენსიური მოძრაობის ავტომაგისტრალების ხმაურსაწინააღმდეგო ეკრანებით დაცვა.

ყველა ბგერა ხმაურს არ მიეკუთვნება. ხმაურს უწოდებენ ისეთ ბგერებს, რომელიც არ მოსწონთ. ადამიანები სხვადასხვანაირად აღიქვამენ ბგერებს – ის, რაც ერთ ადამიანს მოსწონს და სიამოვნებს, მეორეს შეიძლება მოეჩვენოს ხმაურად და მასში გამოიწვიოს არასასიამოვნო შეგრძნება.

ხმაური არის სხვადასხვა ინტენსივობის და სიხშირის ბგერათა ერთობლიობა. ფიზიოლოგიური თვალსაზრისით ხმაური არის ადამიანისათვის არასასურველი ბგერები. ჩვენს ირგვლივ ხმაურს ახასიათებს სხვადასხვა დონე: სალაპარაკო დონე – 30-40 დბ; მსუბუქი ავტომანქანის ხმაური – 75-80 დბ; ავტოსირენა – 100 დბ; ბინის ხმაური – 30-50 დბ. ბგერული დიაპაზონის აკუსტიკური რხევები იყოფა დაბალსიხშირიან (350 ჰც-ზე ნაკლები), საშუალოსიხშირიან (350-დან 800 ჰც-მდე), მაღალსიხშირიან (800 ჰც-ზე ზევით).

სპექტრალური მახასიათებლების მიხედვით ხმაური შეიძლება იყოს ფართოზოლიანი – რეაქტიული ძრავის ხმაური, ტონალური – ელექტრული ხერხის ხმაური. მუდმივ ხმაურად ითვლება ისეთი ხმაური, რომლის დონე 8 საათიანი სამუშაო დღის განმავლობაში 5 დბ-ზე მეტად არ იცვლება. ცვალებადია ხმაური, როცა ცვლილებები 5 დბ-ს აღემატება. მაგალითად, სატრანსპორტო ნაკადის ხმაური. წყვეტილი ხმაურია – ბალონიდან შეკუმშული აირის წყვეტილად გამოშვება. იმპულსურია 1 წამის ხანგრძლივობის ბგერითი იმპულსები – იმპულსურ რეჟიმში მომუშავე აგრეგატების და მანქანების ხმაური.

მექანიკური ხმაურის წყაროებად მიჩნეულია მოქანავე საკისრები, კბილა გადაცემები, მანქანების გაუწონასწორებელი მბრუნავი ნაწილები. აეროდინამიკური ხმაური წარმოიქმნება ჰაერის ნაკადის მოძრაობის შედეგად – ვენტილატორების, კომპრესორების, აირმბერების, ძრავების ხმაური.

ჰიდრაულიკური ხმაური წარმოიქმნება სითხეებში სტაციონარულ და არასტაციონარულ პროცესების მიმდინარეობის შედეგად (კავიტაცია, ტურბულენტობა). ელექტრომაგნიტური ხმაური წარმოიქმნება ელექტრულ მოწყობილობებში და მანქანებში.



ხმაური უარყოფითად მოქმედებს მთელ ორგანიზმზე. ის თრგუნავს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, იწვევს პულსის სიხშირის, სუნთქვის რითმის და ნივთიერებათა ცვლის დარღვევას. ხმაური შეიძლება გახდეს გულ-სისხლძარღვთა სისტემის, კუჭის წყლულის, ჰიპერტონიული დაავადებების მიზეზი. 30-45 დბ დონის ხმაური არ არის ადამიანისათვის შემაწუხებელი. 40-70 დბ დონის ხმაური დამატებით დატვირთვას უქმნის ნერვულ სისტემას.

80-100 დბ ტოლი ხმაურის ხანგრძლივი მოქმედება იწვევს სმენის გაუარესებას და პროფესიულ სიყრუეს. 130 დბ დონის ხმაური იწვევს ყურის აპკის დაზიანებას, კანტუზიას. გარდა ზემოთ მოყვანილი მაგალითებისა ხმაურის ხანგრძლივი მოქმედება იწვევს თავის ტკივილს და ადამიანის იმუნიტეტის დაქვეითებას.

**ცხრილი №4**

**ბგერული წნევის და დონის ჰიგიენური ნორმები**

სამუშაო ადგილი	ბგერითი წნევის დონეები დბ, ოქტავურ ზოლში საშუალოგეომეტრიული სიხშირეებით, ჰც								ბგერი ს დონე, დბ
	31	63	125	500	1000	2000	4000	8000	
საკონსტრუქტორო ბიუროს, პროგრამისტების, ლაბორატორიის სათავსები	86	71	61	49	45	42	40	38	50
მართვის სათავსები, სამუშაო ოთახები	93	79	70	68	55	52	50	49	60
დისტანციური მართვის სათავსი	103	94	87	82	75	73	71	70	80
სათავსები გამომთვლელ მანქანათათვის და ხმაური- ანი აგრეგატებისათვის	107	94	87	78	75	73	71	70	80
მუდმივი სამუშაო ზონები და ადგილები	110	99	92	86	80	78	76	74	85

ხმაური არის სხვადასხვა ინტენსივობის და სიხშირის ბგერათა ერთობლიობა. ფიზიოლოგიური თვალსაზრისით ხმაური არის ადამიანისათვის არასასურველი ბგერები.

ხმაური სხვადასხვა ფიზიკური ბუნების მოუწესრიგებელი რხევებია, რომლებიც განსხვავდებიან დროითი და სპექტრული სტრუქტურის სირთულით.

ხმაური სხვადასხვა ინტენსივობისა და სიხშირის აპერიოდული ბგერების ერთობლიობაა. ფიზიოლოგიური თვალსაზრისით ხმაური არის ნებისმიერი უსიამოვნო აღსაქმელი ბგერა.

**სტატისტიკური მახასიათებლების** მიხედვით ხმაური იყოფა სტაციონარულ და არასტაციონარულ ხმაურად.

**სპექტრული მახასიათებლების** მიხედვით ხმაური იყოფა :

ფართოხოლოვან ხმაურად 1 ოქტავაზე განიერი უწყვეტი სპექტრით;

ტონალურ ხმაურად, რომლის სპექტრშიც არის გამოკვეთილი ტონები. გამოკვეთილ ტონად ითვლება ტონი, რომლის სიხშირე დანარჩენების სიხშირეს აღემატება არანაკლებ 10 დბ-ით.

**სიხშირული მახასიათებლების** მიხედვით ხმაური იყოფა:

დაბალსიხშირულ ხმაურად;

საშუალო სიხშირულ ხმაურად;

მაღალ სიხშირულ ხმაურად.

**დროითი მახასიათებლების** მიხედვით ხმაური იყოფა:

მუდმივ ხმაურად;

არამუდმივ ხმაურად, რომელიც თავის მხრივ იყოფა მერყევ, წყვეტილ და იმპულსურ ხმაურად.

**წარმოქმნის ბუნების** მიხედვით ხმაური იყოფა:

მექანიკურ ხმაურად;

აეროდინამიკურ ხმაურად;

ჰიდრაულიკურ ხმაურად;

ელექტრომაგნიტურ ხმაურად.

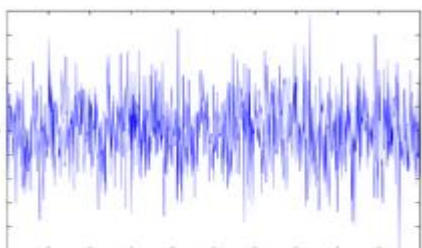
**ხმაურის ფერები.** ფიზიკაში ხმაურის აღწერის მოხერხებულობის მიზნით შემოტანილია ტერმინები, რომლებიც ხმაურის სიგნალებს მიაწერს სხვადასხვა ფერს მათი სტატისტიკური თვისებებისგან დამოკიდებულებით, მაგალითად, ვარდისფერი ან ლურჯი ხმაური

**თეთრი ხმაური** –სტაციონარული ხმაური, რომლის სპექტრალური შემაღვენლები თანაბრადაა განაწილებული ამოქმედებული სიხშირეების მთელი დიაპაზონზე. თეთრი ხმაურის მაგალითია ახლოსმდებარე ჩანჩქერის ხმაური (შორეული ჩანჩქერის ხმაური ვარდისფერია, რამდენადაც ხმაურის

მაღალსიხშირული მდგენელები დაბალსიხშირულთან შედარებით უფრო მეტად მიიღევა), ან მაღალი წინააღმდეგობის კლემაზე გადამწოდის ხმაური. დასახელება მიიღო თეთრი სინათლისგან, რომელიც შეიცავს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მთელი სილული დიაპაზონის სიხშირის ელექტრომაგნიტურ ტალღებს.

ბუნებასა და ტექნიკაში “სუფთა” თეთრი ხმაური (ე.ი. თეთრი ხმაური, რომელსაც ყველა სიხშირეზე ერთნაირი სპექტრული სიმძლავრე აქვს) არ გვხვდება (იმის გამო, რომ ასეთ სიგნალს ექნებოდა უსასრულო სიმძლავრე), თუმცა თეთრი ხმაურების კატეგორიის ქვეშ ხვდება ნებისმიერი ხმაური, რომელთა სპექტრული სიმკვრივე ერთნაირია (ან ოდნავ განსხვავდება) სიხშირეთა განსახილველ დიაპაზონში.

### სტატისტიკური თვისებები



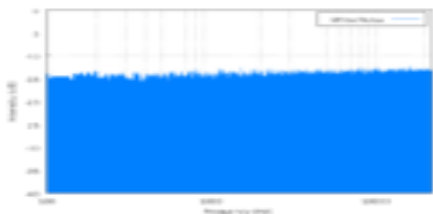
თეთრი ხმაურის თვისებებიანი პროცესის რეალიზაციის მაგალითი. რადიოელექტრონიკაში თეთრი ხმაური არის მოვლენა, როდესაც ეთერში თანაბარი ტაცუნის გარდა არაფერი ისმის. როდესაც ტელევიზორში სურათის ნაცვლად აჩვენებენ “თოვლს” – შავ-თეთრ ჭავლს და ისმის ძალიან უსიამოვნო შრიალი, ჩხაკუნი. ეს არის თეთრი ხმაური, რომელსაც შეუძლია გამოიწვიოს თავის ტკივილი,



ნახ. 21. “თეთრი ხმაური”

**გამოყენება.** თეთრი ხმაური მრავალ გამოყენებას პოულობს ფიზიკასა და ტექნიკაში. ერთი მათგანია – გამოყენება არქიტექტურულ აკუსტიკაში. იმისათვის, რომ შენობის შიგა სივრცეში დაიფაროს არასასურველი ხმაური, სათავსში გენერირდება დაბალი ამპლიტუდის თეთრი ხმაური.

ელექტრონულ მუსიკაში თეთრი ხმაური გამოიყენება როგორც მუსიკალური არანჟირების ერთ-ერთი ინსტრუმენტი, ასევე როგორც შემავალი სიგნალი სხვა ტიპის ხმაურის სიგნალის მაფორმირებელი სპეციალური ფილტრებისათვის. ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე აუდიოსიგნალების სინთეზირებისათვის, ჩვეულებრივ დასარტყმელი ინსტრუმენტების, მაგალითად, თეფშების, ქლერადობის შესაქმნელად.



ნახ. 22. თეთრი ხმაურის სპექტრი

სხვა სიტყვებით, ასეთ სიგნალს დიაპაზონის ნებისმიერი ნაწილის სიხშირის ერთნაირ ზოლში ერთნაირი სიმძლავრე აქვს.

“თეთრ ხმაურს” უწოდებენ ყველა სიხშირეზე თანაბარი სპექტრალური სიმკვრივისა და უსასრულო დისპერსულობის სიგნალს. თეთრი ხმაურის მაგალითია ჩანჩქერის ხმა. თეთრის გარდა გამოიყოფენ სხვა ფერის ხმაურსაც.

ვარდისფერ ხმაურს უწოდებენ სიგნალს, რომლის სიმკვრივე სიხშირის უკუპროპორციულია, ხოლო წითელი ხმაურის სიმკვრივე სიხშირის კვადრატის უკუპროპორციულია –ვარდისფერი და წითელი ფერი ყურით აღიქმება როგორც უფრო “თბილი”, ვიდრე თეთრი. არსებობს აგრეთვე ლურჯი, იისფერი, ნაცრისფერი და სხვა ფერის ხმაური.



ნახ. 23. მოციმციმე ხმაური –ფლიკერ-ხმაური

**მოციმციმე ხმაური** –ფლიკერ-ხმაური (ინგლ. flicker – ციმციმი) დაბალი სიხშირისა და მაღალი ინტენსივობის ხმაური. მოციმციმე ხმაურის გამოვლენა – წყლის ზედაპირზე მოდის მაღალი და განიერი ტალღა,

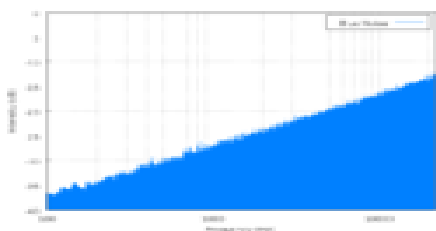
ამ ტალღის ზედაპირზე ვრცელდება უფრო პატარა ტალღები, რომელთა ზედაპირი დადარულია ძალიან პატარა ჭავლით, და ასე უსასრულობამდე.

**ვარდისფერი ხმაური** გამოყენებით დარგებში ცნობილია აგრეთვე როგორც ფლიკერ-ხმაური (მოციმციმე ხმაური),  $1/f$  ხმაური. ვარდისფერი ხმაურის სპექტრული სიმკვრივე განისაზღვრება ფორმულით  $\sim 1/f$  (სიმკვრივე სიხშირის უკუპროპორციულია). ასეთი სიგნალის სპექტრული სიმკვრივე თეთრ ხმაურთან შედარებით მიიღევა ყოველ ოქტავაზე 3 დეციბელით. ვარდისფერი ხმაურის მაგალითია ვერტმფრენის გადაფრენის ხმა. ვარდისფერი ხმაური შეიმჩნევა, მაგალითად, გულის რითმებში, ტვინის ელექტრული აქტივობის გრაფიკებში, კოსმოსური სხეულების ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებაში, აგრეთვე პრაქტიკულად ნებისმიერ ელექტრონულ მოწყობილობაში. ზოგჯერ ვარდისფერ ხმაურს უწოდებენ ნებისმიერ ხმაურს, რომლის სპექტრული სიმკვრივე მცირდება სიხშირის გაზრდით.

**ბროუნის (წითელი, ყავისფერი) ხმაური.** წითელი ხმაურის სპექტრული სიმკვრივე პროპორციულია  $1/f^2$ , სადაც  $f$  –სიხშირეა. ეს ნიშნავს, რომ დაბალ სიხშირეებზე ხმაურს აქვს უფრო დიდი ენერგია, ვიდრე მაღალ სიხშირეზე. ხმაურის ენერგია ეცემა 6 დეციბელით ოქტავაზე. წითელი ხმაური თეთრ ან ვარდისფერ ხმაურთან შედარებით აკუსტიკურად ისმის როგორც მიუყნებელი, ყრუ. წითელი ხმაური შეიძლება მიღებულ იქნეს თეთრი ხმაურის ინტეგრირებით, აგრეთვე ალგორითმით, რომელიც სიმულირებას უკეთებს ბროუნის მოძრაობას.

წითელი ხმაური შეიძლება იყოს დიდი წყალსატევებისათვის-ზღვებისა და ოკეანეების, დამახასიათებელი ბუნებრივი ხმაურის აღნიშვნა. ოკეანეში არსებული, დაშორებული ობიექტებიდან წითელი ხმაური ისმის სანაპიროდან.

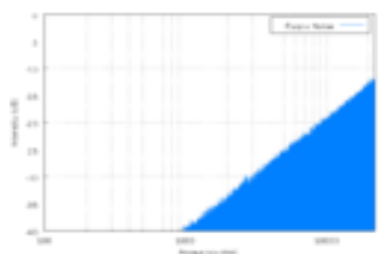
წითელი ხმაურის სპექტრი იისფერი სპექტრის სარკისებურად საწინააღმდეგოა. ბროუნის ხმაური სმენით აღიქმება უფრო “თბილად”, ვიდრე თეთრი ხმაური. ზოგჯერ ამ ხმაურს ყავისფერ ხმაურსაც უწოდებენ.



ნახ. 24. ბროუნის ხმაური

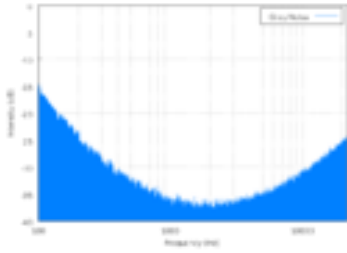
### ლურჯი (ცისფერი) ხმაურის სპექტრი

ლურჯი ხმაური – სიგნალის სახეა, რომლის სპექტრული სიმკვრივე იზრდება 3 დეციბელით ოქტავაზე. ე.ი. მისი სპექტრული სიმკვრივე იზრდება სიხშირის ზრდასთან ერთად. სმენით ლურჯი ხმაური აღიქმება უფრო მკვეთრად, ვიდრე თეთრი. ლურჯი და ვარდისფერი ხმაურების სპექტრები სარკისებურია.



ნახ. 25. იისფერი ხმაურის სპექტრი

იისფერი ხმაური არის სიგნალი, რომლის სპექტრული სიმკვრივე იზრდება 6 დეციბელით ოქტავაზე. ე.ი. სპექტრული სიმკვრივე სიხშირის კვადრატის პროპორციულია. იისფერი ხმაურის სპექტრი წითელი ხმაურის სპექტრის სარკისებურად საპირისპიროა.



ნახ. 26. ნაცრისფერი ხმაურის სპექტრი

განასხვავებენ აგრეთვე ნაცრისფერი, ნარინჯისფერი, მწვანე და შავ ხმაურებს.

მწვანე ხმაური არის ბუნებრივი გარემოს ხმაური. მწვანე ხმაური ვარდისფერი ხმაურის მსგავსია, 500 ჰც სიხშირის რაიონში გაძლიერებით.

ხმაურის გასაზომად გამოიყენება ხმაურმზომი, სიხშირული ანალიზატორი, კორელომეტრი და სხვ.

ხმაურის დონის საზომი ერთეულია დეციბელი.

ბერის ძალა დეციბელებში:

საუბარი: 40-45

ქუჩის :70-80

ფაბრიკა-ქარხანა:70-110

რეაქტიული თვითმფრინავის სტარტი: 120.

სპექტრალური მახასიათებლების მიხედვით ხმაური შეიძლება იყოს ფართოხოლიანი – რეაქტიული ძრავის ხმაური, ტონალური – ელექტრული ხერხის ხმაური. მუდმივ ხმაურად ითვლება ისეთი ხმაური, რომლის დონე 8 საათიანი სამუშაო დღის განმავლობაში 5 დბ-ზე მეტად არ იცვლება. ცვალებადია ხმაური, როცა ცვლილებები 5 დბ-ს აღემატება. მაგალითად, სატრანსპორტო ნაკადის ხმაური. წყვეტილი ხმაურია – ბალონიდან შეკუმშული აირის წყვეტილად გამოშვება. იმპულსურია 1 წამის ხანგრძლივობის ბგერითი იმპულსები – იმპულსურ რეჟიმში მომუშავე აგრეგატების და მანქანების ხმაური.

ხმაურის ყველაზე მძლავრი წყაროთაგანი არის ვერტმფრენი და თვითფრინავი, განსაკუთრებით ზებგერითი. თანამედროვე თვითფრინავის მართვის სიზუსტისა და საიმედოობის მაღალი მოთხოვნების პირობებში, რომელიც წაყენებული აქვს საფრენი აპარატის ეკიპაჟს, ხმაურის ამაღლებული დონე უარყოფითად მოქმედებს ეკიპაჟის შრომისუნარიანობაზე და მის მიერ ინფორმაციის მიღების სიჩქარეზე. თვითფრინავების მიერ შექმნილი ხმაური იწვევს სმენის გაუარესებას და სხვა

ავადმყოფურ მოვლენებს აეროპორტის სამსახურის თანამშრომლებში, აგრეთვე იმ დასახლებული პუნქტების მოსახლეობაში, რომლის თავზეც ფრენენ თვითფრინავები. ადამიანებზე უარყოფითი ზემოქმედება დამოკიდებულია არამარტო თვითფრინავის ფრენის დროს წარმოქმნილი მაქსიმალური ხმაურის დონეზე, არამედ მისი მოქმედების ხანგრძლივობაზე, დღე-ღამის განმავლობაში ფრენათა საერთო რიცხვზე და ხმაურის ფონურ დონეზე.

ხმაურის ინტენსივობაზე და გავრცელების ფართზე არსებით გავლენას ახდენს მეტეოროლოგიური პირობები: ქარის სიჩქარე, მისი და ჰაერის ტემპერატურის განაწილება სიმაღლისმიხედვით, ღრუბელი და ნალექები.

ხმაურის პრობლემამ განსაკუთრებულად მწვავე ხასიათი მიიღო ზებგერითი თვითფრინავების ექსპლუატაციასთან დაკავშირებით. მასთან არის დაკავშირებული ხმაური, ბგერითი დარტყმა და ვიბრაცია აეროპორტის მახლობლად საცხოვრებელი სახლების. თანამედროვე ზებგერითი თვითფრინავები წარმოქმნიან ხმაურს, რომელთა ინტენსივობა მნიშვნელოვნად აღემატება ზღვრულ დასაშვებ ნორმებს.

მექანიკური ხმაურის წყაროებად მიჩნეულია მოქანავე საკისრები, კბილა გადაცემები, მანქანების გაუწონასწორებელი მბრუნავი ნაწილები. აეროდინამიკური ხმაური წარმოიქმნება ჰაერის ნაკადის მოძრაობის შედეგად – ვენტილატორების, კომპრესორების, აირმბერების, ძრავების ხმაური.

ჰიდრავლიკური ხმაური წარმოიქმნება სითხეებში სტაციონარულ და არასტაციონარულ პროცესების მიმდინარეობის შედეგად (კავიტაცია, ტურბულენტობა). ელექტრომაგნიტური ხმაური წარმოიქმნება ელექტრულ მოწყობილობებში და მანქანებში.

ხმაურის სპექტრის ხასიათის მიხედვით ხმაური იყოფა ფართოზოლიან, რომელსაც ერთ ოქტავაზე განიერი უწყვეტი სპექტრი გააჩნია, და ტონალურ, რომლის სპექტრშიც არის სმენადი დისკრეტული ტონები, ხმაურად.

განასხვავებენ ხმაურის მოქმედების რამდენიმე გრადაციას:

**მოქმედების ხელშეშლა, როდესაც** ხმაური იზრდება ხმამაღლობის გაზრდით, არაა დამოკიდებული ინდივიდუალურ მგრძობიარობაზე და კონკრეტულ სიტუაციაზე. მოქმედების ხელშეშლელი ხმაური შეიძლება დაკავშირებული იყოს ინფორმაციასთანაც, რომელსაც ის ატარებს. ხმაური, როგორც ხელშეშლელი, აღიქმება 25 დბ-დან;



**აქტივაცია**, ე.ი. ცენტრალური და ვეგეტატიური ნერვული სისტემის აღზნება, ძილის დარღვევა, უნარების მოღუნება. იაპონიაში იყიდება ბალიშები, რომლებშიც ჩამონტაჟებულია აპარატი, რომელიც იმიტირებს უკეთეს ადამიანის პულსის რითმში დაცემულ წვიმის წვეთებს. ასეთი ხმაური სწრაფად იწვევს მძინარობას;

**გავლენა შრომისუნარიანობაზე.** როგორც წესი, ხმაური აუარესებს შრომისუნარიანობას, მაგრამ კემბრიჯის უნივერსიტეტის ლაბორატორიის მეცნიერებმა აღმოაჩინეს, რომ გარკვეული ძალისა და სიხშირის ბგერები სტიმულირებს უკეთეს აზროვნების პროცესს და განსაკუთრებით კი – ანგარიშის პროცესს.

**დაავადების ჩამოყალიბება.** ხმაურის მუდმივმა ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს დაყრუება – ბგერების მიმართ მგრძობიარე შიგა ყურის უჯრედების დაზიანების გამო.

ხმაურის ზემოქმედების დროისგან დამოკიდებულებით ხმაურმა შეიძლება გამოიწვიოს მეტ-ნაკლებად ძლიერი სტრესი, რომელიც არღვევს ადამიანის შინაგან “საათებს”. თუმცა ადამიანი ყოველთვის ბგერების სამყაროში ცხოვრობდა, და აბსოლუტური სიჩუმე მისთვის ასევე მავნებელია, აშინებს და თრგუნავს მას. დისკომფორტი შეიძლება გამოიწვიოს არამარტო ხმაურით დაბინძურებამ, არამედ ხმაურის საერთოდ არარსებობამაც. უფრო მეტიც, განსაზღვრული ძალის ბგერები ამაღლებს შრომისუნარიანობას და ახდენს აზროვნების პროცესის სტიმულირებას და, პირიქით, აბსოლიტური სიჩუმის დროს ადამიანი კარგავს შრომისუნარიანობას და განიცდის სტრესს.

ჰანოვერში საკონსტრუქტორო ბიუროს პროექტირებისას არქიტექტორებმა გაითვალისწინეს ყველა ღონისძიება, რათა ქუჩიდან შენობაში არ შეეღწია არცერთ ბგერას: სამმაგად შემინული ფანჯრის ჩარჩოები, უჯრედოვანი და ქაფ-ბეტონის ბგერამაიზოლირებელი პანელები და სპეციალური ბგერაშთამნთქმელი პლასტმასის შპალერი. დაახლოებით ერთი კვირის შემდეგ თანამშრომლებმა მიმართეს ადმინისტრაციას საჩივრით, რომ არ შეუძლიათ მუშაობა დამთრგუნველ “მკედარ” სიჩუმეში. ისინი აღელვებული იყვნენ, შემცირდა შრომისნაყოფიერება. ადმინისტრაცია იძულებული გახდა, რომ შეეძინა მაგნიტოფონი, რომელიც დროდადრო ჩაირთვებოდა და ქმნიდა წყნარი ქუჩის ხმაურს. ბიუროში მყისვე აღსდგა სამუშაო ატმოსფერო. თუმცა “ხმაურის დამორჩილება” XXI საუკუნის მწვავე პრობლემად რჩება.

ქალაქის ხმაურის “სიმფონია” შედგება მრავალი ფაქტორისაგან: რკინიგზის დგანდგარი და თვითმფრინავის გუგუნის, სამშენებლო ტექნიკის გრიალი, ქარხნის

საამქროებისა და საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ხმაური. დიდ ქალაქებში ხმაური 8-12 წლით ამცირებს ადამიანის სიცოცხლეს. ზომავადასული ხმაური შეიძლება გახდეს ნერვული დაძაბუნების, ფსიქიკური დათრგუნვის, ვეგეტატიური ნევროზის, წყლულოვანი დაავადების, ენდოკრინული და გულ-სისხლძარღვთა სისტემის დაზიანების მიზეზი.

### 7.3. ხმაურის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე

ორგანიზმზე ხმაურის ზემოქმედების მექანიზმი რთულია და არასაკმარისადაა შესწავლილი. ადამიანისათვის ხმაური – საერთობიოლოგიური გამღიზიანებელია, რომელსაც განსაზღვრულ პირობებში შეუძლია გავლენა მოახდინოს ორგანიზმის ყველა ორგანოზე და სისტემაზე (ნერვული სისტემის, მხედველობის, ვესტიბულარული აპარატის, საჭმლის მომნელებელი, ნივთიერებათა ცვლის და მისთ.). იწვევს გულის, ღვიძლის მუშაობის დარღვევას, ნერვული უჯრედების დაძაბუნებას და გადაძაბვას. ხმაურისგან დადლა გროვდება, ითრგუნება ნერვული სისტემა, ხდება ცენტრალური ნერვული სისტემისა და ფსიქიკის ფუნქციური დაზიანება. ხმაური იწვევს გულსისხლძარღვთა სისტემის, მხედველობის და ვესტიბულარული აპარატის დაავადებებს, აქვეითებს რეფლექსურ საქმიანობას, ხშირად ხდება უბედური შემთხვევისა და ტრავმების მიზეზი.

145 დბ დონის ხმაურის მოქმედებით ადამიანს უზიანდება ყურის დოლის აფსკი.

ჩვეულებრივ, ძირითად ყურადღებას უთმობენ სმენის ორგანოს მდგომარეობას, რამდენადაც ბგერით რხევებს პირველ რიგში სმენის ანალიზატორი აღიქვამს და ხმაურის მოქმედებისას პირველ რიგში ის ზიანდება. ეს აიხსნება შიგა ყურის დაზიანებით (ამასთან სმენის ორგანოს პათოგენეზში არ შეიძლება ცენტრალური ნერვული სისტემის როლის გამორიცხვა – ქერქის სმენის ცენტრების გადადლა).

ხმაურის მოქმედებით მცირდება სმენის ორგანოს მგრძობიარობა, მაგრამ ეს მოქმედება მხოლოდ სმენის დაზიანებით არ შემოისაზღვრება. სმენის ორგანო ცენტრალური ნერვული სისტემით დაკავშირებულია სხვა ორგანოებთან. დადგენილია, რომ ინტენსიური ხმაური პირველ რიგში აზიანებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, რაც იწვევს მისი, როგორც რეგულატორის, ფუნქციის დარღვევას, ხოლო ეს უარყოფითად მოქმედებს შინაგანი ორგანოებისა და სისხლის მიმოქცევის ცხოველქმედებაზე. ხმაურის ხანგრძლივად მოქმედებისას იცვლება სისხლის წნევა, ქვეითდება

ყურადღება და მესხიერება, უარესდება მხედველობა, ხდება ცვლილებები მოძრაობის ცენტრში, რაც იწვევს მოძრაობის კოორდინაციის დარღვევას. განსაკუთრებით მაკნედ მოქმედებს ხმაური გულ-სისხ-ძარღვთა სისტემაზე. მოქმედებს რა თავის ტვინის ქერქზე, ხმაური შეიძლება გახდეს ტრავმატიზმის მიზეზი. ამასთანავე, ხმაური შეიძლება გახდეს ისეთი დაავადებების მიზეზი, როგორცაა ნევროზები, ჰიპერტონიული და წყლულოვანი დაავადებები, კუჭ-ნაწლავის დაავადებები.

ადამიანისათვის ხმაური – საერთობიოლოგიური გამღიზიანებელია, რომელსაც განსაზღვრულ პირობებში შეუძლია გავლენა მოახდინოს ორგანიზმის ყველა ორგანოზე და სისტემაზე (ნერვული სისტემის, მხედველობის, ვესტიბულარული აპარატის, საჭმლის მომნელებელი, ნივთიერებათა ცვლის და მისთ.). ყველაზე სრულად შესწავლილია ხმაურის გავლენა ადამიანის სმენის აპარატზე.

ხანგრძლივი ხმაური არახელსაყრელად მოქმედებს სმენის ორგანოზე, ბგერის მიმართ მგრძობიარობის დაქვეითებით, იწვევს გულის, ღვიძლის მუშაობის დარღვევას, ნერვული უჯრედების დაძაბუნებას და გადაძაბვას. ხმაურისგან დაღლა გროვდება, ითრგუნება ნერვული სისტემა, ხდება ცენტრალური ნერვული სისტემისა და ფსიქიკის ფუნქციური დაზიანება. ხმაური იწვევს გულსისხლძარღვთა სისტემის, მხედველობის და ვესტიბულარული აპარატის დაავადებებს, აქვეითებს რეფლექსურ საქმიანობას, ხშირად ხდება უბედური შემთხვევისა და ტრავმების მიზეზი.

ხმაურის ზემოქმედების ძირითადი გამოვლენაა – ყრუ თავის ტკივილი, სიმძიმის შეგრძნება თავში, ამაღლებული გაღიზიანებულობა, აგრესიულობის გაძლიერება, სწრაფად დაღლა, ნევროზები, მესხიერების, ყურადღებისა და გონებრივი აქტიურობის დაქვეითება, გაძლიერებული ოფლიანობა (განსაკუთრებით აღელვებისას), ძილის რითმის დარღვევა, ქუთუთოებისა და ხელების ტოკვა, ხელის მტევნებისა და ტერფების გაცივება, მადის დაკარგვა, გულისრევა, გულწვა, მუცელში ჩხვლეტების შეგრძნება, კუჭის შეკრულობა და სხვ. ხმაურს კუმულაციური ეფექტი აქვს – აკუსტიკური გაღიზიანება გროვდება რა ორგანიზმში სულ უფრო ძლიერად თრგუნავს ნერვულ სისტემას. განსაკუთრებით მოქმედებს არამონოტონური ხმაური (დარტყმები, ძაღლის ყეფა, ყვირილი).

მუდმივად მოქმედი მცირე ხმაურიც კი შეუმჩნევლად მოქმედებს ნერვებზე. შემთხვევითი არაა, რომ უკანასკნელ წლებში ძალიან გაიზარდა მოქალაქეთა შორის ფსიქიკური აშლილობით დაავადებულ ადამიანთა რიცხვი. მსხვილი

მეგაპოლისების მაცხოვრებლებში ხშირია უძილობა, ნევროზისა და ათეროსკლეროზის სხვადასხვა სახეები.

მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ თვითმფრინავის მიერ წარმოქმნილი ხმაური ზრდის გულის შეტევით სიკვდილის რისკს. თუ ადამიანი ყოველდღიურად განიცდის 60 დბ ხმაურის ზემოქმედებას, რისკი იზრდება 30%-ით, ხოლო ამადლებული ხმაურის მოქმედების ზონაში 15 წლის განმავლობაში ცხოვრებისას 50%-ით იზრდება.

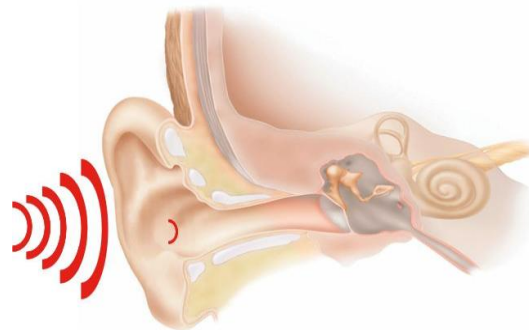
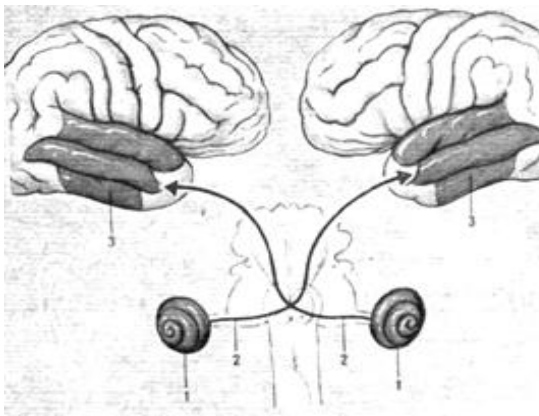
**ხმაურის აღქმა.** ხმაურის აღქმა ყოველთვის ინდივიდუალურია. ხმაური მოქმედებს სისხლის ცირკულაციაზე და იწვევს ორგანიზმში დაძაბულობას. ხმაური აძნელებს ადამიანებს შორის კომუნიკაციას. 85-90 დბ და უფრო მაღალი დონის უწყვეტი ხმაური საშიშია სმენისათვის. ყოველდღიურად 5 საათის განმავლობაში ასეთი დონის ხმაურში ყოფნა იწვევს სმენის დაკარგვას. სრულადაა შესწავლილი ხმაურის გავლენა ადამიანის სმენის აპარატზე.

სმენის დაკარგვა შეიძლება გამოიწვიოს უშუალოდ ყურთან ახლოს მოულოდნელმა ხმამაღალმა ბგერამ. ადამიანზე უარყოფითად მოქმედებს არამარტო უშუალოდ ხმაურის ზემოქმედება. სტრესულ სამუშაო პირობებში გამაღიზიანებელმა ან გადამფარავმა ხმაურმა შეიძლება გამოიწვიოს გონებრივი დაზიანება, რამაც თავის მხრივ, შეიძლება ფიზიკური დაზიანება გამოიწვიოს. **დამაყრუებელი ხმაური** დამაყრუებელი ანუ გადამფარავი ხმაური ისეთი ხმაურია, როდესაც ადამიანს სხვა ბგერების გამო უჭირს მისთვის საჭირო ბგერების გაგონება. სამუშაო ადგილზე მოწყობილობის ხმაურმა შეიძლება გადაფაროს მოძრავი მანქანის ხმაური ან ხელი შეუშალოს ლაპარაკს. მსგავსი პრობლემა ბევრ სამრეწველო საწარმოშია. ხმაურის დონე არ უნდა აღემატებოდეს 60-70 დეციბელს, თუ ადამიანს უწევს საუბარი ნორმალურ მანძილზე.

უპირველეს ყოვლისა, ხმაურის ნეგატიურ ზემოქმედებას განიცდის ადამიანის სმენის ორგანო. თუ ადამიანს ხანგრძლივად უწევს ხმაურის მაღალი დონის ზონაში ყოფნა, შეიძლება ამაღ გამოიწვიოს სმენის დაქვეითება. ყური ძალიან ფაქიზი ორგანოა. ბგერა გარე ყურის გავლით იწვევს დოლის აფსკის ვიბრაციას. ვიბრაცია ვრცელდება მჭიდროდ დახვეულ მილში (“ლოკოკინაში”) მოთავსებულ სითხეში. სმენის ნერვი, რომელსაც დაბოლოება აქვს ლოკოკინაში, შესაბამის სიგნალს გადასცემს ტვინს.

როდესაც ადამიანი ძლიერი ხმაურის ზემოქმედების ქვეშაა, პირველ რიგში ზიანდება ლოკოკინა (ნახ. ) – მასში განთავსებული ძალიან ფაქიზი ნერვული დაბოლოებები ზიანდება და კვდება. ეს დაზიანება შეუქცევადია – ნერვული დაბოლოებების აღდგენა შეუძლებელია. სხვადასხვა ადამიანს ხმაურისადმი სხვადასხვა აღქმის ხარისხი აქვს – ზოგ ადამიანს სმენა შეიძლება უფრო სწრაფად დაუზიანდეს, ვიდრე სხვას.

არსებობს გამაფრთხილებელი სიმპტომი: თუ ადამიანს ხმაურიან სათავსში ყოფნის შემდეგ უფრო წყნარ გარემოში მოხვედრისას გარკვეული პერიოდის განმავლობაში ადამიანს არ ესმის უფრო სუსტი ბგერები, ეს იმას ნიშნავს, რომ სმენა გაუუარესდა – ამას სმენის ნაწილობრივი დაკარგვა ეწოდება.



ნახ. 27. სმენის ორგანოს აგებულება

ასეთი დაზიანება შექცევადია. გარკვეული დროის განმავლობაში დასვენების შემდეგ სმენა თავის ნორმალურ დონეს უბრუნდება. აქედან გამომდინარე, ხმაურიან სათავსებში მომუშავე ადამიანებს წყნარ ადგილზე შესვენებების მოწყობის საშუალება უნდა ჰქონდეთ. სმენის ნაწილობრივი დაკარგვა უნდა იყოს გაფრთხილება. დაუშვებელია მრავალი წლის განმავლობაში ისეთ ხმაურიან ადგილზე მუშაობა, რომ ადამიანმა სმენა დაკარგოს.

სმენა აღქმის მნიშვნელოვანი მომენტია, რომელიც ადამიანებს გარე სამყაროსთან ურთიერთობის საშუალებას აძლევს.

სმენა უფრო ადვილად იტანს დაბალ ბგერებს, ვიდრე მაღალს. შესაბამისად, სმენის დაზიანებისას უფრო სწრაფად იკარგება მაღალი ბგერების

აღქმის უნარი – ადამიანი ამას ვერ ამჩნევს, რადგან მას ესმის ნორმალური საუბარი. და მხოლოდ რამდენიმე წლის შემდეგ ადამიანი ღებება ფაქტის – სმენის დაკარგვია, წინაშე, როდესაც ადამიანს აღარ ესმის სხვა ადამიანების საუბარი.

ხმაური მოსახლეობის ფიზიკური და ფსიქიკური ჯანმრთელობისათვის საზოგადოებრივი უბედურება და საშიშროება გახდა. წარმოადგენს რა საერთობოლოგიურ გამდიზიანებელს, ხმაური მოქმედებს ორგანიზმის ყველა ორგანოსა და სისტემაზე. ხმაური განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს გონებრივ საქმიანობაზე, რომელიც მოითხოვს ყურადღების კონცენტრირებას. ხმაურს შეუძლია არახელსაყრელი ზეგავლენა მოახდინოს ადამიანის ნებისმიერი სახის საქმიანობაზე. ხმაურის ზემოქმედება ტვინის ქერქსა და ქერქქვეშა სტრუქტურაში იწვევს რეაქციას, რომელიც აზიანებს ცენტრალური და ვეგეტატიური ნერვული სისტემის რეგულატორულ საქმიანობას.

ვეგეტატიური ნერვული სისტემის პერიფერიულ ნაწილზე ხმაურის გამაღიზიანებელი და მატრავმირებელი ქმედების შედეგად იცვლება შინაგანი ორგანოების ფუნქციაც.

ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის კვლევის შედეგების მიხედვით დიდ ბრიტანეთში და მთელ მსოფლიოში ათასობით ადამიანი ნაადრევად იღუპება გულის დაავადებებით, რაც გამოწვეულია ხანგრძლივად მაღალი დონის ხმაურის მოქმედებით. უახლესი კვლევებით დადგენილია, რომ არსებობს კავშირი ხმაურსა და ადრეულ სიკვდილს შორის. უკანასკნელ ხანებამდე ხმაური გარემოს დაბინძურების სრულფასოვან ფაქტორად არ განიხილებოდა და ადამიანები არ აღიქვამდნენ იმ ზემოქმედებას, რომელსაც ის ახდენს მათ ჯანმრთელობაზე. ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციამ 2003 წელს დაიწყო ადამიანის ჯანმრთელობაზე ხმაურის დაბინძურების გავლენის შედეგების შესწავლა. აღმოჩნდა, რომ ხმაურის დაბინძურება გულის დაავადებების გარდა ევროპის მოსახლეობის 2%-ში იწვევს ძილის საშიშ დარღვევას, ხოლო 15%-ში – სხვა ნეგატიურ ეფექტებს. საგზაო ხმაურის მუდმივი ზემოქმედება არის მიზეზი 3% დაავადებათა შემთხვევებისა, რაც მულაენდება ყურებში ხმაურის მუდმივ შეგრძნებაში.

უკანასკნელ წლებში გამოქვეყნებული კვლევები გვიჩვენებს, რომ ხმაურს აქვს სისხლში სტრესის ისეთი ჰორმონების შემცველობის გაზრდის უნარი, როგორცაა კორტიზოლი, ადრენალინი და ნორადრენალინი – ძილის დროსაც კი. რაც უფრო დიდი ხნის განმავლობაში იქნება ეს ჰორმონები სისხლძარღვთა სისტემაში, მით უფრო მაღალია იმის ალბათობა, რომ ეს ჰორმონები გამოიწვევენ სიცოცხლისათვის საშიშ ფიზიოლოგიურ პრობლემებს. ძლიერ სტრესს შეუძლია გამოიწვიოს გულის უკმარისობა, სტენოკარდიის შეტევა, სისხლის მაღალი წნევა და იმუნიტეტთან დაკავშირებული პრობლემები. ყველაფერი ეს მიმდინარეობს შეუმჩნეველად. მაშინაც კი, როდესაც ადამიანს მიაჩნია, რომ მიეჩვია ხმაურს, ფიზიოლოგიური ცვლილებები მაინც მიმდინარეობს.

ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის ნორმატივების თანახმად, გულ-სისხლძარღვთა დაავადებები შეიძლება ჩამოყალიბდეს, თუ ადამიანზე ღამით მუდმივად მოქმედებს 50 დეციბელი და მეტი ხმამაღლობის ხმაური – ასეთი ხმაურია არაინტენსიური მოძრაობის ქუჩაზე. 42 დბ ხმაური იწვევს უძილობას, ხოლო 35 დბ ( ჩურჩულის ხმა) – გაღიზიანებულობას. სამყარო თამდათან უფრო საქმიანი და ხმაურიანი ხდება. ზოგს ეს ხმაური ნაკლებად აღიზიანებს, სხვებს უფრო მეტად.

ხმაურს არ შეუძლია უშუალოდ მოკლას ადამიანი, მაგრამ მას შეუძლია სტრესის გაძლიერება. ზოგჯერ სტრესული სიტუაცია უკვე დაავადებული გულის შემთხვევაში იწვევს გულის შეტევას.

ხმაურით დაბინძურება ათასობით ადამიანის სიკვდილის მიზეზი გახდა. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის კვლევის შედეგების მიხედვით დიდ ბრიტანეთში და, საერთოდ, მთელ მსოფლიოში გულის დაავადებებით იღუპება, რომელიც გამოწვეულია მაღალი დონის ხმაურის ხანგრძლივი მოქმედებით არის გამოწვეული. ახალი კვლევებით დადგენილია კავშირი ხმაურსა და ნაადრევ სიკვდილს შორის. დღემდე ხმაური დაბინძურების სრულფასოვან ფაქტორად არ განიხილებოდა, და ადამიანები ვერ აფიქსირებდნენ იმ გავლენას, რომელსაც ხმაური ახდენს ჯანმრთელობაზე.

მაღალი ხმაურის პირობებში მუშაობა საწყის ეტაპზე იწვევს სწრაფ დაღლას, ამახვილებს სმენას მაღალ სიხშირეებზე, შემდეგ ადამიანი თითქოს ეჩვევა ხმაურს, მაღალი სიხშირის ბგერების მიმართ მგრძობიარობა მკვეთრად

ეცემა, უარესდება სმენა, რომელიც თანდათან გადადის სმენის დაქვეითებაში და სიყრუეში. 140-145 დბ ინტენსივობის ხმაურის შემთხვევაში ცხვირისა და ყელის რბილ ქსოვილებში, აგრეთვე თავის ქალას ძვლებსა და კბილებში აღიძვრება ვიბრაცია; 140 დბ-ზე მაღალი ინტენსივობის დროს ვიბრირებას იწყებს გულმკერდი, ხელებისა და ფეხების კუნთები, იწყება ტკივილი ყურებსა და თავში. ხმაური უარყოფითად მოქმედებს მთელ ორგანიზმზე. ის თრგუნავს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, იწვევს პულსის სიხშირის, სუნთქვის რითმის და ნივთიერებათა ცვლის დარღვევას. ხმაური შეიძლება გახდეს გულ-სისხლძარღვთა სისტემის, კუჭის წყლულის, ჰიპერტონიული დაავადებების მიზეზი. 30-45 დბ დონის ხმაური არ არის ადამიანისათვის შემაწუსებელი. 40-70 დბ დონის ხმაური დამატებით დატვირთვას უქმნის ნერვულ სისტემას.

80-100 დბ ტოლი ხმაურის ხანგრძლივი მოქმედება იწვევს სმენის გაუარესებას და პროფესიულ სიყრუეს. 130 დბ დონის ხმაური იწვევს ყურის აპკის დაზიანებას, კანტუზიას. გარდა ზემოთ მოყვანილი მაგალითებისა ხმაურის ხანგრძლივი მოქმედება იწვევს თავის ტკივილს და ადამიანის იმუნიტეტის დაქვეითებას.

მუდმივი ხმაური უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. რაც უფრო დიდი ხნის განმავლობაში იმყოფება ადამიანი მუდმივი ხმაურის ზემოქმედების ქვეშ, მით უფრო ძლიერია მისი ნეგატიური ზემოქმედება. ხმაურის მოქმედების ქვეშ ადამიანი ადვილად ღიზიანდება, უფუჭდება ხასიათი, გრძნობს სისუსტეს და შინაგან დისკომფორტს. ხმაურმა შეიძლება გამოიწვიოს უძილობა, აგრეთვე ყველა შინაგანი ორგანოსა და სისტემის სერიოზული პათოლოგიური დაავადება. ხმაური იწვევს გაღიზიანებას და აგრესიას, არტერიულ ჰიპერტენზიას (არტერიული წნევის მომატებას), ტინიტუსს (ხმაური ყურებში).

განსაკუთრებით ნეგატიურად აისახება ადამიანის ჯანმრთელობაზე მუდმივი ხმაური. რაც უფრო დიდი ხნის განმავლობაში იმყოფება ადამიანი მუდმივი ხმაურის ზემოქმედების ქვეშ, მით უფრო ძლიერია ხმაურის მავნე მოქმედება.

ხმაურის მოქმედებით ადამიანი ადვილად ღიზიანდება, უფუჭდება ხასიათი, განიცდის საერთო სისუსტეს და შინაგან დისკომფორტს. ხმაურმა შეიძლება გამოიწვიოს უძილობა, აგრესიულობა, რეპროდუქციული ფუნქციის დაქვეითება,



აგრეთვე ყველა შინაგანი ორგანოს და ორგანიზმის სისტემების სერიოზული პათოლოგიური დაავადებები.

მუდმივად მოქმედი მცირე ხმაურიც კი შეუმჩნევლად მოქმედებს ნერვებზე. შემთხვევითი არაა, რომ უკანასკნელ წლებში ძალიან გაიზარდა მოქალაქეთა შორის ფსიქიკური აშლილობით დაავადებულ ადამიანთა რიცხვი. მსხვილი მეგაპოლისების მაცხოვრებლებში ხშირია უძილობა, ნევროზისა და ათეროსკლეროზის სხვადასხვა სახეები.

ადამიანი რეაგირებს ხმაურზე ორგანიზმის სუბიექტური თავისებურებებისგან დამოკიდებულებით. ხმაურის გამაღიზიანებელი მოქმედება დამოკიდებულია პირველ რიგში ხმაურის დონეზე, აგრეთვე მის სპექტრულ და დროით მახასიათებლებზე.

ამდენად, გარკვეულ პირობებში ხმაურს შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს ადამიანის ჯანმრთელობასა და ქცევაზე. ხმაურმა შეიძლება გამოიწვიოს გაღიზიანება და აგრესია, არტერიული ჰიპერტენზია (მაღალი ატმოსფერული წნევა), ტინიტუსი (ხმაური ყურებში), სმენის დაკარგვა. განსაკუთრებულ გაღიზიანებას იწვევს 3 000 – 5 000 ჰც დიაპაზონის ხმაური. 90 დბ-ზე მაღალი დონის ხმაურის ხანგრძლივი მოქმედება იწვევს სმენის დაკარგვას. 110 დბ-ზე მაღალი დონის ხმაური იწვევს ხმაურის თრობას, რომელიც სუბიექტური შეგრძნების მიხედვით ალკოჰოლური და ნარკოტიკული თრობის ანალოგიურია.

ითვლება, რომ 60 დბ-ზე დაბალი დონის ხმაური იწვევს ნერვულ გაღიზიანებას, ამიტომ შემთხვევითი არაა, რომ მკვლევართა ნაწილის მიერ დადგენილია პირდაპირი კავშირი ქალაქებში მზარდ ხმაურის დონესა და ნერვულ დაავადებათა რიცხვის გაზრდას შორის. ფართო სპექტრის ხმაური ნაკლებად გამაღიზიანებელია, ვიდრე ვიწრო სიხშირული ინტერვალის ხმაური. განსაკუთრებულად გამაღიზიანებლად მოქმედებს ხმაური 3000-5000 ჰც სიხშირის დიაპაზონში.

ბგერითი დიაპაზონის ხმაური იწვევს ყურადღების დაქვეითებას და შეცდომების მატებას სხვადასხვა სახის სამუშაოს შესრულებისას. ხმაური ამუხრუჭებს ადამიანის რეაქციას ტექნიკური მოწყობილობიდან მიღებულ სიგნალზე. ხმაური თრგუნავს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, იწვევს სუნთქვისა და პულსის აჩქარებას, არღვევს ნივთიერებათა ცვლას, იწვევს გულ-სისხლძარღვთა დაავადებებს, კუჭის წყლულს, ჰიპერტონიულ დაავადებებს.

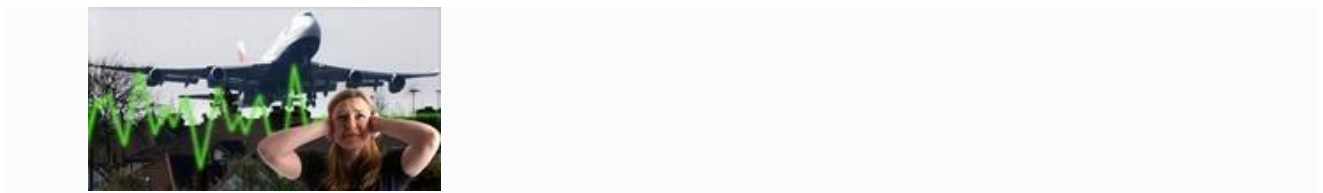
**ხმაური გარემოში.** ხმაური საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში, მათ მიმდებარე ტერიტორიებზე იქმნება შენობებში ან გარეთ მდებარე ერთეული ან კომპლექსური წყაროებით. ესაა უპირველეს ყოვლისა სატრანსპორტო საშუალებები, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო საწარმოთა ტექნიკური მოწყობილობები, ვენტილატორების აირტურბოსაკომპრესორო დანადგარები, შიგაწვის ძრავების გამოსაცდელი სადგურები, საცხოვრებელი შენობების სანიტარიულ-ტექნიკური მოწყობილობა, ელექტრული ტრანსფორმატორები. ხმაურის შემცირების ღონისძიებების გატარების გარეშე მისმა დონემ შეიძლება მნიშვნელოვნად (20-25 დბ-ით) გადააჭარბოს ნორმატიულ სიდიდეს.

უკანასკნელი ათწლეულების მანძილზე დიდ ქალაქებში შეიმჩნევა ხმაურის განუხრელად ზრდა. გამოთვლებით დადგენილია, რომ უკანასკნელი 20-30 წელი ჩქაროსნულ და საქალაქო მაგისტრალზე ხმაურის დონე 7-10 დბ-ით გაიზარდა. ხმაურის მაღალი დონეა დაფიქსირებული საცხოვრებელ სახლებში, სკოლებში, საავადმყოფოებში, მოსახლეობის დასვენების ადგილებში, რაც იწვევს ნერვული დაძაბვის გაზრდას.

ხმაური ნეგატიურად მოქმედებს არამარტო სმენის ორგანოზე, არამედ ადამიანისა და ცხოველების ნერვულ სისტემაზე. ხმაურის დონე იზომება დეციბელებში. 90 დეციბელის მიღწევისას შესაძლებელია დაყრუება, ამიტომ ქალაქებში დაიწვეს ყველაზე ინტენსიური მოძრაობის ავტომაგისტრალების ხმაურსაწინააღმდეგო ეკრანებით დაცვა.

ამერიკელი მეცნიერების კვლევებით დადგენილია, რომ პლემერის მუდმივი გამოყენება აუარესებს სმენას და მესხიერებას.

ხმაურის მავნე ზემოქმედება ოდითგან იყო ცნობილი. მაგალითად შუა საუკუნეებში არსებობდა დასჯა “ ზარის ქვეშ”. ზარის რეკვა ნელ-ნელა კლავდა ადამიანს.



ხმაურით დაბინძურებას შეუძლია გამოიწვიოს ადამიანში არამარტო რაიმე დაავადების განვითარება, არამედ ნაადრევი სიკვდილის პროვოცირებაც

კი შეუძლია. მაგალითად, ღამის საათებში თვითმფრინავის ხმაური აუცილებლად იწვევს არტერიული წნევის რყევას, და ადამიანის გული ვერასდროს შეეგუება ასეთ ექსტრემალურ პირობებს. ხმაურის ზემოქმედება ყველაზე საშიშია ჩაძინებისა და გაღვიძების მომენტებში. მაგალითად, მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ თვითმფრინავის მაღალი დონის ხმაური განსაკუთრებით საშიშია დილით: დღის ამ პერიოდში ასეთი ხმაური ადამიანის გულის შეკუმშვათა სიხშირის აჩქარებას იწვევს.

ხმაური და ვიბრაცია ყველაზე საშიში ფაქტორია, რომელიც აზიანებს გარემოს. დიდ ქალაქებში მაცხოვრებელთა 60%-ზე მეტი უჩივის ძალიან მაღალ ხმაურს. ხმაური და ვიბრაცია მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტზე, სისხლის წნევაზე, იწვევს თავბრუსხვევას, კიდურების დაბუყებას, სახსრებისა და სისხლძარღვების დაავადებებს.

ხმაური მძლავრი ემოციური და ფსიქოლოგიური ფაქტორია. ძლიერი ხმაურის ხანმოკლე მოქმედებამაც კი შეიძლება გამოიწვიოს ძლიერი სტრესი: ძლიერი თავის ტკივილი, ძლიერი გადაღლა, ასევე მნიშვნელოვან დატვირთვას ახდენს ადამიანის ნერვულ სისტემაზე მცირე ხმაურიც (50-60დბ), მოქმედებს რა მასზე ფსიქოლოგიურად.

ხმაურის მავნე მოქმედება მით უფრო ძლიერადაა გამოხატული, რაც უფრო ძლიერია და ხანგრძლივი ხმაური. ხმაურით გამოწვეულ პათოლოგიურ ცვლილებათა მთელ კომპლექტს განიხილავენ როგორც “ხმაურის დაავადებას”. ძალიან მაღალი დონის (145 დბ-ზე ზევით) ხმაურის მოქმედებამ შეიძლება ყურის დოლის აფსკის გახეთქვაც კი გამოიწვიოს.

მეტალურგიულ, მანქანათმშენებელ და მისთ საწარმოებში ხმაური ყველაზე გავრცელებული და ერთ-ერთი ძირითადი, ამასთან ძნელად აღმოსაფხვრელი მავნე ფაქტორია. ხმაურის მავნე მოქმედება კიდევ უფრო ძლიერდება იმით, რომ იგი შეხამებულია სხვა პროფესიულ მავნეობებთან. ზოგიერთი მათგანი (მაგ., არადამაკმაყოფილებელი მიკროკლიმატი, ვიბრაცია, ტოქსიკური ნივთიერებები, არახელსაყრელი სამუშაო პოზა, მძიმე ფიზიკური შრომა და სხვ.) კიდევ უფრო აძლიერებს ხმაურის მავნე მოქმედებას.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, სამუშაო ადგილზე ხმაური დასაშვებ ნორმებს არ უნდა აღემატებოდეს.

ხმაურის ნორმირება არის მეცნიერულად დასაბუთებული ზღვრული დასაშვები სიდიდის დადგენა, რომელიც მთელი მუშაობის მანძილზე სისტემატური მოქმედებისას არ იწვევს ადამიანის დაავადებას.

#### **7.4.რისკის ჯგუფები.**

ადამიანებზე ხმაურის მოქმედების ხარისხი არაერთგვაროვანია: ზოგის ჯანმრთელობაზე ხმაური ძლიერად აისახება, ზოგის განწყობაზე – სუსტად. ხმაურით დაბინძურების პირობებში განსაკუთრებით მგრძობიარეა მოსახლეობის ისეთი ჯგუფები, როგორცაა: ბავშვები; ადამიანები ქრონიკული დაავადებებით; მოხუცები; დღისა და ღამის ცვლებში მონაცვლეობით მომუშავე ადამიანები; ხმაურიან რაიონში ისეთ სახლებში მაცხოვრებლები, რომელთაც არა აქვთ ბგერაიზოლაცია.

მეცნიერებმა დაადგინეს აგრეთვე, რომ თვითმფრინავის მიერ წარმოქმნილი ხმაური ზრდის გულის შეტევით სიკვდილის რისკს. თუ ადამიანი ყოველდღიურად განიცდის 60 დბ ხმაურის ზემოქმედებას, რისკი იზრდება 30%-ით, ხოლო ამაღლებული ხმაურის მოქმედების ზონაში 15 წლის განმავლობაში ცხოვრებისას 50%-ით იზრდება. რისკი დამოკიდებულია არახელსაყრელ ზონაში ცხოვრების ხანგრძლივობაზე და ხმაურის ზემოქმედების ძალაზე.

ქალები უფრო ძნელად იტანენ ძლიერ ხმაურს, ვიდრე მამაკაცები. გარდა ამისა, ხმაურისადმი მგრძობიარობა დამოკიდებულია ასაკზე, ტემპერამენტზე, ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე, გარემო პირობებზე და ა.შ.

ხმაურის მოქმედებისადმი განსაკუთრებით მგრძობიარენი არიან ასაკოვანი პირები; ასე, 27 წლამდე ხმაურზე რეაგირებს ადამიანების ~ 46%, 28-37 წლის ასაკში 57%, 38-57 წლის ასაკში ~ 62, ხოლო 58 წლის ასაკში 72%.

რისკი დამოკიდებულია არახელსაყრელ ზონაში ცხოვრების ხანგრძლივობაზე და ხმაურის ზემოქმედების ძალაზე.

**ყოფა-ცხოვრებაში** ხმაური ხელს უშლის ადამიანის დასვენებას, განსაკუთრებით ძილის დროს, როდესაც ხდება ნერვული სისტემის ფუნქციების აღდგენა.

ცნობილია, რომ მძინარე ადამიანის ნერვული სისტემა აგრძელებს ბგერებზე რეაგირებას და ძილის დროსაც იღებს ინფორმაციას გარემოს მდგომარეობაზე. ხმაურის (განსაკუთრებით ღამის) მაღალმა დონემ დროთა განმავლობაში შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანის ფსიქიკის დაზიანება. ფსიქიკაზე ხმაურის უარყოფითი გავლენის პირველი სიმპტომებია გაღიზიანებულობა და ძილის დარღვევა. ამდენად ძალიან დიდ მნიშვნელობას იძენს ღამის საათებში ქალაქის ხმაურის ფონი. ქალაქის მოსახლეობა დროის მნიშვნელოვან ნაწილს საცხოვრებელი სახლების ტერიტორიაზე ატარებს. საცხოვრებელ ოთახებში ხმაურის ზღვრული დასაშვები ჯამური დონეა 30 დბ, ხოლო მიკრორაიონების, საცხოვრებელი კვარტალის, დასასვენებელ მოედნებზე და საცხოვრებელი სახლის უშუალოდ მიმდებარე ტერიტორიაზე - 40 დბ.

თანამედროვე ქალაქებში წლიდან წლამდე იზრდება ხმაურის დონე, რაც არსებითად აისახება ქალაქის მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე.

**ხმაურის ნორმირება.** დროებითი სანიტარიული ნორმებითა და წესებით წარმოებაში დადგენილია სამუშაო ადგილებზე ხმაურის დასაშვები დონეები: დაბალსიხშირული კლასისათვის 90 – 100 დბ.

საშუალოსიხშირული კლასისათვის 85 – 90 დბ.

მაღალსიხშირული კლასისათვის 75 – 85 დბ.

**ლაპარაკის გარჩევა დამაკმაყოფილებელი უნდა იყოს**

## მოლაპარაკესაგან 1,5 მეტრის დაშორებით.

სამუშაოს ხასიათისა და დაძაბულობის მიხედვით ხმაურის დასაშვები ნორმები სხვადასხვაა. მაგალითად, მართვის პოსტის ოპერატორისათვის, რომელიც მუშა კავშირს ამყარებს ტელეფონით, ხმაურის ზღვრული დასაშვები დონე ყველა სიხშირის ხმაურის შემთხვევაში 20 დბ-ით დაბალია, ვიდრე საწარმოო შენობაში.

იმპულსური და ტონალური ხმაურისათვის სიხშირის მთელ დიაპაზონში ხმაურის დასაშვები დონე 5 დბ-ით დაბალია, ვიდრე ფართოზოლიანი ხმაურისათვის.

ითვლება, რომ საუბრის დროს ფრაზების სრულად გარჩევისათვის შემშლელი ხმაურის დონე დაახლოებით 10 დეციბელით დაბალი უნდა იყოს საუბრის ბგერების დონესთან შედარებით. გაკვეთილებზე, სადაც ხდება რთული ინფორმაციის ათვისება, საუბრის დონესა და ხმაურის დონეს შორის სხვაობა არ უნდა იყოს 20 დბ-ზე ნაკლები.

ხმაურის კონტროლი ხდება სპეციალური ხელსაწყოებით – ხმაურმზომებით, რომლებიც ზომავენ ხმაურის დონეს (ინტენსიურობას) და ხმაურის ანალიზატორებით, რომლებიც საზღვრავენ მის სპექტრს.

აკუსტიკური კვლევის შედეგად აღგენენ საწარმოს ხმაურის რუქას, რომელიც საწარმოში მოწყობილობა-დანადგარების სწორად განაწილებისა და მომსახურე პერსონალისათვის კომფორტული დასვენების ადგილების შექმნის საშუალებას იძლევა.

**დეციბელები.** ბგერა შეიძლება შედგებოდეს მხოლოდ სუფთა ტონისგან, მაგრამ უფრო ხშირად ის წარმოადგენს სხვადასხვა დონის (ხმამაღლობის) და სიმაღლის (მაღალი და დაბალი სიხშირე) მრავალი ტონის შეხამებას. ხმაურის დონე იზომება დეციბელებში, სიმაღლე – ჰერცებში. თუ ადამიანს ეჩვენება, რომ ბგერა აწუხებს, ეს არ არის მხოლოდ ხმამაღლობის ბრალი. ბგერის სიმაღლაც მნიშვნელოვანი ფაქტორია. მაღალი ტონები უფრო აღიზიანებს, ვიდრე დაბალი. სუფთა ბგერებმა შეიძლება უფრო ძლიერი გაღიზიანება და სმენის დაზიანება გამოიწვიოს, ვიდრე რთულმა ტონებმა.

სხვადასხვა წყაროს ხმაური ერევა ერთმანეთს. ხმაურის წყაროს რაოდენობის გაზრდით ხმაურის საერთო დონე ნებისმიერ ადგილზე იზრდება. დეციბელების სკალის მახასიათებლის სპეციფიურობა იმაში მდგომარეობს, რომ

არ ხდება ხმაურის დონეთა პირდაპირი შეჯამება. მაგალითად, ხმაურის ორი სხვადასხვა წყარო, თითოეული ხმაურის დონით 80 დბ ერთად იძლევა 83 დბ-ს და არა 160 დბ. მეორე მნიშვნელოვანი მახასიათებელია ის, რომ 80 დბ-დან 83 დბ-მდე ცვლილება ყურით ისევე ძლიერ აღიქმება, როგორც 40-დან 43 დბ-ზე გადასვლა. 3 დბ-ით ცვლილება ხმაურის აღქმაზე ყოველთვის ასე იმოქმედებს ხმაურის საწყისი დონისგან დამოუკიდებლად. როდესაც ლაპარაკია ხმაურის დონის შემცირებაზე 90-დან 80 დბ-მდე, შეიძლება უმნიშვნელოდ მოგვეჩვენოს, მაგრამ ეს იგივე ეფექტს იძლევა, როგორსაც საამქროდან 10 ხმაურიანი დაზვიდან 9 დაზვის გატანა.

### 7.5. ხმაურის წყაროები

ხმაური გარემო ფაქტორებიდან ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული და მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ხმაურის დისკომფორტს ყოველდღიურად განიცდის დიდი ქალაქების მოსახლეობის ნახევარზე მეტი. ამდენად, აკუსტიკური დატვირთვა განიხილება როგორც მოსახლეობის ჯანმრთელობის რისკის გლობალური ფაქტორი.

ხმაურის წყარო შეიძლება იყოს როგორც ბუნებრივი, ისე ხელოვნური (ანტროპოგენული) წარმოშობის.

ბუნებრივი ხმაური, რიგორცაა ფოთლების ჩუმი შრიალი, ნაკადულის რაკრაკი, ჩიტების ჭიკჭიკი, წყლის მსუბუქი თქაფუნი და მოქცევის ხმა, ყოველთვის სიამოვნებს ადამიანს. ის აწინარებს, უხსნის სტრესს. ეს მოვლენა გამოიყენება სამკურნალო დაწესებულებებში, ფსიქოლოგიური განტვირთვის კაბინეტებში. გამაღიზიანებელი ხმაური ბუნებაშიც არსებობს (აბიოტიკური და ბიოტიკური), თუმცა მათი დაბინძურებად ჩათვლა არასწორია, რამდენადაც ევოლუციის პროცესში მოხდა ცოცხალი ორგანიზმების ადაპტაცია ამ ხმაურთან.

ბუნების ხმების ბუნებრივი უღერადობა თანდათანობით სულ უფრო იშვიათი ხდება, ქრება ან შთაინთქმება სამრეწველო, ტრანსპორტის და სხვა ხმაურებით.

ადამიანმა შექმნა უამრავი მუდმივი და არამუდმივი ანტროპოგენული ხმაურის წყარო:

სტაციონარული (სამრეწველო საწარმოები);

მოძრავი, ანუ მობილური (საავიაციო, საავტომობილო, რკინიგზის ტრანსპორტი, მეტრო, მეტროპოლიტენის მიწისზედა ხაზები);

შიგაკეარტალური ( საყოფაცხოვრებო მომსახურების დაწესებულებები, მაღაზიები, ბაზრები, საბავშვო მოედნები და მისთ.);

სახლის შიგა ხმაური (საყოფაცხოვრებო).

ბგერული დიაპაზონის აკუსტიკური რხევები იყოფა დაბალსიხშირულ (350 ჰც-ზე ნაკლები), საშუალოსიხშირულ (350-დან 800 ჰც-მდე), მაღალსიხშირულ (800 ჰც-ზე ზევით). რხევის დაბალ სიხშირის დროს ბგერა აღიქმება როგორც დაბალი ბგერა, მაღალი სიხშირის ბგერა – როგორც მაღალი ბგერა.

ძლიერი ხმაურით გამოწვეული სმენის დაზიანება დამოკიდებულია ბგერითი რხევების სპექტრზე და მისი ცვლილების ხასიათზე. პირველ რიგში ადამიანს ცუდად ესმის მაღალი ბგერები, შემდეგ კი თანდათანობით- დაბალიც.

სპექტრალური მახასიათებლების მიხედვით ხმაური შეიძლება იყოს ფართოხოლიანი – რეაქტიული ძრავის ხმაური, ტონალური – ელექტრული ხერხის ხმაური. მუდმივ ხმაურად ითვლება ისეთი ხმაური, რომლის დონე 8 საათიანი სამუშაო დღის განმავლობაში 5 დბ-ზე მეტად არ იცვლება. ცვალებადია ხმაური, როცა ცვლილებები 5 დბ-ს აღემატება. მაგალითად, სატრანსპორტო ნაკადის ხმაური. წყვეტილი ხმაურია – ბალონიდან შეკუმშული აირის წყვეტილად გამოშვება. იმპულსურია 1 წამის ხანგრძლივობის ბგერითი იმპულსები – იმპულსურ რეჟიმში მომუშავე ავრეგატების და მანქანების ხმაური.

### 7.5.1. ქალაქის ხმაურის წყაროები

ხმაური ისეთი ფაქტორი გახდა, რომლის იგნორირება ქალაქმშენებლობაში უკვე აღარ შეიძლება. ქალაქის ხმაური შედგება ძირითადად ქალაქის ტრანსპორტის, სამრეწველო საწარმოების და საყოფაცხოვრებო ხმაურისაგან, რომელთაგან მაღომინირებელია ტრანსპორტის ხმაური.

**ტრანსპორტის ხმაური.** ქალაქის სამოსახლო ტერიტორიაზე ყველაზე ინტენსიური ხმაურის წყაროა საავტომობილო, განსაკუთრებით სატვირთო ტრანსპორტის მოძრაობის მაგისტრალი. სამრეწველო რაიონებშიც კი ხმაურის ყველაზე შესამჩნევი წყაროს ტრანსპორტი. სატრანსპორტო საშუალებებით წარმოქმნილი ხმაურის დონე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ძრავის მუშაობის რეჟიმზე, ეკიპაჟის ტექნიკურ მდგომარეობაზე, გზის საფარის ხარისხზე და მოძრაობის სიჩქარეზე. ავტომობილის და გზის საფარის ცუდი ტექნიკური



მდგომარეობის, საგზაო მოძრაობის ცუდი ორგანიზების და სატრანსპორტო სასუალებების მართვის დაბალი დონის გამო მაღალია ხმაურის დონე.

საავტომობილო გზატკეცილის ხმაური ძლიერ გავლენას ახდენს გზატკეცილის გასწვრივ მდებარე სახლების მაცხოვრებლებზე. გზატკეცილის ხმაური არის უწყვეტი ხმაური, რომელსაც ადამიანები დიდხანს ვერ ეგუებიან, მაგრამ როცა შეეგუებიან – დიდხანს ვერ ჩერდებიან სიჩუმეში. გარდა ამისა, ტრანსპორტის (მათ შორის რკინიგზისა და მეტროს) მოძრაობა იწვევს სახლების ვიბრაციას, რაც ხელს უწყობს მათ ნგრევას, აგრეთვე სათავსებში მუდმივად არის მტვერი. ყველაფერ ამასთან, ასეთი სახლების ბინადართ დაზიანებული აქვთ ნერვული სისტემა.

თანამედროვე ქალაქებში ხმაურის მნიშვნელოვანი წყაროა რკინიგზა. სხვადასხვა მატარებლის ხმაურის დონე მაღალ მნიშვნელობებს (90-94 დბ) აღწევს; ამასთან, ხმაურის ყველაზე მაღალი დონე შეიმჩნევა 200-2000 ჰც სიხშირის დიაპაზონში. სარკინიგზო სატრანსპორტო სასუალებების მოძრაობისას აღძრული ხმაური უარყოფითად მოქმედებს როგორც გარემოს ტექნიკურ მდგენელზე, ისე ადამიანებზე და ცხოველებზე. ხმაური ახლავს აგრეთვე წყლის ტრანსპორტის მოძრაობას. ზოგიერთი ნავის ძრავის ხმაურის დონე 100 დბ-ს აღჭარბებს, რომელიც ნეგატიურად მოქმედებს როგორც ხომალდის ეკიპაჟის წევრებზე, ისე ხომალდის გარემომცველ არეზე და და წყლის ეკოსისტემაზე.

**შიგაკვარტალური ხმაური.** ქუჩის ხმაურთან ერთად საცხოვრებელ კვარტალში წარმოიქმნება საკუთარი, ე.წ. შიგაკვარტალური ხმაური, რომლის ძირითადი წყაროებია: ლაპარაკი, ყვირილი, სიმღერა, ბავშვების თამაშის ხმაური, ავეჯის და ტანსაცმლის გაფერთხვის ხმაური და ა.შ. გარდა ამისა, ხმაური ახლავს კვარტალის ტერიტორიაზე ავტომანქანების შემოსვლას, მაღაზიის საწყობების წინ ჩატვირთვა-გადმოტვირთვის ოპერაციას, ნაგვის შეგროვებას და გატანას. ამ სამუშაოთა ნაწილი სრულდება დამის საათებში.

შიგაკვარტალური ხმაურის დონე ხშირად ძალიან მაღალია. ასე, მაგალითად, სატვირთო და ნაგავსაყრელი მანქანების მოძრაობისას აღიძვრება ხმაური, რომლის დონე 88-95 დბ-ს აღწევს, სპორტული თამაშების და ბავშვების თამაშის დროს – 92-95 დბ-ს, მაღაზიებთან ტარის დატვირთვისას და საქონლის გადმოტვირთვისას -84 დბ-ს.

## 7.5.2. ხმაურის ანტროპოგენული წყაროები

ხმაურის ერთ-ერთი მძლავრი წყაროთაგანი არის ვერტმფრენი და თვითფრინავი, განსაკუთრებით ზებგერითი. თანამედროვე თვითფრინავის მართვის სიზუსტისა და საიმედოობის მაღალი მოთხოვნების პირობებში, რომელიც წაყენებული აქვს საფრენი აპარატის ეკიპაჟს, ხმაურის ამადლებული დონე უარყოფითად მოქმედებს ეკიპაჟის შრომისუნარიანობაზე და მის მიერ ინფორმაციის მიღების სიჩქარეზე. თვითფრინავების მიერ შექმნილი ხმაური იწვევს სმენის გაუარესებას და სხვა ავადმყოფურ მოვლენებს აეროპორტის სამსახურის თანამშრომლებში, აგრეთვე იმ დასახლებული პუნქტების მოსახლეობაში, რომლის თავზეც ფრენენ თვითფრინავები. მეცნიერებმა დაასკვნეს, რომ თვითფრინავის ხმაური ნამდვილად ზრდის გულის შეტევით სიკვდილის რისკს.

ადამიანებზე უარყოფითი ზემოქმედება დამოკიდებულია არამარტო თვითფრინავის ფრენის დროს წარმოქმნილი მაქსიმალური ხმაურის დონეზე, არამედ მისი მოქმედების ხანგრძლივობაზე, დღე-ღამის განმავლობაში ფრენათა საერთო რიცხვზე და ხმაურის ფონურ დონეზე.

ხმაურის ინტენსივობაზე და გავრცელების ფართზე არსებით გავლენას ახდენს მეტეოროლოგიური პირობები: ქარის სიჩქარე, მისი და ჰაერის ტემპერატურის განაწილება სიმაღლისმიხედვით, ღრუბელი და ნალექები.

ხმაურის პრობლემამ განსაკუთრებულად მწვავე ხასიათი მიიღო ზებგერითი თვითფრინავების ექსპლუატაციასთან დაკავშირებით. მასთან არის დაკავშირებული ხმაური, ბგერითი დარტყმა და ვიბრაცია აეროპორტის მახლობლად საცხოვრებელი სახლების. თანამედროვე ზებგერითი თვითფრინავები წარმოქმნიან ხმაურს, რომელთა ინტენსივობა მნიშვნელოვნად აღემატება ზღვრულ დასაშვებ ნორმებს.

ქალაქში და საცხოვრებელ შენობებში გავრცელებული ხმაურის წყაროა ტრანსპორტი, სამრეწველო მოწყობილობები, სანიტარიულ-ტექნიკური დანადგარები და მოწყობილობები და სხვა. ქალაქის მაგისტრალზე და მიმდებარე ტერიტორიებზე ხმაურის დონემ შეიძლება 70 – 80 დბ-ს მიაღწიოს, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში 90 დბ-საც კი გადააჭარბოს. კიდევ უფრო მაღალია ხმაურის დონე აეროპორტების მიმდებარე რაიონებში.

ქალაქებში ხმაურით დაბინძურების დონე შეიძლება ძალიან გაიზარდოს არასწორი ქალაქგეგმარების (მაგალითად, ქალაქის ფარგლებში აეროპორტის განლაგება) შედეგად. ტრანსპორტის ( ხმაურით დაბინძურების 60-80%) გარდა ქალაქებში ხმაურით დაბინძურების მნიშვნელოვანი წყაროა სამრეწველო საწარმოები, სამშენებლო და სარემონტო სამუშაოები, ავტომობილების სიგნალიზაცია, ძაღლების ყევა, ხმაურიანი ადამიანები და სხვ. მარალი დონის ხმაურია თანამედროვე ადამიანის საცხოვრებელ ბინაშიც. ასეთი ხმაურის წყაროა საყოფაცხოვრებო და საოფისე ტექნიკა. ევროპის მოსახლეობისნახევარზე მეტი ცხოვრობს რაიონებში, სადაც ხმაურის დონე 55-70 დბ-ს აღწევს.

ხმაურის ანტროპოგენული წყაროებიდან მნიშვნელოვანი ხმაური ახასიათებს რკინიგზის ტრანსპორტს. მატარებლის ხმაური ნეგატიურად მოქმედებს ადამიანზე, პირველ რიგში ძილის დარღვევით, ავადმყოფური მდგომარეობის შეგრძნებით, ქცევაში ცვლილებებით, სამკურნალო პრეპარატების გამოყენების გაზრდით და ა.შ. ძილზე გავლენას ახდენს არამარტო ხმაურის დონე, არამედ ხმაურის წყაროთა რაოდენობა. მატარებლის ხმაურის აღქმა დამოკიდებულია საერთო ხმაურის ფონზე. ასე, ქალაქის საქარხნო გარეუბნებში მატარებლის ხმაური ნაკლებად მტკივნეულად აღიქმება, ვიდრე საცხოვრებელ კვარტალებში. ვაგზლის, განსაკუთრებით დამახარისხებელი სადგურის ხმაური უფრო ნეგატიურად მოქმედებს, ვიდრე ჩვეულებრივი მატარებლების მოძრაობის ხმაური. რკინიგზის ხმაური ახშობს ადამიანის ხმას, ხელს უშლის ტელე- და რადიოგადაცემების მოსმენას. რკინიგზის ხმაურის დამახასიათებელია ხმაურის ეფექტის ხანგრძლივობა. რკინიგზის ხმაური შეიძლება გახდეს სტრესული მდგომარეობის მიზეზი, რომელიც იწვევს ცენტრალური და ვეგეტატიური ნერვული სისტემის აქტივობის გაზრდას. სამგზავრო და მით უმეტეს საბარგო მატარებლის გამოჩენამდე დიდიხნით ადრე ისმის დამახასიათებელი სპეციფიური ხმაური. რკინიგზის ხმაური მთელი ხაზის გასწვრივ ნეგატიურად მოქმედებს ადამიანებზე, ცხოველთა სამყაროზე და მცენარეებზეც კი.

მატარებლის ხმაური შედგება ლოკომოტივისა და ვაგონების ხმაურისაგან.

ხის შპალებზე დაწყობილ რელსებზე 70-80 კმ/სთ სიჩქარით მატარებლის მოძრაობისას ბორბლებთან ბგერული წნევა 125-130 დბ-ს აღწევს, ხოლო

რკინაბეტონის შპალებზე დაწყობილ რელსებზე-მხოლოდ 1-2 დბ-ით მეტს. მოძრაობის სიჩქარის 1 კმ/სთ-ით გაზრდისას ხმაურის დონე იზრდება სამგზავრო მატარებლისთვის 0,37 დბ-ით, სატვირთო მატარებლისათვის 0,3 დბ-ით. 50-60 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობისას სამგზავრო, სატვირთო და ელექტრომატარებლების ხმაურის დონე 90-92 დბ-ს შეადგენს.

ხმაურით დაბინძურების შემცირების თვალსაზრისით პერსპექტიულია ჩქაროსნული ეკოლოგიურად სუფთა მიწისზედა ტრანსპორტის დანერგვა და განვითარება.

ცხრილი №5

ბგერული წნევის და დონის ჰიგიენური ნორმები

სამუშაო ადგილი	ბგერითი წნევის დონეები დბ, ოქტავურ ზოლში საშუალოგეომეტრიული სისშირეებით, ჰც								ბგერის დონე, დბ
	11	63	125	500	1000	2000	4000	8000	
საკონსტრუქტორო ბიუროს, პროგრამისტების, ლაბორატორიის სათავსები	86	71	61	49	45	42	40	38	50
მართვის სათავსები, სამუშაო ოთახები	93	79	70	68	55	52	50	49	60
დისტანციური მართვის სათავსი	103	94	87	82	75	73	71	70	80
სათავსები გამომთვლელ მანქანათათვის და ხმაურიანი აგრეგატებისათვის	107	94	87	78	75	73	71	70	80
მუდმივი სამუშაო ზონები და ადგილები	110	99	92	86	80	78	76	74	85

### 7.6. ხმაურის გავრცელება ატმოსფეროში

ხმაურის წყაროს მიერ ღია ცისქვეშ შექმნილი ბგერითი წნევის დონე დამოკიდებულია წყაროს მახასიათებლებზე, დაკვირვების ობიექტის მდებარეობაზე, მეტეოროლოგიურ პირობებზე.

ქალაქის ატმოსფეროში ხმაურის გავრცელება დამოკიდებულია გარემოს მთელ რიგ საერთო და სპეციფიკურ ფაქტორებზე. საერთო ფაქტორების ქვეშ იგულისხმება ხმაურის წყაროდან დაშორება და საჰაერო გარემოს გავლენა, ხოლო სპეციფიკური ფაქტორების ქვეშ შენობა-ნაგებობები, მწვანე ნარგავები, ნიადაგის საფარი, აგრეთვე ბგერის გავრცელების გზაზე ხმაურის მაკრანირებელი მოწყობილობა.

განაშენიანებულ სივრცეში ბგერა არათანაბრად მიიღევა. ბგერაგაუმტარი ზღუდე (კედელი, შენობა, მიწაყრილი) აირეკლავს და გააბნევს მასზე დაცემულ ბგერით ტალღებს. თუ ზღუდის ზომები ბგერითი ტალღის სიგრძეს აღემატება, მაშინ მის უკან წარმოიქმნება ე.წ. “ბგერის ჩრდილი”. შენობის მიერ ბგერითი ტალღების არეკვლის შედეგად ხმაურის წყაროს სიახლოვეს ბგერის დონე იზრდება, ხოლო შენობათა პირველი რიგის უკან ხმაურის დონე მნიშვნელოვნად მცირდება – შენობების მიერ ბგერითი ტალღების ეკრანირების გამო.

ხმაურის წყაროდან დაშორების გაზრდით ეცემა ბგერის ინტენსივობა ბგერითი ენერჯის გაბნევის და ჰაერში მისი შთანთქმის შედეგად.

ხმაურის წყარო შეიძლება იყოს:

-წერტილოვანი (ერთი ავტომობილი, ერთი თვითმფრინავი და ა.შ.); ამასვე შეიძლება მივაკუთვნოთ კვარტალშიდა წყაროები: სპორტული მოედანი, სატყუშპალაო აუზი და მისთ.;

-წრფივი (რკინიგზის მატარებელი);

-ცალკეული წყაროების წყვეტილი რიგი, რომელშიც ჩამწკრივებულია ერთმანეთისგან რაღაც მანძილით დაშორებული წერტილოვანი წყაროები (ქუჩებში და გზებზე საავტომობილო ტრანსპორტის ნაკადი). ვრცელდება რა ატმოსფეროში, ბგერითი ტალღები მიიღევა ბგერითი ენერჯის შთანთქმის შედეგად. ჰაერში ბგერის შთანთქმაზე გავლენას ახდენს: ტემპერატურა, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა, აგრეთვე ბგერის სიხშირე. ბგერის შთანთქმაზე უმნიშვნელო გავლენას ახდენს ნისლი, წვიმა და თოვლი. ჰაერში ბგერის შთანთქმა არსებითია, როდესაც ობიექტსა და ხმაურის წყაროს შორის დიდი მანძილია. მაგალითად, თვითმფრინავიდან, რკინიგზის მაგისტრალიდან სწორ, გაშლილ ადგილზე გავრცელებული ბგერა მნიშვნელოვნად შთანთქმება ჰაერში.

ხმაურის გავრცელებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ქარი, მისი სიჩქარე და მიმართულება. რაც უფრო ძლიერია ქარი, მით უფრო დიდია ბგერითი ენერჯის შესუსტება. ამასთან, უფრო ენერჯიულად მიიღევა ხმაურის მაღალსიხშირული მდგენელები. თუმცა, ქარის გამო სუსტდება ხმაურის დაბალსიხშირული და საშუალოსიხშირული მდგენელებიც (სასუალოდ 4-5 დბ-ით ყოველ 100 მეტრზე).

თუ ქარის მიმართულება ხმაურის გავრცელების მიმართულებას ემთხვევა, ხმაური უმნიშვნელოდ მცირდება ხმაურის წყაროდან 300-400 მ დაშორებითაც კი

(მაღალსიხშირული ბგერის გარდა). რამდენადაც ქარის სიჩქარე დედამიწის ზედაპირიდან სიმაღლეზე იზრდება, ამდენად სიმაღლეზე იცვლება ბგერის გავრცელების სიჩქარეც. ხმაურის გავრცელების სიჩქარე იზრდება ღამის საათებში.

მიწის ზედაპირთან ახლოს ბგერა დამატებით სუსტდება მიწის ზედაპირის მიერ ბგერითი ენერჯის შთანთქმის შედეგად. ბგერის შთანთქმა, როგორც წესი, ხდება ბალახით და ბუჩქებით, აგრეთვე თოვლით.

მწვანე ნარგავები, რომლებიც აჯანსაღებს ბუნებრივ გარემოს, მნიშვნელოვნად შთანთქავს ბგერით ტალღებს.

თუ ბგერების გავრცელების გზაზე იმყოფება მაღალი (არანაკლებ 5 მ) ტყის ნარგავი, მაშინ ბგერა ამ ნარგავებიდან ნაწილობრივ აირეკლება, მრავალჯერად გაიბნევა ხეებზე, შთაინთქმება ფხვიერი ნიჟარით და ფოთლებით. მწვანე ნარგავებში ხმაურის შემცირების ეფექტი დამოკიდებულია ნარგავების ხასიათზე, ხეების და ბუჩქების ჯიშზე, წელიწადის დროზე, აგრეთვე ხმაურის სპექტრულ შემადგენლობაზე, დაბალსიხშირული სპექტრის ხმაურის დონე მნიშვნელოვნად არ იცვლება მწვანე ნარგავების გარემოში გავლისას, რაც იმით აიხსნება, რომ დაბალი სიხშირის ბგერითი ტალღების სიგრძე ბევრად აღემატება წინაღობის ზომებს.

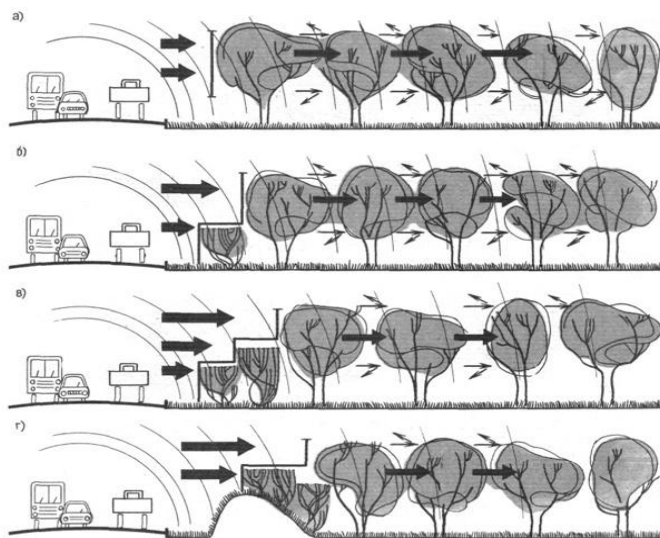
ტრანსპორტის ხმაურისგან დასაცავად ყველაზე ეფექტურია მრავალრიგიანი ნარგავების გამოყენება. საორიენტაციოდ შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ნარგავების ყოველი ერთი რიგი, რომელსაც კარგი ქვეტყე აქვს, სატრანსპორტო ხმაურს 1-1,5 დბ-ით ამცირებს. ხმაურს ყველაზე კარგად წიწვოვანი მცენარეები ამცირებს, რამდენადაც მას უფრო სქელი კრონი აქვს. მაგრამ წიწვოვანი ხეები ცუდად იზრდება ქალაქში, განსაკუთრებით ინტენსიური მოძრაობის ქუჩებში და გზებზე, რამდენადაც ჭუჭყიანი ჰაერი სწრაფად ფარავს ფისიან ნემსებს ჭუჭყის და ჭვარტლის ფენით, რაც საბოლოო ჯამში ხის გახმობას იწვევს.

ქალაქის ქუჩებში და ბულვარებში მწკრივად დარგული ხეები, რომლებსაც კრონიქვეშა ღია სივრცე აქვთ, უმნიშვნელოდ ამცირებს ხმაურს. ბგერა, განსაკუთრებით დაბალსიხშირული, შეუფერხებლად გაივლის ასეთ ნარგავებს შორის, ნაწილობრივ გაიბნევა და შთაინთქმება ხმაურის მხოლოდ მაღალსიხშირული მდგენელები.

ხმაურის შესამცირებლად ნარგავები უნდა იყოს ხშირი კრონით, ერთმანეთთან შემჭიდროებული, ხოლო კრონებს ქვეშ სივრცე აუცილებლად უნდა შეივსოს

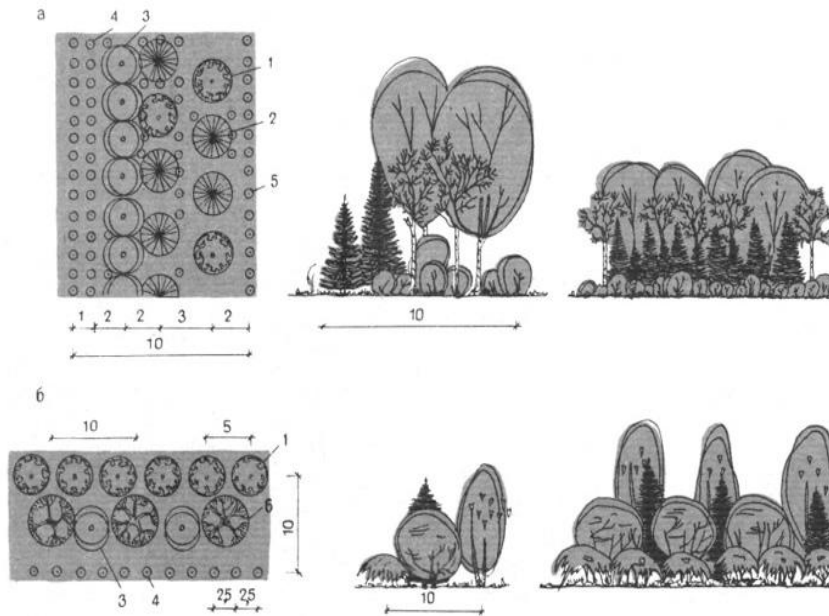
ბუჩქნარით, რათა არ დარჩეს ღრეჩო. მხოლოდ ასეთი ნარგავები იძლევა ხმაურის შემცირების შესაძლებელ ეფექტს.

ამასთან, ხმაურისგან დაცვის მნიშვნელოვანი ეფექტის მიღწევა შესაძლებელია დეკორატიული ბუჩქნარის და ფოთლოვანი ხეების ნარგავებთან 2-3 მ სიმაღლის (ხის კრონამდე) დამცველი კედლის შეხამებით. ხმაურშთანქმის საკმარისი ეფექტის მისაღწევად მწვანე ზოლის სიგანე არ უნდა იყოს 10 მეტრზე ნაკლები. დიდი მნიშვნელობა აქვს ხეების დარგვის ხასიათსაც. ქალაქის პირობებში უფრო მიზანშეწონილია მწკრივობრივი ნარგავი. რიგებს შორის შეიძლება ხეივნის გაყვანა.



ნახ. 28. ხმაურისგან დამცავი მწკრივობრივი ნარგავი

ნარგავების სიმაღლე არ უნდა იყოს 5-7 მ-ზე ნაკლები, რაც დაახლოებით 15-20 წლიან ხეებს შეესაბამება. სხვა თანაბარ პირობებში, რაც უფრო მაღალია ბგერის სიხშირე, მით მეტია ხმაურის შთანქმე მწვანე ნარგავებით.



ნახ. 29. მწვანე ნარგავების ხმაურდამცავი წყობა: **ა** – შერეული ტიპის მჭიდრო ხმაურდამცავი ნარგავი;

**ბ** – ქუჩაში ტრანსპორტის ხმაურისგან დამცავი ნარგავის ტიპი; 1- ფოთლოვანი მაღალი ხეები; 2-საშუალო სიმაღლის და მაღალი წიწვოვანი ხეები; 3- წიწვოვანი დაბალი ხეები; 4- მაღალი ბუჩქნარი; 5 – დაბალი ბუჩქნარი; 6 – საშუალო სიმაღლის ფოთლოვანი ხეები.

ამრიგად, ქალაქში ხმაურის (უპირატესად წერტილოვანი ხმაურის) წყაროსგან დასაცავად მიზანშეწონილია ხეებისა და ბუჩქებისგან შემდგარი მჭიდრო ნარგავები (ორ რიგად). ხეების სიმაღლე უნდა იყოს 7 მ, ზოლის სიგანე 5-6 მ, ხეების წლოვანება 15-20 წელი.

## 7.7. ხმაურისგან დაცვა

### 7.7.1. მოსახლეობის დაცვა ტრანსპორტის ხმაურისგან

შემუშავებულია მრავალი მეთოდი, რომელიც ზოგიერთი ხმაურის შემცირების ან თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა.

რომელიმე ობიექტიდან ხმაურით დაბინძურება შეიძლება გარკვეულწილად შემცირდეს, თუ ამ ობიექტის პროექტის შემუშავების ეტაპზე მოხდება მოდელირება სხვადასხვა გარე პირობების (მაგალითად, ტოპოლოგია და ადგილის მეტეოროლოგიური პირობები), მოსალოდნელი ხმაურის ხასიათის გათვალისწინებით, და ამის შემდეგ მოიძებნება მათი თავიდან აცილების ან



შემცირების გზები. ეს არის ხმაურის შემცირების ყველაზე იაფი და რაციონალური მეთოდი, მაგალითად, ქალაქის ფარგლებში რკინიგზის მშენებლობისას.



ნახ. 30. ქალაქის ქუჩის ხმაური

ტრანსპორტის ხმაურის შემცირება შესაძლებელია ოპტიმალური ქალაქმშენებლობით, რომელიც აუმაჯობებს ქალაქის ქუჩებისა და გზების ქსელში ხმაურის წყაროების მუშაობის პირობებს და რეჟიმს, აშორიშორებს ხმაურის წყაროსა და დაცვის ობიექტს, უკეთებს ეკრანირებას და შთანთქავს ხმაურს. დიდი ქალაქებისათვის რეკომენდებულია ხმაურიანობის რუკების შემუშავება როგორც ცალკეული რაიონებისათვის, ისე მთლიანად ქალაქისათვის. ხმაურიანობის რუკას ადგენენ როგორც მიმდინარე, ისე მომავალი პერიოდისათვის. რუკაზე თვალნათლივ მოჩანს ის ქუჩები და რაიონები, სადაც აუცილებელია ხმაურის შემცირება.

ქალაქის ქუჩების ქსელის განტვირთვისათვის და ტრანსპორტის შეუფერხებელი მუშაობისათვის აუცილებელია სატვირთო, ჩქაროსნული გზების და მაგისტრალური ქუჩების დუბლიორი ქსელის მშენებლობა. მაგალითად, სან-ფრანცისკოში ჩქაროსნული გზის ექსპლუატაციაში შეყვანით მიმდებარე ქუჩებზე სატრანსპორტო მოძრაობა 62,5%-ით შემცირდა, ხოლო ხმაურის დონე – საშუალოდ 4 დბ-ით.

ქალაქის ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიურობის შემცირება და ხასიათის ცვლილება შესაძლებელია აგრეთვე გადაზიდვათა დროის რეგლამენტირებით, განსაკუთრებით ტრანსპორტის ხმაურიანი სახეებისათვის.

ხმაურის წყაროსა და საცხოვრებელ სახლებს, დასასვენებელ ობიექტებს და სპორტულ მოედნებს შორის დარგული მწვანე ნარგავები 5-10%-ით ამცირებს ხმაურის დონეს. ფოთლოვანი ხეების ვარჯი შთანთქამს მასზე დაცემული ბგერითი

ენერჯის 26%-ს. დიდი ქალაქების ტროტუარების გასწვრივ გამწვანებას შეუძლია, სულ მცირე, ორი სახეობის დაბინძურების დონის შემცირება.



ნახ. 31. მეტროს ხმაური

ხშირგარჯიან, კარგად განვითარებულ ბუჩქოვან და ტყის ჯიშებს 30-40 მ სიგანის ნაკვეთზე შეუძლია ხმაურის დონის შემცირება 17-23 დბ-ით, მცირე სკვერებსა და შიგაკვარტალურ ნარგავებს – 4-7 დბ-ით. ტყის დიდი მასივი საავიაციო ძრავის ხმაურის დონეს 22-26%-ით ამცირებს იგივე მანძილით დაშორებულ ღია ადგილთან შედარებით. ბალახის საფარიც ამცირებს ხმაურის დონეს.

ნარგავები მაღალსართულიანი სახლის აივნებზე კარგად ამცირებს სხვადასხვა სახის გამოსხივებას და ხმაურს, რითაც აუმჯობესებს ბინებში ცხოვრების დონეს. მცენარეთა მორწყვა ხდება შენობაზე დადგმული ფოტოელექტრული ელემენტების დახმარებით.

ქალაქის ქუჩების ხმაურიანობა მნიშვნელოვნად მცირდება სპეციალური მოძრავი შემადგენლობის (მეტროპოლიტენის, მოძრავი ტროტუარების, მცირეგაბარიტული ავტობუსების და ა.შ.) გამოყენებით. სატვირთო გადაზიდვები ქალაქში უნდა განხორციელდეს სპეციალური ტიპის ავტომობილებით და ელექტრომობილებით.



ნახ. 32. ვერტიკალური ნარგავები ქალაქის ხმაურის შესამცირებლად

ქალაქის რაციონალური დაგეგმარების ძირითადი პრინციპებია:

ქალაქის ტერიტორიის ფუნქციური ზონირება განაშენიანების დანიშნულებისა და ხმაურის დასაშვები დონეების მიხედვით როგორც ქალაქის, ისე მიკრორაიონის მასშტაბით. მაგალითად, ხმაურიან მაგისტრალზე მიკრორაიონის გაშენებისას ყველაზე რაციონალურია წინა პლანზე მადაზიების, კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დაწესებულებების, ფარეხების და მისთ. განლაგება, მათ უკან საცხოვრებელი სახლების და ბოლოს, საბავშვო ბაგების, კლინიკების, დასვენების ზონების, ხმის ჩამწერი სტუდიების და ა.შ. განლაგება.

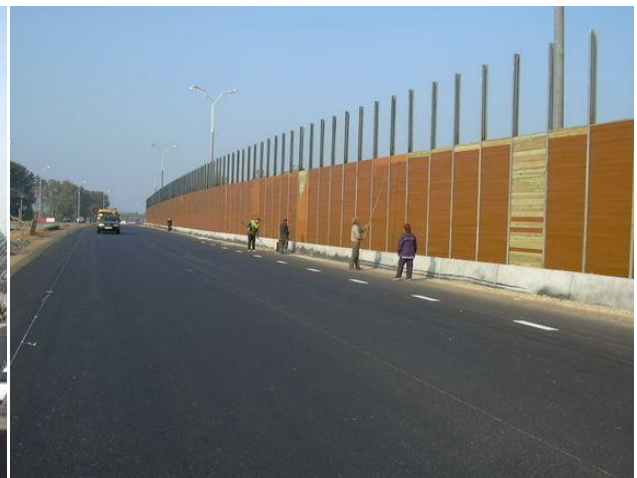
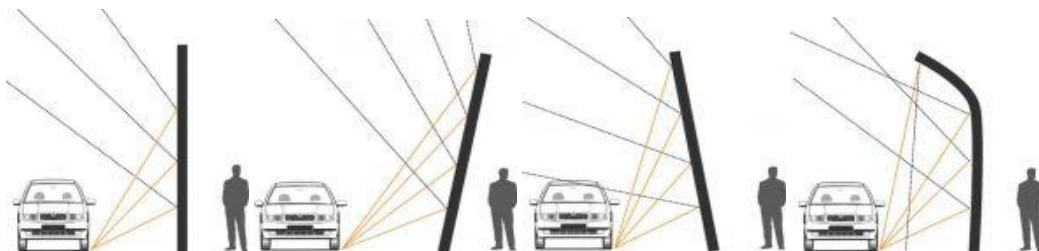


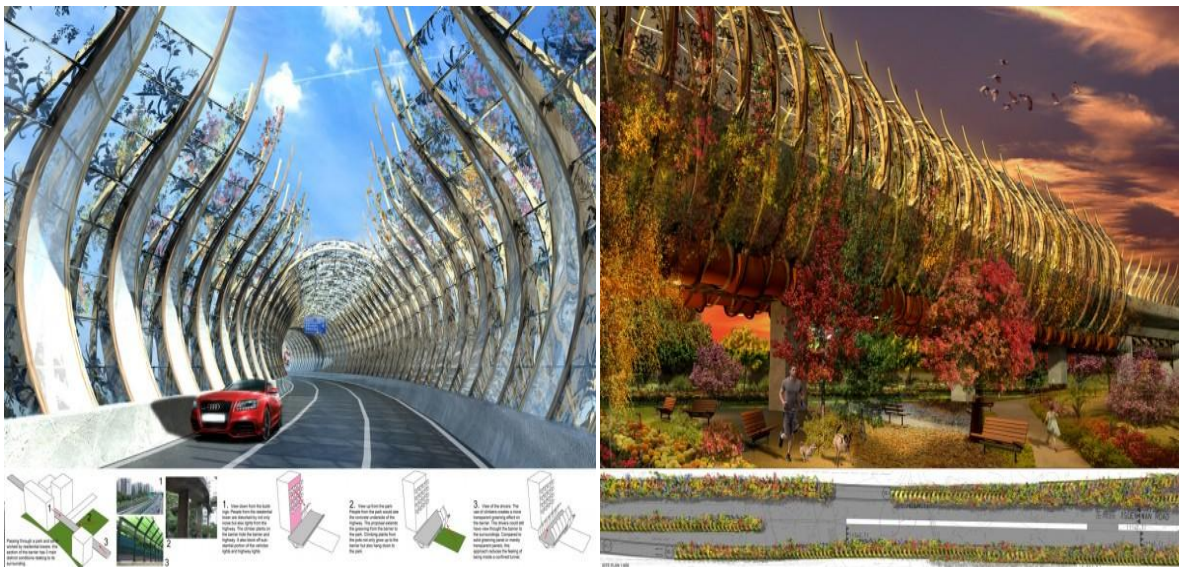
ნახ. 33. საცხოვრებელი შენობების რეკომენდებული განლაგება

დაგეგმარების ასეთი გადაწყვეტის შედეგად საცხოვრებელი შენობები სავალი ნაწილიდან 70-100 მეტრით იქნება დაშორებული, რითაც ბინებში ტრანსპორტის ხმაურის დონე 7-8 დბ-ით მცირდება.

ქუჩებზე საცხოვრებელი შენობების განლაგება სავალი ნაწილისკენ ტორსით. ამით ბინების უმეტესობა მოშორებული აღმოჩნდება ხმაურის წყაროსგან.

სავალი ნაწილის გამყოფ ზოლზე 2-3 მ სიმაღლის კედლის მოწყობა. სატრანსპორტო ხმაურთან ბრძოლის ეს მეთოდი უპირველეს ყოვლისა მისაღებია ძლიერხმაურიან გზებზე და მაგისტრალურ ქუჩებზე. ამასთან, მოძრაობაც უფრო უსაფრთხო ხდება. მაკერანებელი ელემენტები (კედელი, გამწვანების ზოლი, მიწის კავალიერი და მისთ.) 20-25 დბ-ით ამცირებს ხმაურის დონეს. გზისპირა მაკერანებელი ნაგებობის სიმაღლე დამოკიდებულია ხმაურის დონეზე, ხმაურის დასაშვებ დონეზე, ობიექტსა და ხმაურის წყაროს შორის მანძილზე, შენობების სართულიანობაზე. ეკრანის სიმაღლემ შეიძლება 25 მეტრსაც კი მიაღწიოს. თუ ქუჩა ძალიან ხმაურიანი არაა (70 დბ-მდე), გამოიყენება 0,5-1 მ სიმაღლის მიწის კავალიერი. ასეთი ეკრანის ხმაურდამცავი ეფექტი 5-7 დბ-ს აღწევს.

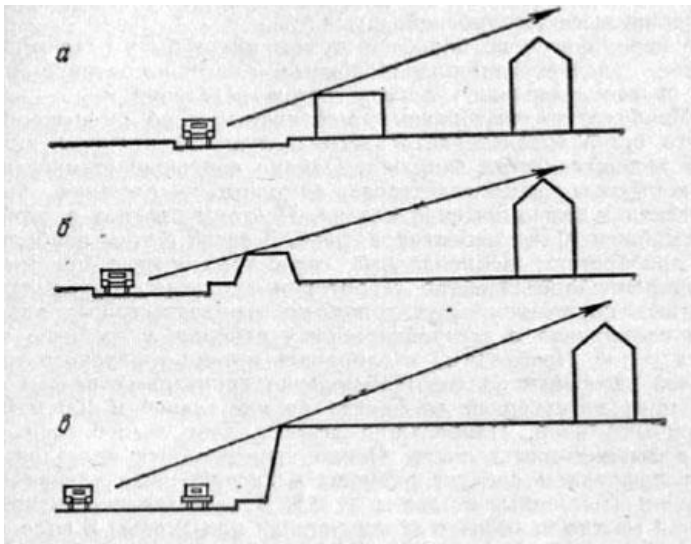




ნახ. 34. ჩქაროსნული გზებისათვის მოწყობილი მაეკრანირებელი ნაგებობები

ჩქაროსნული გზებისათვის მოწყობილი ბუნებრივი და ხელოვნური ხასიათის მაეკრანირებელი ნაგებობები – ნათხარი, კავალიერი, კედელი და მისთ., რომლებიც განლაგებულია უშუალოდ სავალი ნაწილის ახლოს, მნიშვნელოვნად ამცირებს ხმაურს, იზრდება ფეხით მოსიარულეთა და ტრანსპორტის მოძრაობის უსაფრთხოება, იზღუდება სავალი მტვრის და გამონაბოლქვი აირების გავრცელება დასახლებულ ტერიტორიაზე. მაგალითად, ქესენში (გერმანია) საცხოვრებელ უბანში ტრანზიტული ჩქაროსნული მაგისტრალის ხმაურისგან დასაცავად მაგისტრალის გასწვრივ გადის 8 მ სიღრმის ნათხარი, რაც მიმდებარე ტერიტორიაზე აკუსტიკურ კომფორტს უზრუნველყოფს. შტუტგარდში (გერმანია) ტრანზიტული

ავტომაგისტრალის უშუალოდ სიახლოვეს განლაგებულ საცხოვრებელ რაიონში ხმაურისაგან დაცვა მოხერხდა გზის გასწვრივ 8 მ სიმაღლის მიწის კავალიერის აგებით. ამასთან, კავალიერის ნაყარისათვის გამოიყენეს მშენებარე სახლების ქვაბულის გრუნტი, რამაც შეამცირა საცხოვრებელი რაიონის მშენებლობის ხარჯები. შედეგად განაშენიანებაში ხმაური 15-18 დბ-ით შემცირდა. ნებისმიერი მაკრანებელი მოწყობილობის ეფექტურობა მაღალია და შეადგენს 15-25 დბ. მწვანე ნარგავები 6-12 დბ ფარგლებში შეუძლიათ ხმაურის შემცირება.



ნახ. 35. ტრანსპორტის ნაკადის ხმაურის შემცირება:

- a** — ნაგებობის დახმარებით;
- ბ** — მიწაყრილის (კავალიერის) დახმარებით;
- გ** — ფერდოს დახმარებით.

ოპტიმალურად უნდა ჩაითვალოს ისეთი გადაწყვეტა, რომელშიც არ მოხანს მისი უტილიტარული ხმაურდამცველი დანიშნულება. მაგალითად, მიწის კავალიერი შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც ბოქსური ტიპის მიწისქვეშა ავტოფარეხი ან როგორც კარგად გამწვანებული ხელოვნური რელიეფი. მაგალითად, ქ. შტუტგარდში მცირე არქიტექტურული ფორმებით შემკული თვალწარმტაცი გორაკების დახმარებით გადაიჭრა ქუჩიდან და ვაგზლიდან შემოჭრილი ხმაურისგან ქალაქის პარკის იზოლაციის პრობლემა.

ხმაურისაგან მოსახლეობის დაცვის მიზნით ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ შეიმუშავა მთელი რიგი ღონისძიებები. მათ შორის:

1.სარემონტო და სამშენებლო სამუშაოების შესრულების აკრძალვა 23.00-დან 7.00-ვდე;

2. ტელევიზორების, მუსიკალური ცენტრების, რადიომიმღებების და ხმის გამაძლიერებელი სხვა მოწყობილობის მაღალ ხმაზე ჩართვისაკრძალვა( აღნიშნული კანონი ვრცელდება ავტომობილებზეც და საცხოვრებელი სახლების მახლობლად მდებარე ღია საზოგადოებრივ დაწესებულებებზეც.

ყველაზე მეტად ხმაურისაგან დაცვას საჭიროებს ჰოსპიტალი, საავადმყოფო, დსპანსერი, სანატორიუმი, დასასვენებელი სახლი, პანსიონატი, ბავშვებისათვის ინტერნატი, მოხუცებულებისა და ინვალიდების სახლები, სასტუმრო, საერთო საცხოვრებელი, საბავშვო ბაღი, სკოლა და სხვა საგანმანათლებლო დაწესებულება.

მთელ რიგ ქვეყნებში დადგენილია ხმაურის ზღვრული დასაშვები დონე საწარმოებისათვის, ცალკეული მანქანებისათვის, სატრანსპორტო საშუალებებისათვის. მაგალითად, საერთაშორისო ხაზებზე დაიშვება თვითმფრინავები, რომელთა ხმაური არ აღემატება დღისით 112 დბ-ს და ღამით 102 დბ-ს. 1985 წლის მოდელებიდან დაწყებული ხმაურის მაქსიმალური დასაშვები დონე დადგენილია : მსუბუქი ავტომობილებისათვის 80 დბ, ავტობუსებისა და სატვირთო ავტომობილებისათვის მასისა და ტევადობის შესაბამისად 81-85 დბ და 81-88 დბ.

განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს პლეერი და დისკოტეკები მოზარდებისათვის. სკანდინავიელი მეცნიერები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ ყოველ მოზარდს ესმის ცუდად, თუმცა ყოველთვის ვერ ხვდება ამას. სმენის დაქვეითების მიზეზია გადასატანი პლეერების ბოროტად გამოყენება და დისკოტეკაზე ხანგრძლივად ყოფნა. ჩვეულებრივ, დისკოტეკაზე ხმაურის დონე 80-100 დბ-ს აღწევს, რაც ინტენსიური ქუჩის ან 100 მ დაშორებით ტურბორეაქტიული თვითმფრინავის აფრენის ხმაურის დონის შესადარია. პლეერის ბგერის ხმამაღლობა 100-114 დბ-ს შეადგენს . თითქმის ასე გამაყრუებლად მუშაობს სანგრევი ჩაქუჩი.

ჯანმრთელი ყურის დოლის აფსკს პლეერის 110 დბ ხმამაღლობის ატანა მაქსიმუმ 1,5 წუთის განმავლობაში შეუძლია.

გონებრივი მუშაობის დროს ძალიან დაბალი ხმამაღლობის დონეც კი ხელს უშლის ყურადღების კონცენტრირებას.

ბევრის ხმამაღლობის ზრდისას ორგანიზმი სტრესის ბევრ ჰორმონს გამოიმუშავებს, მაგალითად, ადრენალინს. ამასთან ვიწროვდება სისხლძარღვები, შენელებულია ნაწლავების მუშაობა. შემდეგში ამას შეიძლება მოჰყვეს გულის მუშაობის და სისხლის მიმოქცევის დარღვევა. ეს გადატვირთვა ხშირად ინფარქტის მიზეზი ხდება. სმენის დაქვეითების პირველ სიმპტომს “წვეულების ეფექტს” უწოდებენ. ხალხმრავალ საღამოზე ადამიანი ვერ არჩევს ხმებს, არ ესმის, რატომ იცინის ყველა. ის გაურბის ხალხმრავალ შეხვედრებს, რასაც ის მიჰყავს სოციალური იზოლაციისაკენ. ბევრი ადამიანი სმენის დაკარგვის გამო დეპრესიაში ვარდება.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემების მიხედვით მინიმუმ ყოველი მეხუთე ევროპელი შეწუხებულია ღამის საათებში ხმაურის მოქმედებით.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ დამტკიცებული სტანდარტების თანახმად ღამის საათებში ხმაურის დონე არ უნდა აღემატებოდეს 40 დბ-ს. ხმაურის ასეთი დონე შეიძინევა ჩვეულებრივ წყნარი რაიონის საცხოვრებელ კვარტალებში.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია მივიდა დასკვნამდე, რომ ხმაურთან ბრძოლა უნდა იყოს კომპლექსური: ხმაურის წყაროთა რაოდენობის შემცირებითა და ერთდროულად დარჩენილი ობიექტების ხმაურის დონის შემცირებით.

ხმაურთან ბრძოლის ეფექტურობის ასამაღლებლად ევროკავშირმა ევროპის ქვეყნებს შესთავაზა წინადადება— რუკის შედგენა ხმაურით ყველაზე მეტად დაბინძურებული ადგილებისა და სწორედ ამ წერტილებში ხმაურთან ბრძოლის ძირითადი ძალების გაერთიანება. ზონებად დაყოფის მეთოდი ამა თუ იმ ტერიტორიაზე ხმაურისაგან დაცვის ოპტიმალური მეთოდის შერჩევის საშუალებას იძლევა და აჩვენებს იმ რაიონებს, რომლებიც ხმაურით დაბინძურებასთან ბრძოლაში განსაკუთრებულ დახმარებას საჭიროებს. ხმაურისაგან დაცვის ერთ-ერთი თანამედროვე მეთოდია **საავტომობილო გზების** გასწვრივ ხმაურშთანმთქმელი ეკრანების მოწყობა, აგრეთვე სატრანსპორტო მაგისტრალების დაშორება სკოლების, საბავშვო სახლებისა და სამედიცინო



დაწესებულებების შენობებიდან. მაღალი დონის ხმაურიან ზონებში დასაშვებია მხოლოდ საოფისე სათავსების განთავსება, რამდენადაც ისინი ღამის საათებში ცარიელია.

ხმაურის მავნე ზემოქმედებასთან ბრძოლის კიდევ ერთი საშუალებაა ბინების ისე დაგეგმარება, რომ საძინებელი ოთახის ფანჯრები გადიოდეს ეზოში. ხმაურისგან დაცვას ხელს უწყობს აგრეთვე ფანჯრებისა და კარების ბგერაიზოლაცია.



ნახ. 36. ფანჯრების ბგერაიზოლაცია

### 7.7.2. მოსახლეობის დაცვა საწარმოო ხმაურისაგან

მრეწველობის განსაკუთრებით ხმაურიან დარგებს მიეკუთვნება: მეტალურგიული, პოლიგრაფიული, ქაღალდის, ხის გადამამუშავებელი და ქიმიური მრეწველობა. რთული სპექტრული შემადგენლობის ინტენსიური ხმაური შეიძინევა საფეიქრო მრეწველობაში თითქმის ყველა ოპერაციის დროს. იმპულსური ხმაურის ტიპური წყაროებია სამჭედლო და საშტამპავი საამქროები.

აკუსტიკური ხმაურის წყარო შეიძლება გახდეს ნებისმიერი რხევა მყარ, თხევად და აირად გარემოში; ტექნიკაში ხმაურის ძირითადი წყაროებია – სხვადასხვა ძრავები და მექანიზმები. მანქანა-მექანიზმების ამალღებული ხმაურიანობა ხშირად მათი უწყისივრობის ან კონსტრუქციის არარაციონალურობის ნიშანია. საწარმოში ხმაურის წყაროა ტრანსპორტი, ტექნოლოგიური მოწყობილობა, ვენტილაციის სისტემა, პნევმო- და ჰიდროაგრეგატები, აგრეთვე ვიბრაციის გამომწვევი დანადგარები.

საწარმოო ხმაური შედგება მექანიკური, აეროდინამიკური, ჰიდროდინამიკური, ელექტრული და ელექტრომაგნიტური წარმოშობის ხმაურისგან.

აეროჰიდროდინამიკური ხმაური შეიძლება დაიყოს ჯგუფებად:

– ხმაური, რომელიც წარმოიქმნება ატმოსფეროში აირის პერიოდულად გაშვების შედეგად;

– ვენტილატორების, ტურბო-ჰაერსაბერების, ტურბოების, ტურბოკომპრესორების, ჰაერსადენებისა და შიგაწვის ძრავებისათვის დამახასიათებელი გრიგალური ხმაური;

– ტურბულენტური ხასიათის ხმაური (თავისუფალი ნაკადის ხმაური), რომელიც სჭარბობს შეკუმშული ჰაერის გამოტყორცნის და რეაქტიული ძრავის ხმაურში;

– აეროდინამიკური ხმაური, რომელიც აღიძვრება აირის გამოდინებისას ზებგერითი სიჩქარით.



ნახ. 37. აეროდინამიკური ხმაურის წყარო

მექანიკური ხმაურის წყაროებად მიჩნეულია მოქანავე საკისრები, კბილა გადაცემები, მანქანების გაუწონასწორებელი მბრუნავი ნაწილები.

**ჰიდრაგლიკური ხმაური** წარმოიქმნება სითხეებში სტაციონარულ და არასტაციონარულ პროცესების მიმდინარეობის შედეგად (კავიტაცია, ტურბულენტობა). ელექტრომაგნიტური ხმაური წარმოიქმნება ელექტრულ მოწყობილობებში და მანქანებში.

ცალკეულმა წყაროებმა შეიძლება გამოიწვიოს ინფრაბგერითი და ულტრაბგერითი რხევები. ცენტრიდანული ტუმბოების მუშაობას ახლავს ჰიდროდინამიკური, ჰაერის ხმაური და ვიბრაცია, რომლებიც დაკავშირებულია ერთმანეთთან.

საკომპრესორო დანადგარების მუშაობას ინტენსიური ხმაური ახლავს, როგორც სამანქანო დარბაზში, ისე მის მიმდებარე ტერიტორიაზე. ამდენად, შემწვოვ და გამომშვებ ჰაერსადენებზე აუცილებელია ხმაურის მაყუჩების დაყენება.

რეაქტიული ძრავის ხმაური ხშირად შეუძლებელს ხდის უახლოეს სამოსახლო ტერიტორიაზე ცხოვრებას.

ელექტრომანქანების მუშაობას თან ახლავს სხვადასხვა დონის ხმაური (20-30 დბ±100-110 დბ) და ვიბრაცია. მბრუნავი ელექტრომანქანების ხმაურში განასხვავებენ მაგნიტურ და მექანიკურ ხმაურს და ვიბრაციას, აგრეთვე აეროდინამიკურ ხმაურს.

საწარმოო ხმაურის შემცირების ყველაზე რაციონალური, პერსპექტიული მიმართულებაა ხმაურთან ბრძოლა მისი წარმოქმნის წყაროში – მცირეხმაურიანი მანქანების, მოწყობილობების და სატრანსპორტო საშუალებების შექმნა, ხმაურიანი პროცესებისა და მოწყობილობების შეცვლა ნაკლებად ხმაურიანით, ხმაურის შემცირება მისი წარმოქმნის წყაროში, შენობის აკუსტიკური დამუშავება, ხმაურის შემცირება მისი გავრცელების გზაზე, ხმაურის წყაროს განლაგება სამუშაო ზონიდან და დასახლებული პუნქტიდან მოშორებით, ხმაურის მაყუჩების გამოყენება, მანქანა-დანადგარების ვიბრაციის შემცირება (რამდენადაც ის წარმოადგენს ხმაურის ძირითად წყაროს).

ხმაურისგან დაცვის საშუალებები და მეთოდები იყოფა კოლექტიური დაცვის საშუალებებად და მეთოდებად და ინდივიდუალური დაცვის საშუალებებად. ხმაურისგან დაცვის კოლექტიური საშუალებები იყოფა: აკუსტიკურ, არქიტექტურულ-დაგეგმარებით და ორგანიზაციულ-ტექნიკურ საშუალებებად.



ნახ. 38. ხმაურისგან დაცვის აკუსტიკური საშუალებები

ხმაურისაგან დაცვის აკუსტიკური საშუალებები მოქმედების პრინციპის მიხედვით იყოფა: ბგერაიზოლაციის, ბგერაშთანთქმის, ვიბროიზოლაციის, დემპფირების საშუალებებად და ხმაურის მაყუჩებად.

საწარმოო ხმაურის შემცირება მისი გავრცელების გზაზე შესაძლებელია სამშენებლო-აკუსტიკური ღონისძიებების კომპლექსით.

ხმაურთან ბრძოლის ღონისძიებები გათვალისწინებული უნდა იყოს საწარმოსათვის ტერიტორიის შერჩევისა და გენერალური გეგმის პროექტირების, აგრეთვე ცალკეულ საამქროებში სათავსების დაგეგმარების სტადიაზე.

ასეთი ღონისძიებაა დასახლებულ რაიონსა და ხმაურიან საწარმოს შორის სანიტარიულ-დამცავი ზონის მოწყობა, რაც შეიძლება განპირობებული იყოს სანიტარიული ხასიათის სხვა პირობების გამოც (დამტვერიანება, აეროზოლით დაბინძურება და სხვ.). ამ შემთხვევაში სანიტარიულ-დამცავი ზონის სიგანე უნდა გამოითვალოს ხმაურის რეჟიმის გათვალისწინებით.

ხმაურიანი საწარმოსათვის მოედნის შერჩევას მიზანშეწონილია მისი განლაგება მაღლობის სახის ბუნებრივი ზღუდეების მიღმა. შეიძლება ხელოვნური ბარიერების (მიწაყრილის, ყრუ კედლის ან მათი კომბინაციის სახით) გამოყენებაც. თუ საწარმო მოქცეულია ქალაქის საზღვრებში, მაშინ ხმაურიანი საამქროები უნდა განლაგდეს საწარმოს სიღრმეში, საცხოვრებელი სახლებიდან შექლებისდაგვარად დაშორებით.

გენერალურ გეგმაზე სამრეწველო შენობების განლაგებისას ხმაურიანი სათავსების უშუალო სიახლოვეს დაუშვებელია ასეთი ობიექტების განლაგება, რომლებიც განსაკუთრებულ დაცვას საჭიროებს ხმაურისგან. მაგალითად, ლაბორატორიის და საკონსტრუქტორო შენობები, გამომთვლელი ცენტრი, ადმინისტრაციული და მისი მსგავსი შენობები. ყველაზე ხმაურიანი ობიექტები (საავიაციო ძრავების გამოსაცდელი ბოქსი, აირტურბინის მოწყობილობათა და საკომპროსორო სადგურის სათავსები და სხვ.) უნდა გაერთმთლიანდეს ცალკე კომპლექსში.

შენობის შიგნით სათავსების დაგეგმარებისას აუცილებელია ჩუმი და დაბალხმაურიანი სათავსების მაქსიმალურად დაშორება ძლიერხმაურიანი სათავსებიდან.

საწარმოო მოწყობილობებიდან ატმოსფეროში ხმაურის გამოსხივების შესამცირებლად აუცილებელია:

– გადახურვის, გარეთა კედლების, შუქფარების შემინვის, ჭიშკრისა და კარების დაპროექტებისას ბგერამაიზოლირებელი მასალების გამოყენების გათვალისწინება;

– ტექნოლოგიური კომუნიკაციების ბგერაიზოლაცია და ბგერაშთანთქმა;

– სამრეწველო საწარმოს ტერიტორიაზე ხმაურიანი მოწყობილობების განლაგებისას ბგერაიზოლირებული ბოქსებისა და გარსაცმების მოწყობა.

შეკუმშული ჰაერის გამოსაშვები მილი, სავენტილაციო ან საკომპრესორო დანადგარის ჰაერის ასადები ხვრელი უნდა განთავსდეს ისე, რომ გამოსხივებული ხმაურის მაქსიმუმი მიმართული იყოს სამუშაო ადგილების ან საცხოვრებელი სახლის მოპირდაპირე მხარეს.

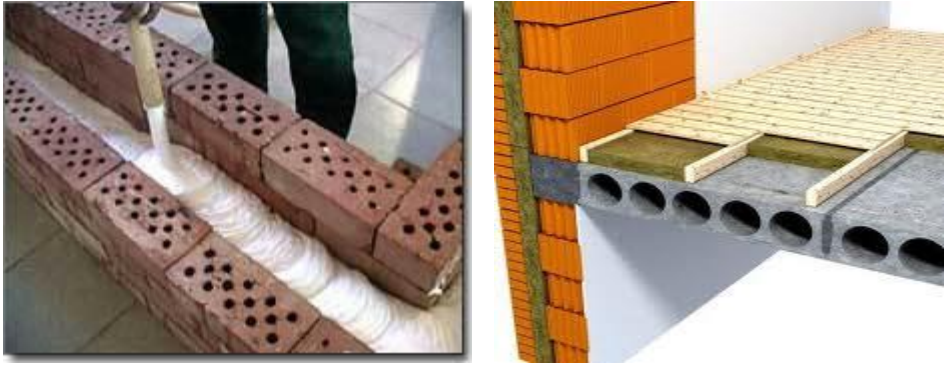
– ატმოსფეროში ხმაურის გამომსხივებელი დანადგარების (ძრავების გამოსაცდელი ბოქსების, აირტურბინის დანადგარების, კომპრესორების, ვენტილატორების და სხვ.) აირ-ჰაერის ტრაქტში აუცილებელია ხმაურის მაყუჩის მოწყობა. თუ ხმაურიანი სათავსი უხმაურო სათავსებს ემიჯნება, მაშინ აუცილებელია საკმარისი ბგერაიზოლაციის მქონე გადამღობი კონსტრუქციების გამოყენება, რომელიც უზრუნველყოფს ხმაურის შემცირებას სათანადო დონემდე.

სათავსის აკუსტიკური დამუშავება ამცირებს კედლებიდან, ჭერიდან, იატაკიდან არეკვლილი ბგერის ინტენსივობას. ამისათვის გამოიყენება სათავსის ზედაპირების ბგერამშთანთქმელი მასალით მოპირკეთება და სხვადასხვა კონსტრუქციის მოცულობითი ხმაურმშთანთქმელები. ეფექტურობის ასამაღლებლად ხმაურმშთანთქმელ ფოროვან მასალას ბგერის დაცემის მხრიდან ღია ფორები უნდა ჰქონდეს.

ხმაურიზოლაცია მიიღწევა პირდაპირი ხმაურის ინტენსივობის შემცირებით, ეკრანების, კაბინების, შემოღობვების, გარსაცმების დაყენებით.

მაყუჩები გამოიყენება აეროდინამიკური ხმაურის შესამცირებლად. მაყუჩები შეიძლება იყოს აბსორბციული, რეაქციული, კომბინირებული.

ხმაურიზოლაცია მიიღწევა პირდაპირი ხმაურის ინტენსივობის შემცირებით, ეკრანების, კაბინების, შემოღობვების, გარსაცმების დაყენებით.



ნახ. 39. ხმაურისგან დაცვის ბეგრამაიზოლირებელი საშუალებები

ბგერითი ეკრანები ფართოდ გამოიყენება წარმოებებში, სატრანსპორტო ხმაურისაგან დასაცავად.

მაყუჩები გამოიყენება აეროდინამიკური ხმაურის შესამცირებლად. მაყუჩები შეიძლება იყოს აბსორბციული, რეაქციული, კომბინირებული.

**ხმაურთან ბრძოლის ორგანიზაციული ღონისძიებებია:** შრომისა და დასვენების სწორი ორგანიზება, ქვეცვლების მოწყობა, დასასვენებლად ხმაურისაგან იზოლირებული ადგილის გამოყოფა, შეძლებისდაგვარად ხმოვანი სიგნალის შეცვლა სინათლის სიგნალით, ხმაურიანი დანადგარების მართვა დისტანციურად – კაბინიდან. მუშათა პერიოდული სამედიცინო შემოწმება.

**ინდივიდუალური დაცვის საშუალებებია:** შინაგანი და გარეგანი ხმაურწინაღები (ანტიფონები), ხმაურის მაღალი დონის შემთხვევაში – ხმაურსაწინააღმდეგო მუზარადი.

რაიმე ობიექტისგან ხმაურით დაბინძურება გარკვეულწილად შეიძლება შემცირდეს, თუ ამ ობიექტის პროექტის შემუშავების ეტაპზე მოხდება სხვადასხვა გარე პირობების ( მაგალითად, ადგილმდებარეობის ამინდის პირობები) გათვალისწინებით ხმაურის ხასიათის მოდელირება და შემდეგ მოინახება გზები მათი თავიდან ასაცილებლად ან შესამცირებლად მაინც. დღეისათვის ეს მეთოდი ხელმისაწვდომია ელექტროგამოთვლითი ტექნიკის განვითარების შედეგად. ხმაურის შემცირების ეს მეთოდი ყველაზე იაფი და რაციონალურია, რომელიც გამოიყენება, მაგალითად, ქალაქის რაიონებში რკინიგზის მშენებლობის დროს. ზოგ შემთხვევაში რაციონალურია ბრძოლა არა მიზეზთან, არამედ შედეგთან. მაგალითად, საცხოვრებელ სათავსებში

ხმაურით დაბინძურების პრობლემა შეიძლება მნიშვნელოვნად შემცირდეს მისი ბგერაიზოლაციის (სპეციალური ფანჯრების და მისთ.) ხარჯზე. აშშ-ში საცხოვრებელი სახლების ბგერაიზოლაციას სპონსორობას უწევს აშშ-ის ავიაციის ფედერალური ადმინისტრაცია. ევროპის ქვეყნებში მოქმედებს სანიტარიული ნორმები, რომელიც არეგულირებს ხმაურის ზღვრულად დასაშვებ დონეს სამუშაო ადგილებისათვის, საცხოვრებელი სათავსებისათვის, საზოგადოებრივი შენობებისათვის და საცხოვრებელი განაშენიანების ტერიტორიისათვის.

## თავი 8

### 8.1. გარემოს დაბინძურება ვიბრაციით

ხმაური, ვიბრაცია, ინფრა- და ულტრაბგერა მიეკუთვნება მყარი სხეულების, აირების, სითხეების რხევებს. ფიზიკური თვალსაზრისით მათ შორის განსხვავება არ არსებობს. განსხვავება არსებობს აღქმაში: ვიბრაციას, ინფრა- და ულტრაბგერას ადამიანი აღიქვამს ვესტიბულარული აპარატით, შეგრძნების ორგანოებით, ხოლო ხმაურს – სმენის ორგანოებით.

**ვიბრაცია** – დრეკად სხეულში წარმოქმნილი მექანიკური რხევებია; ვიბრაციის ძირითადი ფიზიკური მახასიათებლებია: ვიბროგადაადგილების ამპლიტუდა (მ), რხევის სიხარის ამპლიტუდა (მ/წმ), რხევის აჩქარების ამპლიტუდა (მ/წმ<sup>2</sup>), რხევის პერიოდი (წმ) და რხევის სიხშირე (ჰც).

ადამიანზე მოქმედების მიხედვით ვიბრაცია იყოფა:

- რხევების გადაცემის მიხედვით;
- მოქმედების მიმართულების მიხედვით;
- დროის მახასიათებლების მიხედვით.

რხევების გადაცემის მიხედვით ვიბრაცია შეიძლება იყოს **საერთო**, რომელიც ადამიანის სხეულს საყრდენი ზედაპირებიდან გადაეცემა, **ლოკალური** – რომელიც ადამიანს გადაეცემა კიდურების საშუალებით ვიბრირებულ ზედაპირებთან შეხებისას და **კომბინირებული**.

მოქმედების მიმართულების მიხედვით ვიბრაცია შეიძლება იყოს:

- ვერტიკალური;
- ჰორიზონტალური, ზურგიდან მკერდისკენ და პირიქით;

○ ჰორიზონტალური, მარჯვენა მხრიდან მარცხენა მხრისკენ და პირიქით. დროის მახასიათებლების მიხედვით განახსვავებენ:

○ მუდმივ ვიბრაციას, რომლის დროსაც ვიბროსიჩქარის ცვლილება არ აღემატება 6 დბ-ს;

○ ცვალებად ვიბრაციას, როცა კონტროლირებადი პარამეტრები 2-ჯერ და მეტად იცვლება.

ვიბრაციის წყაროებს მიეკუთვნება:

დარტყმითი ქმედების მოწყობილობა (ჩაქუჩები, წნეხები);

ძლავრი ენერგეტიკული დანადგარები (ტუმბოები, კომპრესორები, ძრავები);

საწარმოსა და კომუნალური მეურნეობის რელსიანი ტრანსპორტი (მეტროპოლიტენი, ტრამვაი), აგრეთვე რკინიგზის ტრანსპორტი.

ყველა შემთხვევაში ვიბრაცია ვრცელდება ნიადაგიდან და მიადწევს საზოგადოებრივი და საცხოვრებელი შენობების ფუნდამენტებამდე, ხშირად ბგერითი რხევების თანხლებით.

ფუნდამენტიდან და ნიადაგიდან ვიბრაციის გადაცემამ შეიძლება გამოიწვიოს არათანაბარი დაჯდომა, რამაც თავის მხრივ შეიძლება გამოიწვიოს მასზე აგებული საინჟინრო და სამშენებლო ნაგებობების ნგრევა. ეს განსაკუთრებით საშიშია ტენით გაჯერებული გრუნტებისათვის. ვიბრაციის წყარო შეიძლება გახდეს შენობათა საინჟინრო მოწყობილობა (ლიფტები, ტუმბოების დანადგარები, გათბობის, კანალიზაციის სისტემები.

## 8.2. სამრეწველო ვიბრაცია

ვიბრაცია აღიძვრება მექანიზმებში, სადაც ადგილი აქვს ნაწილაკების ბრუნვით ან წინსვლა-უკუსვლით მოძრაობას. ვიბრაცია შეიძლება აღძრას ექტრომაგნიტურმა, ჰიდროდინამიკურმა და აეროდინამიკურმა ძალებმაც. საწარმოო ვიბრაცია წარმოადგენს მყარი სხეულების (მანქანების, მექანიზმების, მოწყობილობების, სამშენებლო კონსტრუქციების) რხევით მოძრაობას, რომელსაც ადამიანი აღიქვამს როგორც რყევას.

წარმოებაში ვიბრაცია შეიძლება წარმოადგენდეს ტექნოლოგიურ ოპერაციას (მაგ., წილსაზიდის ჯამიდან წილის გამობერტყვისას, ვიბროშემკვრივების, დაყალიბების, დაწნეხვის, ვიბრაციული ბურღვის, მთის ქანების და გრუნტის გაფხვიერების და ჭრის, ვიბროტრანსპორტირების დროს) ან თანაურ პროცესს,



რომელიც შეიძლება აღიძვრას მანქანა-მექანიზმების მოძრავი ნაწილების ბალანსირების დარღვევით.

ვიბრაცია როგორც საწარმოო გარემოს ფაქტორი გვხვდება ლითონდამამუშავებელ, სამთო-მომპოვებელ, მეტალურგიულ, მანქანათმშენებელ, სამშენებლო, ავია- და გემთსამშენებლო მრეწველობაში, სოფლის მეურნეობაში, ტრანსპორტზე და სახალხო მეურნეობის დარგში.

მეტალურგიულ საწარმოებში ვიბრაციის წყაროა, პირველ რიგში, შიგასაამქრო ხიდური ელექტროამწვე, რომლის ვიბრაცია ფართოხოლოვანი სპექტრით ხასიათდება და მოიცავს 1-125 ჰც სიხშირის რხევის (რხევებს მაქსიმალური დონით 4-16 ჰც. სიხშირის დიაპაზონში). ვიბრაციის დონე დამოკიდებულია ამწისქვეშა გზის მდგომარეობაზე, გადაადგილების სიჩქარეზე, პროცესების გარდამავლობაზე (ტვირთის აწვეა-დაწვეა, გადაადგილება ტვირთითა და უტვირთოდ და ა.შ.).

ვიბრაციის მნიშვნელოვანი წყაროა სამჭედლო ჩაქუჩი. ჩაქუჩის დარტყმისას აღძრული ვიბრაცია გადაეცემა ფუნდამენტს და გრუნტიდან კი შენობის კონსტრუქციას და სხვა ტექნოლოგიურ აღჭურვილობას;

ვიბროსაშიშია ჩამტვირთავი მანქანა, სამსხვრეველა, წისქვილი, საგლნავი დგანი, ტურბოკომპრესორი.

ვიბრაციას აქვს ადგილი წიდსაზიდის ჯამიდან წიდის გამოყრისას (ჯამზე ვიბრატორის თავისუფლად დამაგრების შემთხვევაში), საგლინავ და რელსოკოჭოვან საამქროებში დისკური ხერხის მუშაობისას. ძლიერი ვიბრაცია ახლავს თვალსახარატო საამქროში მძიმე ზოდგადასაჭრელი ჩარხის მუშაობას.

ვიბროსაშიშ მოწყობილობას მიეკუთვნება წინსვლა-უკუსვლითი მოქმედების ხელის ინსტრუმენტები, ზედაპირის აბრაზიული წმენდის ხელის მანქანა, პნევმოჩაქუჩი, სატკეპნელა, ხელის პერფორატორი და ა.შ.

ვიბრაციის უმარტივეს სახეს წარმოადგენს ჰარმონიული ( სინუსოიდური) რხევები. საწარმოო პირობებში კი მანქანა-დანადგარების მუშაობის შედეგად აღიძვრება რთული რხევითი მოძრაობა (აპერიოდული ან კვაზიპერიოდული).

### 8.3. ხმაურთან შერწყმული ვიბრაცია

ხმაური შეიძლება გამოიწვიოს მოძრავი აირების ან სითხეების ვიბრაციამ. ბევრი დაზგა და ხელის ინსტრუმენტიც გადასცემს თავის ვიბრაციას

ადამიანის სხეულს. ამ ვიბრაციამ შეიძლება გამოიწვიოს კუნთების, მყესების დაზიანება დაიმოქმედოს სისხლის ცირკულაციაზე. ვიბრაციასთან დაკავშირებული დაზიანებების ყველაზე მტკივნეული მაგალითია პნევმატური ღრელის, ხერხის ან სანგრევი ჩაქუჩის მომხმარებელ მუშებში გამოწვეული დაავადება.

დიდ პრობლემას წარმოადგენს აგრეთვე მთელი სხეულის ვიბრაცია. ვიბრირებულ საგარძელზე დიდი ხნის განმავლობაში მჯდომი ოპერატორი ან ხის საჭრელ მანქანასთან მომუშავე ადამიანიც ძლიერ ვიბრაციას განიცდის. ამ შემთხვევაში ვიბრაციის სიხშირე ბევრად დაბალია, თუმცა ის შერწყმულია ძრავის მუშაობის დაბალ ხმაურთან. ხის საჭრელ მანქანასთან მომუშავე ოპერატორი უფრო შემაწუხებელ ვიბრაციას განიცდის, არსებობს აგრეთვე შინაგანი ორგანოების დაზიანების საშიშროება.

ქალაქში და საცხოვრებელ შენობებში ვიბრაციის წყაროა დარტყმითი ქმედების ტექნოლოგიური მოწყობილობა, რელსიანი ტრანსპორტი, საამშენებლო მანქანები და მძიმე ავტოტრანსპორტი. ვიბრაცია ვრცელდება გრუნტიდან და შენობის კონსტრუქციიდან.

#### **8.4. ვიბრაციის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე**

ადამიანი ძლიერ მგრძნობიარეა მექანიკური რხევების მიმართ. მას უნარი აქვს შეიგრძნოს  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$  მმ ამპლიტუდის მქონე მცირე რხევაც კი. ამასთან, რაც მეტია სიხშირე, მით უფრო მგრძნობიარეა ადამიანი მის მიმართ.

ადამიანში ვიბრაციის შეგრძნება იწყება მაშინ, როდესაც ვიბროაჩქარება სიმძიმის ძალის აჩქარების 1%-ს გაუტოლდება, ხოლო უსიამოვნო შეგრძნება – როდესაც აჩქარება სიმძიმის ძალის აჩქარების 4-5%-ს აღწევს.

ადამიანმა შეიძლება შეიგრძნოს ვიბრაცია მთელი ორგანიზმით (საერთო ვიბრაცია), სხეულის ცალკეული ნაწილებით (ადგილობრივი -ანუ ლოკალური ვიბრაცია) ან კომბინირებულად.

ადამიანზე ვიბრაციის მოქმედების ეფექტი დამოკიდებულია მის სპექტრულ შემადგენლობაზე, ადამიანის ინდივიდუალურ მგრძნობიარობაზე.

საერთო ვიბრაცია, როგორც წესი, დაბალი სიხშირისაა, მაგრამ მნიშვნელოვანი ამპლიტუდით. განსაკუთრებით საშიშია 6-9 ჰც. სიხშირის დიაპაზონის რხევები, ვინაიდან ამ ზღვრებშია უმეტესი შინაგანი ორგანოების საკუთარი რხევის სიხშირე.

ამ სიხშირის რხევებმა შეიძლება გამოიწვიოს შინაგან ორგანოებში რეზონანსული მოვლენები, რაც გამოიწვევს მათ ფუნქციონალურ მოშლილობას ან ქსოვილების დასკდომასაც კი. დადგენილია, რომ მჯდომარე მდგომარეობაში საშიშია ვერტიკალური ვიბრაცია, ხოლო მწოლიარე მდგომარეობაში – სხეულის ღერძის გარდღივარდმო ვიბრაცია.

სისხლ-ძარღვებზე განსაკუთრებით მავნედ მოქმედებს 30÷200 ჰც. სიხშირის ვიბრაცია.

ვიბრაციის ხანგრძლივად და სისტემატიურად მოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს ვიბროდაავადება (განსაკუთრებით პნევმატიკურ ინსტრუმენტებთან მუშაობისას), რომელიც პროფესიულ დაავადებათა რიცხვს მიეკუთვნება და ძნელად ექვემდებარება მკურნალობას. ვიბროდაავადების სიმპტომებია: თავის ტკივილი, თავბრუსხვევა, ცუდი ძილი, შრომისუნარიანობის დაქვეითება, გულის მოქმედების დარღვევა, ხელების ტკივილი, სახსრების დაავადება, კანის მგრძნობიარობის დაკარგვა, სწრაფი აღზნება, მოძრაობის შეზღუდვა. დარღვეული ფუნქციების აღდგენა მიდის ნელა, ხშირად ადგილი აქვს ადამიანის დაინვალიდებას.

ადგილობრივი ვიბრაციის ხანგრძლივი მოქმედება ადამიანში იწვევს სისხლ-ძარღვების სპაზმებს, წნევის ცვლილებას, სმენის ორგანოების დაავადებას, ცვლილებებს ცენტრალურ-ნერვულ სისტემაში, ძვლიან ადგილებში მარილების დაგროვებას, მხედველობის შესუსტებას, მალე დაღლას, ხელის მტევანსა და თითებში ხრტილების გაძვალებას, სახსრების დეფორმაციას, მოძრაობის შეზღუდვას. ეს ცვლილებები ძლიერდება წელიწადის ცივ პერიოდში.

განსაკუთრებით მძიმეა ვიბრაციის, ხმაურისა და დაბალი ტემპერატურის ერთდროული მოქმედება.

ვიბრაცია ხასიათდება მაღალი ბიოლოგიური აქტივობით. მისი მოქმედება დამოკიდებულია რხევის სიხშირეზე, მიმართულებაზე, მოდების ადგილზე, ამპლიტუდაზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე, ინდივიდუალურ მგრძნობიარობაზე და სხვა.

ადამიანი ძალიან მგრძნობიარეა მექანიკური რხევების მიმართ – აღიქვამს  $10^{-3}$ - $10^{-4}$  მმ ამპლიტუდის მქონე რხევებსაც კი. ამასთან, რაც მეტია სიხშირე, მით უფრო მგრძნობიარეა ადამიანი ვიბრაციის მიმართ. საერთო ვიბრაცია, როგორც წესი, დაბალი სიხშირისაა, მაგრამ დიდი ამპლიტუდით. განსაკუთრებით საშიშია 6÷9 ჰც

სიხშირის დიაპაზონის რხევები, ვინაიდან ამ ზღვრებშია ადამიანის უმეტესი შინაგანი ორგანოების საკუთარი რხევის სიხშირე. ასეთი სიხშირის რხევებმა შეიძლება გამოიწვიოს შინაგან ორგანოებში რეზონანსული მოვლენები, რაც გამოიწვევს მათ ფუნქციონალურ მოშლილობას ან ქსოვილების დასკდომას.

ვერტიკალური ვიბრაციის პირობებში, მჯდომარე მდგომარეობაში თავისათვის რეზონანსული სიხშირეების არე 20-30 ჰერცის ფარგლებშია, ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში – 1,5-2 ჰც-ის ფარგლებში. განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს რეზონანსი, როცა ის ეხება მხედველობის ორგანოს. მხედველობითი აღქმის მოშლა იწყება 60,9-90 ჰც. სიხშირული დიაპაზონიდან. შინაგანი ორგანოებისათვის – მკერდი, დიაფრაგმა, მუცლის ღრუ – რეზონანსული სიხშირეებია 3-3,5 ჰც, ხოლო მთელი სხეულისათვის დამჯდარ მდგომარეობაში – 4-6 ჰც.

მუშებს, რომლებიც ხანგრძლივი დროის განმავლობაში განიცდიან ვიბრაციის ზემოქმედებას, აღენიშნებათ „პათოლოგიური“ ცვლილებები, რომლებმაც „ვიბრიდაავადების“ სახელი მიიღო. ადამიანებს აღენიშნებათ მოძრაობის კოორდინაციის მოშლა, რყევის სიმპტომები, საყრდენ-მამოძრავებელი აპარატის, ნერვული სისტემის, ვესტიბულარული, მხედველობითი ანალიზატორების დაზიანება. განსაკუთრებულად საშიშია სხვადასხვა ქსოვილების მიკროტრავმების გამომწვევი ბიძვისებრი ვიბრაცია. დაბალსიხშირიანი ვიბრაცია აუარესებს ორგანიზმში ცილოვან, ფერმენტულ, ვიტამინურ ცვლას, სისხლის ბიოქიმიურ მაჩვენებლებს. ლოკალური ვიბრაცია იწვევს მხრების, ხელის სისხლძარღვების სპაზმებს. რხევები ერთდროულად მოქმედებს ნერვულ დაბოლოებებზე, კუნთოვან და ძვლოვან ქსოვილებზე. ვიბრაციული დაავადების გამოკვეთილი სიმპტომები ვლინდება ვიბრირებულ ზედაპირებთან მუშაობის 10-15 წლის შემდეგ.

ვიბრაცია ორმაგ არახელსაყრელ გავლენას ახდენს ადამიანზე: უშუალო კონტაქტური ზემოქმედებისა და მერხევი კონსტრუქციების მიერ ბგერული სიხშირის დიაპაზონში სათავსში გამოსხივებული ხმაურის (სტრუქტურული ხმაურის) სახით.

### 8.5. ვიბრაციის მოქმედება გარემოზე

ვიბრაცია უარყოფითად მოქმედებს არამარტო ადამიანებზე, არამედ ის ამცირებს მანქანა-დანადგარების მარგი ქმედების კოეფიციენტს, აჩქარებს დეტალთა ცვეთას, ხოლო რეზონანსული მოვლენების გამო შეიძლება მოწყობილობა-დანადგარებისა და

სამშენებლო კონსტრუქციების ნგრევაც კი გამოიწვიოს. გარდა ამისა, ბგერითი სიხშირის დიაპაზონში კონსტრუქციის რხევას თან ახლავს გარემო სივრცეში ხმაურის აღძვრაც.

გზების გრუნტის ვიბრაციის გამო ხდება შენობა-ნაგებობათა დაწვევა (წელიწადში 2-3 მმ-ით) და რღვევა. სარკინიგზო სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობისას აღძრული ვიბრაცია აზიანებს მოწყობილობებს და ნაგებობებს, ხოლო ადამიანებსა და ცხოველებს უქმნის ძლიერ დისკომფორტს. წყლის ტრანსპორტის მოძრაობისას ფორმირდება ველები (ვიბრაცია, აკუსტიკური გამოსხივება), რომლებიც უარყოფით გავლენას ახდენს წყლის ცოცხალ სამყაროზე.

## 8.6. ვიბრაციის ნორმირება და კონტროლი

დროებითი სანიტარიული წესებითა და ნორმებით დადგენილია სამრეწველო საწარმოებში სამუშაო ადგილებზე ვიბრაციის ზღვრული დასაშვები სიდიდეები. ასევე, შედგენილია რეკომენდაციები პნევმატიკური ინსტრუმენტების რხევის ამპლიტუდის დასაშვები სიდიდეებისათვის.

განასხვავებენ ვიბრაციის ჰიგიენურ და ტექნიკურ ნორმირებას. ჰიგიენური ნორმირების დროს სამუშაო ადგილებისა და მუშის ხელებთან შეხებაში მყოფი ზედაპირის ვიბრაციის პარამეტრების შეზღუდვა ხდება ადამიანს ფიზიოლოგიური მოთხოვნებიდან გამომდინარე, რომელიც გამორიცხავს ვიბროდაავადებას.

ტექნიკური ნორმირების დროს ვიბრაციის პარამეტრების შეზღუდვა ხდება ტექნიკის თანამედროვე მიღწევების მხედველობაში მიღებით.

1-დან 100 ჰც-მდე სიხშირის დიაპაზონის ვიბრაციულმა ველმა შეიძლება მავნე ზეგავლენა მოახდინოს მოსახლეობაზე. ტექნიკური პროგრესის თანამედროვე ეტაპზე ვიბრაციასთან ბრძოლა სულ უფრო დიდ სოციალურ და ჰიგიენურ მნიშვნელობას იძენს.

ეს დაკავშირებულია, ერთი მხრივ, არსებული ტექნოლოგიური პროცესების ინტენსიფიკაციით, მეორე მხრივ, ეკონომიკის ყველა დარგში და ყოფაცხოვრებაში ვიბროაკუსტიკური ტექნიკის მზარდი დანერგვით.

მოსახლეობასა და გარემოზე მოქმედი ვიბრაციული ველი ფორმირდება, როგორც წესი, ქალაქის საწარმოების ტექნოლოგიური მოწყობილობების,

საავტომობილო და რელსებიანი ტრანსპორტის, საყოფაცხოვრებო ტექნიკის მუშაობის შედეგად.

დასახლებულ პუნქტებში ადამიანებზე მოქმედი ვიბრაციის მთავარი წყაროა ტრანსპორტი. ტრანსპორტის სხვადასხვა სახით წარმოქმნილი ვიბრაციული ველი არსებით ვიბრაციულ ზემოქმედებას ახდენს არამარტო ადამიანებზე, არამედ შენობებზეც, მიწისზედა და მიწისქვეშა საინჟინრო ნაგებობებზე, გზის საფარზე.

ყველაზე დიდ ზიანს (მოსახლეობაზე მოქმედების გარდა) ტრანსპორტით გამოწვეული ვიბრაცია აყენებს ქალაქის სამშენებლო-არქიტექტურულ ნაგებობებს და კომუნიკაციებს.

ქალაქის სამრეწველო საწარმოთა ტექნოლოგიური მოწყობილობების ვიბრაცია პირველ რიგში მოქმედებს ამ მოწყობილობის მომსახურე პერსონალზე. მომუშავეზე ტექნოლოგიური ვიბრაციის მოქმედება შემოსაზღვრულია სამუშაო ცვლის ხანგრძლივობით.

### 8.7. გარემოს დაცვა ხმაურისა და ვიბრაციისგან

ვიბრაციასთან ბრძოლა სოციალურად მიზანშეწონილი და აუცილებელია, ხოლო ეკონომიურად – გამართლებული.

არსებობს საცხოვრებელ და საზოგადოებრივ შენობებში ხმაურისა და ვიბრაციის შემცირების საშუალებების ორი ძირითადი ჯგუფი – წარმოქმნის წყაროში და გავრცელების გზაზე. აუცილებელია ამ მეთოდების სწორად შესამება. შენობათა დაპროექტებისას ხმაურისა და ვიბრაციის შემცირებას წარმოქმნის წყაროში უზრუნველყოფენ მცირეხმაურიანი მოწყობილობის გამოყენებით და მისი მუშაობის სწორი შერჩევით, შენობის მშენებლობისა და ექსპლუატაციის – მოწყობილობის ტექნიკური გამართულობით.

ხმაურისა და ვიბრაციის შემცირება მისი გავრცელების გზაზე შეიძლება არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი და აკუსტიკური ღონისძიებების კომპლექსით. არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი ღონისძიებები ითვალისწინებს შენობებში სათავსების ისეთ დაგეგმვას, რომლის დროსაც ხმაურის წყარო მაქსიმალურად იქნება დაშორებული ხმაურისგან დასაცავი სათავსებისგან. მაგალითად, საცხოვრებელ სახლში ლიფტის შახტი ისე უნდა განთავსდეს, რომ ის არ ემხრობოდეს საცხოვრებელი ოთახის და ბინის კედლებსაც კი. აკუსტიკური

დონისძიებებია: საინჟინრო მოწყობილობის ვიბრო- და ბგერაიზოლაცია, ხმაურის წყაროიან სათავსებში ბგერამშთანთქავი კონსტრუქციების გამოყენება, ხმაურისაგან დასაცავ სათავსებში ვენტილაციის სისტემებში ხმაურის მაყუჩების დაყენება და მისთ.

ვიბრაციასთან ბრძოლა ჯერ კიდევ პროექტირების სტადიაზე იწყება. დიდი მნიშვნელობა აქვს მოწყობილობის მუშა რეჟიმის სწორ შერჩევას.

მიმართავენ ვიბრაციის შემცირებას, როგორც აღძვრის წყაროში (ვიბროდემპფირებით), ასევე მისი გავრცელების გზაზე (ვიბროიზოლაციით).

ვიბროდემპფირება არის მასალის მიერ მექანიკური რხევის ენერჯის შთანთქმის და გაბნევის უნარი. მასალის დრეკადი დეფორმაციისას რხევითი ენერჯია იხარჯება ხახუნზე და გარდაიქმნება თბურ ენერჯიად. ვიბრომშთანთქმელი (ვიბრო-მადემპფირებელი) დაფარვა გამოიყენება ფოლადის ფურლებისაგან დამზადებული გარსაცმების, შემოღობვის და სხვა დეტალების ვიბრაციის შესამცირებლად. ამ მიზნით ვიბრირებულ ზედაპირს ფარავენ დიდი შინაგანი ხახუნის მქონე მასალით.

მაღალი სიხშირის ვიბრაციის შემთხვევაში გამოიყენება რბილი მადემპფირებელი მასალა, როგორცაა: რეზინა, ფეტრი, ქეჩა, მასტიკები (მაგ. “ანტივიბრიტი-3”). მადემპფირებელ საშუალებებს მიეკუთვნება შესაზეთი მასალებიც.

საშუალო და დაბალსიხშირული ვიბრაციის შემთხვევაში გამოიყენება მაგარი მასალა, როგორცაა: მყარი პლასტმასები, ხე, სპილენძ-ნიკელის და ნიკელ-ტიტანის შენადნობები.

ვიბროიზოლაცია ხორციელდება მერხვე სისტემაში დამატებითი დრეკადი კავშირის შეტანით, რომელიც ზღუდავს ვიბრაციის გავრცელებას. პრაქტიკაში ამ მიზნით ვიბროსაიზოლაციო ობიექტსა და საძირკველს შორის ათავსებენ დრეკად ელემენტს – ამორტიზატორს (ფოლადის ზამბარას, რესორს, რეზინაპნევმატიკურ ან რეზინალითონურ ელემენტს და ა.შ.) ამორტიზატორად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს აგრეთვე: რეზინა, მერქანი, კაუჩუკი, ქეჩა, ნატურალური საცობი.

დიდ ეფექტს იძლევა ვიბრაციის წყაროს მოთავსება მასიურ საძირკველზე. საძირკველის ირგვლივ კეთდება 7სმ. სისქის ჰაერის შრე, ხოლო საძირკველსა და ვიბრაციის წყაროს შორის თავსდება დრეკადი მასალის შუალედები. ყოველივე ეს მნიშვნელოვნად ზღუდავს ვიბრაციის გავრცელებას.

**პროფილაქტიკური ღონისძიებები:** ადამიანზე ვიბრაციის მავნე ზემოქმედების შესასუსტებლად დიდი მნიშვნელობა აქვს შრომისა და დასვენების სწორ ორგანიზებას. დაუშვებელია ვიბრირებულ ზედაპირებთან კონტაქტი სამუშაო დროის 50%-ზე მეტი ხანგრძლივობით. სამუშაო ცვლის განმავლობაში უნდა მოეწყოს ოთხი რეგლამენტირებული შესვენება. შესვენების დროს ხელებისათვის თბილი აბაზანები, ხელების მასაჟი, სამკურნალო ფიზკულტურა, პერიოდული სამედიცინო შემოწმება წელიწადში ერთხელ. ვიბროდაავადების აღმოჩენის შემთხვევაში მუშის გადაყვანა ისეთ სამუშაოზე, რომელიც არაა დაკავშირებული ვიბრაციასთან, კუნთების მნიშვნელოვან დაძაბვასთან და ხელების გაცივებასთან.

### **8.8. შრომისა და დასვენების ორგანიზაცია**

ადამიანზე ვიბრაციის მავნე მოქმედების შესასუსტებლად დიდი მნიშვნელობა აქვს შრომისა და დასვენების სწორ ორგანიზაციას.

დაუშვებელია ვიბრირებულ ზედაპირებთან კონტაქტი სამუშაო დროის 50%-ზე მეტი ხანგრძლივობით.

ვიბრირებულ ზედაპირებთან მუშაობისას სამუშაო ცვლის განმავლობაში უნდა მოეწყოს ოთხი რეგლამენტირებული შესვენება:

- ჰიდროპროცედურების ჩასატარებლად – ცვლის 1 ნახევარში;
- ფიზკულტურული პაუზისათვის – სადილამდე 1 საათით ადრე და სამუშაოს დამთავრებამდე 2 საათით ადრე;
- დასვენებისათვის და სადილისთვის 30 წუთის ხანგრძლივობით – მუშაობის დაწყებიდან 4 საათის შემდეგ.

ვიბროსაშიშ დანადგარებთან მომუშავე პირმა წელიწადში ერთხელ უნდა გაიაროს სამედიცინო შემოწმება. თუ საწარმოში ვიბროსაშიშ დანადგარებთან მომუშავეთა რაოდენობა 10 კაცს აღემატება, მაშინ საამქროში ან ჯანდაცვის პუნქტში ორგანიზებულად უნდა ჩატარდეს ხელებისათვის თბილი აბაზანების მიღება, ხელების მასაჟი, სამკურნალო ფიზკულტურა და ვიბროდაავადების პროფილაქტიკის სხვა ღონისძიებანი.

საწარმოს უნდა ჰქონდეს ფიზიოთერაპიული აპარატურით აღწურვილი პროფილაქტორიუმი, სათავსები წყლის პროცედურების ჩასატარებლად (მარაოსებური შხაპი, ცირკულირებული შხაპი, მასაჟი და ა.შ.).



ვიბროდაავადების აღმოჩენის შემთხვევაში შესაბამისი სამედიცინო დასკვნის საფუძველზე მუშა გადაყვანილ უნდა იქნეს ისეთ სამუშაოზე, რომელიც არ იქნება დაკავშირებული ვიბრაციასთან, კუნთების მნიშვნელოვან დაძაბვასთან და ხელების გაცივებასთან.

### **8.9. ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები**

ვიბროსაშიშ დანადგარებთან მომუშავე ადამიანები აღჭურვილნი უნდა იყვნენ შესაბამისი ინდივიდუალური დაცვის საშუალებებით – ვიბროხელთათმანით და ვიბროჩამქრობი ფეხსაცმელით. აუცილებლობის შემთხვევაში ვიბროჩამქრობ ფეხსაცმელთან ერთად უნდა გამოიყენონ დაწნეხილი მიკროფოროვანი რეზინისაგან დამზადებული სამუხლური, რომელიც იდება შარვლის სპეციალურ ჯიბეში და შემოეჭიმება ფეხს ჩაკერებული თასმების საშუალებით.

თუ საწარმოო პირობებიდან გამომდინარე, აუცილებელია ვიბრირებულ ზედაპირზე ხანგრძლივად ყოფნა, მაგ. საყალიბებელ პოსტზე (დისტანციური მოწყობილობის არარსებობის შემთხვევაში), გამოიყენება სპეციალური ანტივიბრაციული ავეჯი, ვიბროიზოლირებული ბაქნები. საერთო ვიბრაციის შემთხვევაში – სპეციალური ანტივიბრაციული ავეჯი, ვიბროიზოლირებული ბაქნები და ა.შ.

ვიბრირებულ ზედაპირებთან ხელით შეხების შემთხვევაში ვიბრაციისაგან ხელების დასაცავად გამოიყენება ვიბროხელთათმანი და საბუხარები, რომლებიც ხელისგულის მხრიდან აღჭურვილია შუასადებით.

## **თავი 9**

### **9.1. გარემოს დაბინძურება ინფრაბგერული ტალღებით**

ინფრაბგერა (ლათ. *infra* – ქვევით, ქვეშ) ბგერების ანალოგიური დრეკადი ტალღებია, მაგრამ მათი რხევის სიხშირე ადამიანისთვის სმენადი რხევების სიხშირეებზე დაბალია. ინფრაბგერითი ველის ზედა ზღვარად, ჩვეულებრივ, იღებენ 16-25 ჰც. ინფრაბგერული დიაპაზონის ქვედა ზღვარი დადგენილი არაა. პრაქტიკულ ინტერესს წარმოადგენს ჰერცის მეათედი და მეასედი ნაწილი სიხშირის რხევები, ე.ი. წამის მეათედი პერიოდებით. ინფრაბგერული რხევა ძირითადად ემორჩილება ბგერული რხევების კანონზომიერებებს, მაგრამ დაბალი სიხშირე გარკვეულ თავისებურებებსაც ანიჭებს.

ინფრაბგერა , სმენადი ბგერებისაგან განსხვავებით, ჰაერის გარემოში დიდ მანძილზე ვრცელდება (მისი ენერგიის მცირედ შთანთქმის გამო). ინფრაბგერის ინტენსივობის საზომი ერთეულია ვტ/მ<sup>2</sup>, ხოლო ინტენსივობის დონის – დბ.

ინფრაბგერის ზემოქმედებას ადამიანი შეიძლება განიცდიდეს როგორც მუშაობის, ისე დასვენების პერიოდში.

ინფრაბგერის ზედმეტად მაღალი დონის შემთხვევაში საუბრობენ ინფრაბგერული დაბინძურების შესახებ. დიდი ქალაქის ყოველი მაცხოვრებელი განიცდის ინფრაბგერის ზემოქმედებას. დიდ ქალაქებში ინფრაბგერის დონე 80-დან 110 დბ-ის ფარგლებში მერყეობს. ადამიანს სხვადასხვა დონის ინფრაბგერის ზემოქმედება შეუძლია შეიგრძნოს ბინაში, ოფისში, ტრანსპორტში, ე.ი. პრაქტიკულად ყველგან.

სპექტრის მიხედვით ინფრაბგერული ხმაური იყოფა ტონალურ და ფართოხოლოვან ხმაურად. დროითი მახასიათებლების მიხედვით ინფრაბგერული ხმაური იყოფა მუდმივ და არამუდმივ ინფრაბგერულ ხმაურად. ინფრაბგერის წყარო შეიძლება იყოს როგორც ბუნებრივი ( ძლიერი ქარისა და ტალღების მოქმედება სხვადასხვა ბუნებრივ ობიექტსა და ნაგებობებზე), ისე ხელოვნური (სამრეწველო).

დედამიწის ქერქში შეიმჩნევა სხვადასხვა წყაროს მიერ წარმოქმნილი ინფრაბგერული სიხშირის რყევები და ვიბრაცია.

ინფრაბგერითი ტალღა ცუდად შთანთქმება სხვადასხვა გარემოში, ამიტომ ჰაერში, წყალში და დედამიწის ქერქში ძალიან დიდ მანძილზე შეუძლია გავრცელება. ეს მოვლენა **პრაქტიკულ გამოყენებას** პოულობს ძლიერი აფეთქების ადგილის ან სასროლი იარაღის მდებარეობის განსაზღვრისას. ზღვაში ინფრაბგერის დიდ მანძილზე გავრცელება სტიქიური უბედურების – ცუნამის წინასწარმწვევლების საშუალებას იძლევა. აფეთქების ხმაური, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ინფრაბგერული სიხშირის ბგერებს, გამოიყენება ატმოსფეროს ზედა ფენებისა და წყლის გარემოს თვისებების გამოსაკვლევადა. ინფრაბგერის წყარო შეიძლება იყოს როგორც ბუნებრივი ( ძლიერი ქარისა და ტალღების მოქმედება სხვადასხვა ბუნებრივ ობიექტსა და ნაგებობებზე), ისე ხელოვნური (სამრეწველო).

## 9.2. ინფრაბგერა ბუნებაში

ინფრაბგერული ტალღები ახლავს ბევრ ბუნებრივ პროცესს – მიწისძვრას, ვულკანის ამოფრქვევას, ზღვის ქარიშხალს. ინფრაბგერა შედის ატმოსფეროს, ტყისა და ზღვის ხმაურში. ინფრაბგერული რხევების წყაროა ჭექა-ქუხილის განმუხტვა.



ნახ. 40. ინფრაბგერის ბუნებრივი წყაროები

“ზღვის ხმა” – ინფრაბგერული ტალღებია, რომლებიც წარმოიქმნება ძლიერი ქარის დროს ზღვის ზედაპირზე. ტალღების თხემებს უკან წარმოქმნილი გრიგალის შედეგად. იმის შედეგად, რომ ინფრაბგერა ცუდად შთაინთქმება, ის დიდ მანძილზე ვრცელდება, ხოლო რამდენადაც მისი გავრცელების სიჩქარე მნიშვნელოვნად აღემატება შტორმის გავრცელების სიჩქარეს, ამდენად “ზღვის ხმა” შეიძლება შტორმის დროულად წინასწარმეტყველებისათვის იქნეს გამოყენებული. შტორმის თავისებურ ინდიკატორად შეიძლება გამოდგეს მედუზა, რომელსაც ზარსუფის პირზე აქვს პრიმიტიული თვალები და წონასწორობის ორგანოები – სმენის არხები, რომლის საშუალებითაც მედუზა აღიქვამს 8-13 ჰც სიხშირის ინფრაბგერებს. შტორმი ბობოქრობს ნაპირიდან ასეულობით კილომეტრის დაშორებით, მედუზებამდე ის მოაღწევს დაახლოებით 20 საათის შემდეგ, მედუზებს კი უკვე ესმის შტორმის ხმა და მიდიან ზღვის სიღრმეში.

დაბალსიხშირულმა ბგერითმა რხევებმა შეიძლება ოკეანის თავზე სქელი ნისლის (“რქესავით”) სწრაფად წარმოქმნა და ასევე სწრაფად გაქრობა გამოიწვიოს. ზოგიერთი მკვლევარი ბერმუდის სამკუთხედის ფენომენს ინფრაბგერით ხსნის,

რომელიც დიდი ტალღებით გენერირდება – ადამიანებს ძლიერი, პანიკური შიში ეუფლებათ და გაუწონასწორებელი ხდებიან.



ნახ. 41. “ზღვის ხმა” –ინფრაბგერები ზღვის სელაპირზე

ინფრაბგერა ატმოსფეროში შეიძლება იყოს როგორც სეისმური რყევების შედეგი, ინფრაბგერას ასევე შეუძლია აქტიურად იმოქმედოს მასზე. ლითოსფეროსა და ატმოსფეროს შორის რხევითი ენერგიების ურთიერთმიმოცვლის ხასიათში შეიძლება გამომჟღავნდეს დიდი მიწისძვრების შემზადების პროცესი. ინფრაბგერითი რხევები “მგრძნობიარეა” სეისმური აქტივობის ცვლილებისადმი 2000 კმ-მდე რადიუსში.

დედამიწის ატმოსფეროში ინფრაბგერული რხევები წარმოადგენს მრავალრიცხოვანი გეოსფერული პროცესებისა და ახლო კოსმოსში მიმდინარე პროცესების რეზულტატია. კოსმოსური წარმოშობის ენერგიის მოქმედება დედამიწაზე მიმდინარე პროცესებზე ჩვეულებრივ დაკავშირებულია მზის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან და კორპუსკულარულ ნაკადებთან. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ურთიერთქმედებამ ატმოსფეროს გამჭვირვალობის არაერთგვაროვნებასთან შეიძლება გამოიწვიოს აკუსტიკური რხევების გენერაცია სიხშირეთა ფართო დიაპაზონში. უნდა აღინიშნოს, რომ ატმოსფეროს გამჭვირვალობის არაერთგვაროვნება მნიშვნელოვანწილად განისაზღვრება მზის აქტივობით. მოსალოდნელია, რომ ატმოსფეროს ინფრაბგერულ სპექტრში გამომჟღავნდება მზის აქტივობის რითმიკა. მზის აქტივობის კავშირი ბიოსფერულ პროცესებთან ხორციელდება აკუსტიკური არხის

მეშვეობით. ატმოსფეროს ინფრაბგერული რხევები დაკავშირებულია სეისმურ აქტივობასთან.

მზე, პლანეტათაშორისი არე, ატმოსფერო და ლითოსფერო ერთიან სისტემას წარმოადგენს, რომელშიც გეოსფეროს ურთიერთქმედების პროცესებში არსებით როლს თამაშობს ინფრაბგერული ტალღები.

დედამიწის ატმოსფეროში აკუსტიკური რხევების გამომწვევი კოსმოსური წარმოშობის ენერჯის რამდენიმე წყარო არსებობს. ესაა მთვარისა და მზის გრავიტაციული მოქმედება, მეტეორების დაცემა და მისთ.

**მომღერალი ქვიშა.** დედამიწაზე არის ადგილები (კოლის ნახევარკუნძულზე მეჩენები, მდინარე ლენას ველები, ბაიკალის სანაპირო და სხვ.), სადაც მოძრავი ქვიშია დიდი ფართობი ისე ჟღერს, თითქოს ირგვლივ მთელი უდაბნო “მღერის”. სხვა ადგილებში მხოლოდ პატარ-პატარა უბნები ჟღერს. ეს ბგერები ბევრ ადამიანში გაუაზრებელ შიშის გრძნობას, ამ ადგილებიდან სწრაფად წასვლის სურვილს ბადებს. მეცნიერთა ნაწილი ამ ფაქტს ინფრაბგერული რხევებით ხსნის.

#### **ინფრაბგერა – კატასტროფის მიზეზი**

მსოფლიო ოკეანეში მეთანჰიდრატის – მეთანური ყინულის უზარმაზარი მარაგებია. ეს არის წყლისა და აირის კონგლომერატი, რომელიც შედგება 32 მოლეკულა წყლისა და 8 მოლეკულა მეთანისგან შემდგარი კლასტერებისაგან. მეთანჰიდრატები წარმოიქმნება იქ, სადაც ზღვის ფსკერზე დედამიწის ქერქში არსებული ბზარიდან გამოიყოფა ბუნებრივი აირი. ინფრაბგერული ტალღა, რომელიც უზარმაზარი ენერჯის მატარებელია, შლის მეთანურ ყინულს, და აირი მეთანი გამოიყოფა წყალში. მეთანის გამომყოფი კრატერები გფრ-ის სამეცნიერო-კვლევითმა ხომალდმა აღმოაჩინა პაკისტანის სანაპიროებთან 1987 წელს. მეთანის გამოყოფისას წარმოქმნილ აირწყლის ნარევეს აქვს ძალიან მცირე სიმკვრივე და ამ ზონაში აღმოჩენილი ხომალდი შეიძლება უცბად ჩაიძიროს. ასევე, ხომალდი, რომელიც მიფრინავს ამ ზონის თავზე, მოულოდნელად შეიძლება ღრმად “ჩავარდეს” საჰაერო ორმოში და დაეცეს წყლის ზედაპირზე. ითვლება, რომ ხომალდებისა და თვითმფრინავების ბევრი აუხსნელი კატასტროფა დაკავშირებულია ზღვის სიღრმიდან მეთანის მოულოდნელ გამოყოფასთან.

### 9.3. ინფრაბგერის ხელოვნური წყაროები

დაბალი სიხშირის ინტენსიური ინფრაბგერული ტალღების გამოსხივება ახლავს ბევრ საწარმოო პროცესს, აფეთქებასა და იარაღიდან გასროლას. ასე, მაგალითად, ინფრაბგერები წარმოიქმნება დგუშიანი კომპრესორების, რეაქტიული ძრავების, ტურბინების, დიზელის ძრავების, ელმავლის, სამრეწველო ვენტილატორების და სხვა მსხვილგაბარიტული მანქანა-მექანიზმების მუშაობისას. ინფრაბგერული რხევები ახლავს საავიაციო და კოსმოსური ტექნიკის მუშაობას. ავიაციაში ინფრაბგერის წყაროს წარმოადგენს რეაქტიული ძრავის ტურბინა და კომპრესორი. რეაქტიული ძრავები და რაკეტები წარმოქმნიან დაბალსიხშირული სპექტრის ინფრაბგერულ ტალღებს.

ადამიანის საქმიანობის სხვადასხვა სფეროში მანქანა-მექანიზმების გამოყენება, მათი სიმძლავრისა და გაბარიტების, მწარმოებლობისა და სხვა ტექნიკური მახასიათებლების გაზრდა განაპირობებს სამუშაო ადგილებზე ხმაურის სპექტრში დაბალსიხშირული მდგენელების ზრდის ტენდენციას და ინფრაბგერის გაჩენას.

ცხრილი № 6

ინფრაბგერის წყარო	ინფრაბგერის დამახასიათებელი სიხშირული დიაპაზონი	ინფრაბგერის დონე
საავტომობილო ტრანსპორტი	ინფრაბგერის დიაპაზონის მთელი სპექტრი	გარეთ 70-90 დბ
რკინიგზის ტრანსპორტი და ტრამვაი	10-16 ჰც	შიგნით და გარეთ 85 დბ 120 დბ
აეროდინამიკური და დარტყმითი ქმედების სამრეწველო დანადგარები	8-12 ჰც	90 105 დბ
სამრეწველო დანადგარების და სათავსების ვენტილაცია, მეტროს ვენტილაცია	3-20 ჰც	75 95 დბ
რეაქტიული თვითმფრინავები	20 ჰც-მდე	გარეთ 130 დბ-მდე

ინფრაბგერის ხელოვნურ წყაროებს მიეკუთვნება:

დიდი ზედაპირის მქონე მექანიზმები (ვიბროცხავი, ვიბრომოედანი და მისთ.), რომელთა მუშა ციკლთა რიცხვი წამში 20-ს არ აღემატება (მექანიკური წარმოშობის ინფრაბგერა); რეაქტიული ძრავები; დიდი სიმძლავრის შიგაწვის

ძრავები; ტურბინები; მძლავრი აეროდინამიკური დანადგარები; ვენტილატორები, კომპრესორები და სხვა დანადგარები, რომლებიც ქმნიან აირის ნაკადების დიდ ტურბულენტურ მასებს (აეროდინამიკური წარმოშობის ინფრაბგერა); ტრანსპორტი.

თანამედროვე ქარის ტურბინები გამოსცემენ 60-63 დბ ინტენსივობის ინფრაბგერებს. ქარის ტურბინის მოძრავი მოწყობილობის პრაქტიკულად ყოველი ნაწილი გამოსცემს ინფრაბგერას, თუმცა ადამიანებს არ შეუძლიათ ინფრაბგერის მოსმენა ან აღქმა, როდესაც ქარის ტურბინის გვერდით დგანან. სამხრეთ ინდოეთში კუდანკულამის ქარის პარკის თანამშრომლები ამტკიცებენ, რომ ქარის პარკის აშენების შემდეგ ინფრაბგერის მუდმივი ზემოქმედების გამო რეგიონიდან გაქრა ფრინველები და ცხოველები. შედეგად გაიზარდა შხამიანი მწერებისა და გველების რაოდენობა.



ნახ. 42. ინფრაბგერა – ქარის ენერჯის თანმხლები

ქარის წისქვილიც ინტენსიური ინფრაბგერის წყაროს წარმოადგენს, რაც ქარის წისქვილთან ახლოს მცხოვრები ადამიანებისათვის შეიძლება გახდეს გულთან დაკავშირებული პრობლემის, პანიკური შეტევის, გულისრევის და თავის ტკივილის მიზეზი. ამერიკელმა სპეციალისტებმა, რომლებიც ხუთი წლის განმავლობაში აშშ-ში, დიდ ბრიტანეთში, იტალიაში, ირლანდიასა და კანადაში იკვლევდნენ ქარის წისქვილების გავლენას ქარის წისქვილების მეზობლად დასახლებული ადამიანების ჯანმრთელობაზე, დაადგინეს, რომ ქარის წისქვილების აგება დასაშვებია დასახლებული პუნქტიდან არაუმცირეს 2000 მ დაშორებით. ქარის ძრავებით წარმოქმნილი ვიბრაცია და ინფრაბგერა იწვევს მთელ რიგ სიმპტომებს, რომელსაც „ქარის წისქვილის სინდრომი“ უწოდეს. ეს სიმპტომებია:

ტახიკარდია, ძილის დარღვევა, თავის ტკივილი, გულისრევა, მხედველობის დაბინდვა, პანიკური შეტევები, გაღიზიანებულობა და ყურებში ხმაური. აღსანიშნავია, რომ საცხოვრებელი ადგილის გამოცვლისას ეს სინდრომები ქრება.

სამრეწველო წარმოებისა და ტრანსპორტის განვითარებამ მნიშვნელოვნად გაზარდა გარემოში ინფრაბგერის წყაროების რაოდენობა და ინფრაბგერის დონის ინტენსივობა.

საწარმოო პირობებში ინფრაბგერა შერწყმულია დაბალსიხშირულ ხმაურთან, ხოლო დაბალსიხშირულ ვიბრაციასთან.

#### 9.4. ინფრაბგერის გავლენა ადამიანის ორგანიზმზე

აკუსტიკური ბგერებიდან ადამიანის ორგანიზმისათვის განსაკუთრებულ საფრთხეს წარმოადგენს ინფრაბგერა – ადამიანი ძლიერ მგრძობიარეა ინფრაბგერული ტალღების მიმართ. დაბალსიხშირული რხევების ხანგრძლივად ზემოქმედება იწვევს სისუსტეს, დაღლილობას, ყურადღებისა და შრომისუნარიანობის დაქვეითებას, გარიზიანებულობას, ძილის დარღვევას, თავის ტკივილს, ყურის დოღური აფსკის საგრძნობ მოძრაობას; ზოგიერთ ადამიანში ფსიქიკურ დარღვევასაც კი იწვევს. უნდა აღინიშნოს, რომ ინფრაბგერის აღქმისა და ადამიანზე მისი ფიზიოლოგიური მოქმედების მექანიზმი ბოლომდე შესწავლილი არ არის.

რეაქტიული თვითმფრინავიდან 200-300 მეტრის დაშორებით მყოფ ადამიანებს უჩნდებათ უმიზეზო შიშის გრძნობა, მატულობს არტერიული წნევა. რეაქტიული ძრავის მუშაობისას ადგილი აქვს გულ-მკერდის, მუცლის ღრუს შერყევას; იქმნება მდგომარეობა, რომელიც ზღვის ავადმყოფობას წააგავს – ვითარდება თავბრუსხვევა, გულისრევა.

ინფრაბგერა ადამიანის მიერ აღიქმება სმენისა და ტაქტილური გრძნობელობის ხარჯზე, ასე, მაგალითად 2-5 ჰც სიხშირისა 100-125 დბ ბგერითი წნევის შემთხვევაში შუა ყურში წნევის ცვლილების გამო შეიმჩნევა დოღის აფსკების მოძრაობა, გაძნელებული ყლაპვა, თავის ტკივილი. ბგერული წნევის დონის გაზრდამ 125 – 137 დბ-მდე შეიძლება გამოიწვიოს გულმკერდის ვიბრაცია, “ვარდნის” შეგრძნება, ლეტარგია. 15-20 ჰც სიხშირის ინფრაბგერა იწვევს შიშის



გრძნობას. ცნობილია ინფრაბგერის გავლენა ვესტიბულარულ აპარატზე და სმენითი მგრძნობელობის დაქვეითებაზე.

გასული საუკუნის 60-იანი წლების ბოლოს ფრანგმა მეკვლევარმა გავრომ აღმოაჩინა, რომ გარკვეული სიხშირის ინფრაბგერას შეუძლია ადამიანში გამოიწვიოს განგაში და აფორიაქება. ინფრაბგერის მოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს თავის ტკივილი, ყურადღებისა და შრომისუნარიანობის დაქვეითება და ზოგჯერ ვესტიბულარული აპარატის ფუნქციის დარღვევაც კი.

პროფესორმა გავრომ ინფრაბგერები თითქმის შემთხვევით გაიცნო. ლაბორატორიის ერთ-ერთ სათავსში, სადაც მისი თანამშრომლები მუშაობდნენ, რაღაც პერიოდში შეუძლებელი გახდა გაჩერება. საკმარისი იყო 2 საათის განმავლობაში გაჩერება, რომ თავი შეუძლოდ ეგრძნოთ (თავბრუსხვევა, დაღლილობა, აზრების არევა, აზროვნების გაძნელება). გამოკვლევამ აჩვენა, რომ ასეთი მდგომარეობის მიზეზი იყო მაღალი სიმძლავრის ინფრაბგერები, რომელსაც ქმნიდა ლაბორატორიის ახლოს აშენებული ახალი ქარხნის სავენტილაციო სისტემა. ამ ტალღების სიხშირე 7 ჰც-ს შეადგენდა. შესაძლოა, რომ ეს დაკავშირებულია ორგანიზმში რეზონანსული რხევის აღძვრასთან. ასე, მაგალითად, ადამიანის ვესტიბულარული აპარატის საკუთარი სიხშირე უახლოვდება 6 ჰც, და ბევრისთვისაა ცნობილი ავტობუსით, მატარებლით, გემზე ხანგრძლივად მგზავრობისას ან საქანელაზე ქანაობისას აღძრული უსიამოვნო შეგრძნება.

ინფრაბგერის ტალღის სიგრძე ძალიან დიდია (3,5 ჰც სიხშირეზე 100 მ უტოლდება), ასევე დიდია სხეულის ქსოვილში შეღწევა. შეიძლება ითქვას, რომ ადამიანი ინფრაბგერას მთელი სხეულით ისმენს.

1÷3 ჰც სიხშირის დიაპაზონში ინფრაბგერა იწვევს ჟანგბადის უკმარისობას, სუნთქვის რითმის დარღვევას. 5÷10 ჰც სიხშირის ინფრაბგერა იწვევს შინაგანი ორგანოების ვიბრაციას, გულმკერდში და მუცლის ქვედა ნაწილში მტკივნეულ შეგრძნებებს, შიშის გრძნობას, ვესტიბულარული აპარატის ფუნქციის დარღვევას;

ადამიანზე მოქმედებისას ყველაზე საშიშია 6÷9 ჰერცი სიხშირის შუალედი. ხოლო ყველაზე ძლიერი ფსიქოტრონული ეფექტი მუდავნდება 7 ჰც სიხშირეზე, რომელიც ტვინის ბუნებრივი რხევის აღფართომის თანაზომადია, ამასთან ამ დროს ნებისმიერი გონებრივი მუშაობა შეუძლებელია, რამდენადაც ამ დროს ადამიანს აქვს შეგრძნება, რომ თავი “ ნაწილებად იშლება”. 7 ჰც სიხშირის ინფრაბგერის

ზემოქმედება შეიძლება ლეტალურად დამთავრდეს. 8 ÷ 12 ჰც სისშირის დიაპაზონის ინფრაბგერა იწვევს ტკივილს ხერხემალში; უფრო მაღალი სისშირის დიაპაზონში შეიმჩნევა მტკივნეული სიმპტომები: პირის ღრუში, ხახაში, საშარდე ბუშტში, სწორ ნაწლავში, ზოგიერთ კუნთში.

დაბალი ინტენსივობის ბგერა იწვევს გულისრევის და ყურებში უღარუნის შეგრძნებას, მხედველობის გაუარესებას და ადამიანში უსაფუძვლო შიშს.

სუსტ ინფრაბგერასაც კი შეუძლია ადამიანზე ზემოქმედება, განსაკუთრებით თუ ეს მოქმედება ხანგრძლივია.

სუსტი ინფრაბგერა მოქმედებს შიგა ყურზე და ქმნის „ზღვის ავადმყოფობის“ სურათს. ძლიერმა ინფრაბგერამ კი შეიძლება შინაგანი ორგანოები დააზიანოს.

საშუალო ინტენსივობის ბგერა აღიზიანებს საჭმლის მომნელებელ ორგანოებსა და ტვინს, იწვევს პარალიზს, საერთო სისუსტეს, ზოგჯერ კი დაბრმავებას.

მძლავრ ინფრაბგერას შეუძლია დააზიანოს და საერთოდ გააჩეროს კიდევ გული. ჩვეულებრივ არასასიამოვნო შეგრძნებები იწყება 120 დბ-დან, მატრავმირებელი კი 130 დბ-დან.

საშუალო სიმძლავრის ინფრაბგერის მოქმედებისას შეიმჩნევა საჭმლის მომნელებელი ორგანოების გაღიზიანება, მოქმედებს რა ტვინზე, შეიძლება გამოიწვიოს გულისწასვლა, დათრგუნვა, ყურადღების და შრომისუნარიანობის დაქვეითება, შიშის გრძნობის დაუფლება, საერთო სისუსტე, ვესტიბულარული აპარატის ფუნქციის დარღვევა. საშუალო სიმძლავრის ინფრაბგერამ შეიძლება დაბრმავებაც კი გამოიწვიოს. განსაკუთრებით საშიშია 7 ჰც სისშირის ინფრაბგერა, ვინაიდან შეიძლება მოხდეს ტვინის ბიოდენის ალფა- რითმთან თანხვედრა.

110-150 დბ დონის ინფრაბგერა იწვევს არასასიამოვნო სუბიექტურ შეგრძნებებს და სხვადასხვა ფუნქციონალურ ცვლილებებს ორგანიზმში, ცვლილებებს ცენტრალურ ნერვულ, გულ-სისხლძარღვთა, ენდოკრინულ სისტემებში, ვესტიბულარულ აპარატში. ამრიგად, ინფრაბგერა მოქმედებს ადამიანის მთელ ორგანიზმზე და სპეციფიურ გავლენას ახდენს სმენის ორგანოზე. ინფრაბგერის ბიოლოგიური აქტიურობის მიზეზი, სავარაუდოდ, არის რხევები, რომლებსაც აღიქვამს როგორც სმენის ორგანო, ისე სხეულის მთელი ზედაპირი.

დაახლოებით 12 ჰც სისშირის და 85-110 დბ ინფრაბგერები იწვევს ზღვის ავადმყოფობის სიმპტომებს, ხოლო 15-18 ჰც სისშირისა და იგივე ინტენსივობის ინფრაბგერა ადამიანში იწვევს აფორიაქებას, თავდაუჯერებლობას და პანიკურ შიშს.

ფრანგმა მეკვლევარმა გავრომ, რომელიც სწავლობდა ინფრაბგერის გავლენას ადამიანის ორგანიზმზე, დაადგინა, რომ 6 ჰც სისშირის ინფრაბგერა ცდებში მონაწილეობის მოხალისეში ჯერ იწვევდა დაღლილობის შეგრძნებას, შემდეგ – აფორიაქებას, რომელიც გადადიოდა უსაფუძვლო შიშში. გავროს აზრით 7 ჰც სისშირის ბგერას შეუძლია გულისა და ნერვული სისტემის პარალიზი.

ადამიანის ორგანიზმის სისტემების უმეტესობის დამახასიათებელი რითმების ინფრაბგერული დიაპაზონი მოცემულია ცხრილში №7.

ცხრილი №7

ადამიანის ორგანიზმის სიტემა	დამახასიათებელი რითმების ინფრაბგერული დიაპაზონი, ჰერცი
გულის შეკუმშვა	1-2
ტვინის დელტა-რითმი (ძილის მდგომარეობა)	0,5-3,5
ტვინის ალფა-რითმი (მშვიდი მდგომარეობა)	8-13
ტვინის ბეტა-რითმი (გონებრივი მუშაობის მდგომარეობა)	14-35
თავი	20-30
თვალი	40-100
ვესტიბულარული აპარატი	0,5 – 13
გული	1-2
კუჭი	2-3
ნაწლავები	2-4
მუცლის ღრუ	4-8
თირკმელი	6-8
ხელები	2-5
ხერხემალი	6

შინაგანი ორგანოებიც ინფრაბგერული სისშირეებით ვიბრირებენ. ინფრაბგერულ დიაპაზონშია ნაწლავების რიტმიც. ექიმებმა ყურადღება მიაქციეს მუცლის ღრუს რეზონანსს. მუცლის ღრუს რხევის სისშირეა 4-8 ჰერცი.

**ფილტვები და გული**, როგორც ყველა მოცულობით რეზონირებად სისტემებს, ინტენსიური რხევებისადმი აქვს მიდრეკილება რეზონანსის დროს მისი სისშირის

ინფრაბგერის სიხშირესთან დამოხვევისას. ინფრაბგერის მიმართ ყველაზე მცირე წინაღობა აქვს ფილტვების კედლებს, რამაც საბოლოო ჯამში შეიძლება გამოიწვიოს მათი დაზიანება.

**ტვინი.** ცდებში მონაწილეობის მოხალისეთა მცირე ნაწილს შესთავაზეს მარტივი ამოცანის შესრულება ჯერ 15 ჰერცზე დაბალი სიხშირისა და 115 დბ დონის ხმაურის ზემოქმედებისას, ხოლო შემდეგ ალკოჰოლის ზემოქმედების დროს და, ბოლოს, ორივე ფაქტორის ერთდროულად ზემოქმედებისას. დადგენილ იქნა, რომ ადამიანზე ალკოჰოლი და ინფრაბგერა ანალოგიურად მოქმედებს. ამ ფაქტორების ერთდროულად მოქმედებისას ეფექტი ძლიერდება, უმარტივესი გონებრივი სამუშაოს შესრულება შესამჩნევად უარესდება.

სხვა ცდებში დადგენილ იქნა, რომ ტვინსაც აქვს გარკვეულ სიხშირეებზე რეზონირების უნარი, შესაბამისი სიხშირის ინფრაბგერით ბიოტალღების შემთხვევით სტიმულაციას შეუძლია გავლენა მოახდინოს ტვინის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე.

**სისხლძარღვები.** ფრანგმა აკუსტიკოსებმა და ფიზიოლოგებმა ცდებით დაადგინეს, რომ 7,5 ჰც სიხშირისა და 130 დბ დონის ინფრაბგერის ზემოქმედებისას ადგილი აქვს არტერიული წნევის ქვედა ზღვარის მნიშვნელოვნად გაზრდას. ინფრაბგერის ზემოქმედებისას დაფიქსირდა გულის შეკუმშვათა და სუნთქვის რითმის ცვლილება, მხედველობისა და სმენის ფუნქციების შესუსტება, გაძლიერებული დაღლილობა და სხვა დარღვევები.

ცოცხალ ორგანიზმებზე დაბალსიხშირული რხევების ზემოქმედება დიდი ხანია ცნობილი. მაგალითად, ზოგიერთ ადამიანს, რომლებიც განიცდიან მიწისძვრის დროს მიწისქვეშა ბიძგებს, აწუხებს ღებინება, რაც დაკავშირებულია ვესტიბულარულ აპარატზე ზემოქმედებასთან, თუმცა მსგავსი ეფექტი ყველასთან არ შეიმჩნევა.

ინფრაბგერა განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ადამიანის ფსიქიკურ სფეროზე: ზიანდება ყველა სახის ინტელექტუალური საქმიანობა, უარესდება გუნება-განწყობა, ზოგჯერ ჩნდება დაბნეულობის, განგაშის, შიშის შეგრძნება, ხოლო მაღალი ინტენსივობის დროს – სისუსტის გრძნობა, ისე როგორც ძლიერი ნერვული სტრესის შემდეგ. ინფრაბგერები იწვევენ მსხვილი ქალაქების მაცხოვრებლების მრავალ ნერვულ დაავადებას.

ფიზიკაში რეზონანსი ეწოდება მერხევი ობიექტის ამპლიტუდის ზრდას, როდესაც მისი რყევის საკუთარი სიხშირე ემთხვევა გარე ზემოქმედების სიხშირეს. თუ ასეთი ობიექტი იქნება შინაგანი ორგანოები, სისხლძარღვთა ან ნერვული სისტემა, სრულიად რეალური ხდება მათი ფუნქციონირების დარღვევა და მექანიკური დაზიანებაც კი.

ინფრაბგერისა და შინაგანი ორგანოების რხევის სიხშირეთა დამთხვევისას შესაძლებელია გულის გაჩერება ან სისხლძარღვების დასკდომა.

ინფრაბგერა ადამიანისათვის საშიშ ფაქტორს წარმოადგენს. თუ ინფრაბგერითი რხევის პერიოდი ახლოსაა შინაგანი ორგანოების საკუთარი რხევის პერიოდთან, ვითარდება რეზონანსი. ამ დროს, მაგალითად, გულის შეკუმშვის ამპლიტუდა იმდენად იზრდება, რომ შეიძლება გასკდეს არტერია. გარკვეული ფაზური თანაფარდობისა და ინფრაბგერის საკმაო ინტენსიურობის შემთხვევაში შეიძლება შეფერხდეს სისხლის მიმოქცევა და გული გაჩერდეს.

შინაგანი ორგანოებისა და ინფრაბგერის სიხშირეთა დამთხვევისას შინაგანი ორგანოები იწყებენ ვიბრირებას, რასაც შეიძლება ახლდეს ძლიერი მტკივნეული შეგრძნებები.

განსაკუთრებით საშიშია 7 ჰც სიხშირის ინფრაბგერა, ვინაიდან შეიძლება მოხდეს ტვინის ბიოდენის ალფა- რითმთან თანხვედრა.

სამრეწველო და სატრანსპორტო წყაროების დაბალსიხშირული აკუსტიკური რხევების მაქსიმალური დონეები 100-110 დბ-ს აღწევს.

110 დბ დონის ინფრაბგერამ შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანებში უსიამოვნო სუბიექტური შეგრძნებები და მრავალი ცვლილება, როგორცაა ცვლილებები ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში, გულსისხლძარღვთა და სასუნთქ სისტემებში, ვესტიბულარულ ანალიზატორებში.

ინფრაბგერამ შეიძლება ადამიანში წარმოშვას ისეთი გრძნობები, როგორცაა ნაღველი, პანიკური შიში, სიცივის შეგრძნება, აფორიაქება, ჟრუანტელი ხერხემალში.

ინფრაბგერების ზემოქმედება ადამიანებში დაახლოებით ისეთივე შეგრძნებას იწვევს, როგორსაც მოჩვენებასთან შეხვედრა. განსაკუთრებით მაღალი ინტენსივობის ინფრაბგერამ ადამიანის ბიორითმთან რეზონანსის შემხვევაში შეიძლება გამოიწვიოს მყისიერი სიკვდილი.

ადამიანისათვის 0,05 – 0,06; 0,1–0,3; 80 და 300 ჰგ სისშირის ბიოეფექტურობა აიხსნება სისხლძარღვთა სისტემის რეზონანსით, ხოლო 0,02 –0,2; 1–1,6; 20 ჰგ სისშირის ბიოეფექტურობა – გულის რეზონანსით. ბიოლოგიურად აქტიური სისშირეების ნაკრები სხვადასხვა ცხოველისათვის სხვადასხვაა. მაგალითად, ადამიანისათვის გულის რეზონანსული სისშირეა 20 ჰგ, ცხენისათვის – 10 ჰგ, ხოლო ბოცვერისა და ვირთხისათვის - 45 ჰგ.

ადამიანზე დაახლოებით 6 ჰგ სისშირის ინფრაბგერის ზემოქმედებისას ადამიანს შეიძლება შეექმნას სივრცეში ორიენტაციის პრობლემა, დაეუფლოს აუხსნელი განგაში, შიში. ანალოგიურ შეგრძნებას იწვევს 4-8 ჰგ სისშირეზე სინათლის პულსაცია. ინფრაბგერას შეუძლია იმოქმედოს მხედველობაზე, ფსიქიკაზე, შექმნას სიცივის შეგრძნება.

საშუალო ინტენსივობის ინფრაბგერული რხევები იწვევს საჭმლის მონელების გაღიზიანებას, გულ-სისხლძარღვთა და სასუნთქი სისტემების დაზიანებას, ხოლო ფსიქიკაზე შეიძლება ყოველად მოულოდნელი ფორმით აისახოს.

განსაკუთრებით საშიშია მაღალი ინტენსივობის რხევები.

ინფრაბგერის ზემოქმედება იწვევს განგაშს, თავის ტკივილს, ტკივილს ხერხემალში და სხვა ნეგატიურ შეგრძნებებს.

ჩამოთვლილი ანომალიები იწვევენ ადამიანის ნორმალური ცხოველქმედების დარღვევას და მუდავნდება ინფრაბგერის წყაროდან საკმაოდ დაშორებულ მანძილზე (800 მ). ინფრაბგერამ შეიძლება ირიბი მოქმედებაც გამოიწვიოს ( მაგ., მინების, ჭურჭლის რყევა), რასაც თავის მხრივ იწვევს 40 დბ-ზე მაღალი სისშირის ხმაურიც.

სუსტ ინფრაბგერსაც კი შეუძლია ადამიანზე ზემოქმედება, განსაკუთრებით თუ ეს მოქმედება ხანგრძლივია. ზუსტად ინფრაბგერები იწვევენ მსხვილი ქალაქების მაცხოვრებლების მრავალ ნერვულ დაავადებას.

ინფრაბგერა საწარმოო პირობებში შერწყმულია დაბალსიხშირულ ხმაურთან, ხოლო მთელ რიგ შემთხვევაში – დაბალსიხშირულ ვიბრაციასთან.

სუსტი ინფრაბგერა მოქმედებს შიგა ყურზე და ქმნის „ზღვის ავადმყოფობის“ სურათს. ძლიერმა ინფრაბგერამ კი შეიძლება შინაგანი ორგანოები დააზიანოს. საშუალო სიმძლავრის ინფრაბგერის მოქმედებისას შეიმჩნევა საჭმლის მომნელებელი ორგანოების გაღიზიანება, მოქმედებს რა ტვინზე, შეიძლება

გამოიწვიოს გულისწასვლა, დათრგუნვა, ყურადღების და შრომისუნარიანობის დაქვეითება, შიშის გრძობის დაუფლება, საერთო სისუსტე, ვესტიბულარული აპარატის ფუნქციის დარღვევა. საშუალო სიმძლავრის ინფრაბგერამ შეიძლება დაბრმავებაც კი გამოიწვიოს.

110-150 დბ დონის ინფრაბგერა იწვევს არასასიამოვნო სუბიექტურ შეგრძნებებს და სხვადასხვა ფუნქციონალურ ცვლილებებს ორგანიზმში, ცვლილებებს ცენტრალურ ნერვულ, გულ-სისხლძარღვთა, ენდოკრინულ სისტემებში, ვესტიბულარულ აპარატში. ამრიგად, ინფრაბგერა მოქმედებს ადამიანის მთელ ორგანიზმზე და სპეციფიურ გავლენას ახდენს სმენის ორგანოზე. ინფრაბგერის ბიოლოგიური აქტიურობის მიზეზი, სავარაუდოდ, არის რხევები, რომლებსაც აღიქვამს როგორც სმენის ორგანო, ისე სხეულის მთელი ზედაპირი. ინფრაბგერის მოქმედება შეიძლება დაიყოს ოთხ გრადაციად: სუსტიდან სასიკვდილომდე.

ამდენად, აკუსტიკური ბგერებიდან ადამიანის ორგანიზმისათვის განსაკუთრებულ საფრთხეს წარმოადგენს ინფრაბგერა. მიუხედავად ამისა, ინფრაბგერული რხევის ინტენსივობა ამჟამად არ ნორმირდება იმ მიზეზის გამო, რომ იგი არასაკმარისადაა შესწავლილი.

ჩამოთვლილი ანომალიები იწვევენ ადამიანის ნორმალური ცხოველქმედების დარღვევას და მუღავნდება ინფრაბგერის წყაროდან საკმაოდ დაშორებულ მანძილზე (800 მ). ინფრაბგერამ შეიძლება ირიბი მოქმედებაც გამოიწვიოს ( მაგ., მინების, ჭურჭლის რყევა), რასაც თავის მხრივ იწვევს 40 დბ-ზე მაღალი სიხშირის ხმაურიც.

## 9.5. ინფრაბგერული იარაღი

ადამიანის ორგანოებს, ისევე როგორც ნებისმიერ ფიზიკურ სხეულს , აქვს საკუთარი რეზონანსული სიხშირე. ამ სიხშირესთან ინფრაბგერის ზემოქმედებით შეიძლება მოხდეს სტრუქტურის შინაგანი ცვლილება და ამ სტრუქტურის საკუთარი მუშაობის უნარის დაკარგვაც კი. ამ პრინციპს ემყარება ინფრაბგერული იარაღი. მოქმედი ინფრაბგერისა და ტვინის რითმების დამთხვევისას შეიძლება დაზიანდეს ტვინის ცერებრალური მექანიზმების აქტივობა.

ინფრაბგერულ იარაღში დამაზიანებელ საშუალებად გამოიყენება ძლიერი ინფრაბგერა. ინფრაბგერული ზემოქმედების ძალისგან დამოკიდებულებით

ზემოქმედების შედეგი შეიძლება იყოს ზემოქმედების ობიექტში შიშის, საშინელების ან პანიკისა და ფსიქოზის აღძვრა და ამის ნიადაგზე სომატური გაღიზიანებები (მხედველობის გაღიზიანებიდან დაწყებული ლეტალურ დასასრულამდე).

## 9.6. ინფრაბგერასთან ბრძოლის ღონისძიებები

ინფრაბგერასთან ბრძოლის ერთ-ერთი საშუალებაა კომპრესორებისა და სხვა მანქანების ინფრაბგერული ხმაურის მაყუჩი.

**პროფილაქტიკური ღონისძიებები.** ინფრაბგერული რხევების ნორმირება, არასაკმარისად შესწავლის გამო, ჯერჯერობით არ ხდება. შრომის ჰიგიენის პირველი რიგის ამოცანაა საწარმოში ინფრაბგერის ინტენსივობის შემცირება, რომელიც ტარდება შემდეგი მიმართულებით:

- ინფრაბგერის შესუსტება მისი წარმოქმნის წყაროში, მანქანათა სწრაფსვლიანობის ამაღლებით ინფრაბგერის წარმოქმნის მიზეზის აცილება;
- დიდი ზომის კონსტრუქციების სიმტკიცის გაზრდა;
- დაბალსიხშირული ვიბრაციის თავიდან აცილება;
- ინფრაბგერის წყაროს იზოლაცია;
- ინფრაბგერის შთანთქმა, ჩამსშობების (რეზონანსული და კამერული) დაყენება;
- რეაქტიული ტიპის მაყუჩების მოწყობა;
- ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები;
- სამედიცინო პროფილაქტიკა.

რამდენადაც ინფრაბგერა მოქმედებს სმენის ორგანოზე და ვესტიბულარულ აპარატზე, ასევე სხეულის მთელ ზედაპირზე, აუცილებელია ინფრაბგერის ზემოქმედებისაგან როგორც სმენის ორგანოს დაცვა სპეციალური ხმაურწინაღობით, ისე მთელი სხეულის ზედაპირის დაცვა. მნიშვნელოვანი სამედიცინო პროფილაქტიკური ღონისძიებაა წინასწარი და პერიოდული სამედიცინო შემოწმება (წელიწადში ერთხელ). განსაკუთრებული ყურადღებაა საჭირო კადრების პროფესიული შერჩევის დროს.



## თავი 10

### 10.1. გარემოს დაბინძურება ულტრაბგერით

ულტრაბგერას მიეკუთვნება რხევები, რომელთა სიხშირე 16-20 კჰც-ს აღემატება და რომელსაც სმენის ორგანო ვერ აღიქვამს. ულტრაბგერის სიმძლავრე რამდენიმე კილოვატს აღწევს.

ულტრაბგერა ხშირად გვხვდება ბუნებაში – ულტრაბგერა ახლავს ფოთლების შრიალს, ზღვის მოქცევის ხმაურს და სხვ. ცხოველთა სამყაროში ულტრაბგერებით სრულდება მთელი რიგი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ფუნქციები: ღამურების ექოლოკაცია, მწერების სიგნალები და სხვ.

საწარმოო პირობებში დაბალსიხშირული ულტრაბგერა წარმოიქმნება აეროდინამიკური პროცესების დროს და წარმოადგენს ხმაურის (სმენადი ბგერების) თანამგზავრს. ულტრაბგერა წარმოიქმნება რეაქტიული ძრავების, აირის ტურბინების, მძლავრი პნევმოძრავების და სხვ. მუშაობისას. ულტრაბგერა ფართოდ გამოიყენება ტექნიკისა და მრეწველობის სხვადასხვა დარგში, მედიცინაში.

დაბალსიხშირული ულტრაბგერა მაღალსიხშირულთა ხმაურთან ერთად კარგად ვრცელდება ჰაერში, მაგრამ სმენადი ბგერითი ტალღებისაგან განსხვავებით შესამჩნევად სუსტდება რხევის წყაროდან დასორებასთან ერთად და ახასიათებს საჰაერო სივრცეში არათანაბარი ინტენსივობა.

მაღალსიხშირული ულტრაბგერა ტალღის მცირე სიგრძის გამო კარგად შთაინთქმება გარემოს მიერ, რის გამოც ტალღა არ ვრცელდება ჰაერში და ულტრაბგერის ზემოქმედება ადამიანზე შემოიფარგლება ლოკალური ზემოქმედებით (შეხებისას).

### 10.2. ულტრაბგერული კავიტაცია

სითხეში ულტრაბგერის გავლას ახლავს კავიტაციის ეფექტი – ცალკეული უჯრედების დაშლა და ქსოვილებში სხვადასხვა ცვლილება.

განასხვავებენ კავიტაციის ორ სახეს: აირის (გრუ) და ორთქლის (ჰუმმარიტი) კავიტაციას. უმეტეს შემთხვევაში სითხეებში გამოიყოფა დიდი რაოდენობით ჰაერი ან გამონთავისუფლება უხილავი ბუშტების (რადიუსი  $< 0,1$  მმ) სახით. გაიშვიათების ფაზაში ეს რაოდენობა მატულობს, გამოსხივების წნევის გავლენით განიცდის კოაგულაციას და და ხდება ხილული (ამოტივტივებული).

ორთქლის კავიტაცია (ჭეშმარიტი კავიტაცია). მხოლოდ სრულად დეგაზირებულ და გაწმენდილ სითხეებში ხდება სიცარიელების შევსება მხოლოდ ორთქლით. წნევის ფაზაში ხდება ამ ბუშტების შენელებულად შეჯახება და ამის შედეგად შეიძლება ლოკალურად განვითარდეს ძალიან მაღალი წნევა (1000 ატმ-მდე) და ტემპერატურა (5500 °C-მდე). ასეთი აფეთქებები ქმნის წნევათა ტალღებს, რაც იწვევს მიკროსკოპულ გარემოში აჩქარების ძალებს, რომელიც საწყის ულტრაბგერულ ძალებს 1000-ჯერ აღემატება. ეს ფიზიკური პროცესი ცნობილია სხვა სფეროებიდანაც, სადაც გაგლეჯვის დიდი ძალები მოქმედებს სითხეებზე. მტერისა და ჭუჭყის ნაწილაკებთან ერთად კავიტაციის აღმგზნებად მოქმედებენ სხვა “ხვრელებიც” , მაგალითად, ჩაძირული დეტალების ხორკლიანი და ჭუჭყიანი ზედაპირები (მოსახლვრე ზედაპირები). ამ ზედაპირებიდან მუდმივად ხდება ჭუჭყის ნაწილაკების მოხლეჩვა და სითხეში სუსპენზირება.



ნახ. 43. კავიტაციური ბუშტი აფეთქების მომენტში

ამ ფენომენს ეწოდება კავიტაცია. სითხეში კავიტაციური ბუშტების ირგვლივ იქმნება წნევის ლოკალური მატება, ძლიერი ტურბულენტობა და დენები წკიპურტის მსგავსი აფეთქებით გამოწვეული. კავიტაციური ბუშტები უპირატესად სითხესა და გასაწმენდ ნაკეთობას შორის მოსახლვრე ზედაპირზე წარმოიქმნება.

ულტრაბგერული ტალღების გავლისას სითხე იწყებს დუღილს (კავიტაცია). ამ დროს ვითარდება ჰიდრაულიკური დარტყმა. ულტრაბგერას შეუძლია მეტალის ზედაპირიდან ნატეხების მოგლეჯა და მყარი სხეულების მსხვრევა. ულტრაბგერის დახმარებით შეიძლება შეურევადი სითხეების შერევა. ასე მზადდება ემულსიები ზეთზე. ულტრაბგერის მოქმედებისას ხდება ცხიმების გასაპვნა. ამ პრინციპზეა აგებული სარეცხი მანქანის მოწყობილობა.

საინტერესოა ულტრაბგერის ბიოლოგიური ეფექტები. ულტრაბგერა ასუსტებს ბაქტერიების ცხოველქმედებას, ამცირებენ რძემჟავური და ტუბერკულოზის ბაქტერიების ზრდას.

### 10.3. ულტრაბგერის გამოყენება

ულტრაბგერას შესამჩნევი ადგილი უკავია ხმაურების გამაში, ფართოდ გამოიყენება ტექნიკისა და მრეწველობის სხვადასხვა დარგში, სხვადასხვა ფიზიკურ და ტექნოლოგიურ მეთოდში, განსაკუთრებით ანალიზისა და კონტროლისათვის, მედიცინაში (თერაპია, ქირურგია, დიაგნოსტიკა).

ბიოლოგიურ კვლევაში გამოიყენება ულტრაბგერის მიერ უჯრედის გარსის გაგლეჯის უნარი. მაგალითად, ფერმენტისგან უჯრედის განცალკევების საჭიროების შემთხვევაში. ოქსფორდში ჩატარებული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ დაბალი ინტენსივობის ულტრაბგერასაც კი შეუძლია გამოიწვიოს უჯრედის მუტაცია.

მექანიკური ულტრაბგერული გამომსხივებლის ერთ-ერთი სახეა სირენა, რომელსაც შედარებით დიდი სიმძლავრე ახასიათებს და გამოიყენება პოლიციისა და სახანძრო მანქანებში. ულტრაბგერა წარმოიქმნება გალტონის სასტვენშიც, რომელიც ძირითადად ძაღლების გასაწრთვნელად გამოიყენება.

ჰიგიენაში გამოიყენება ულტრაბგერის მიერ ბაქტერიების მოკვლის უნარი. საავადმყოფოებსა და კლინიკებში გამოიყენება ქირურგიული ინსტრუმენტების ულტრაბგერული სტერილიზატორები. სამედიცინო დიაგნოსტიკაში ტენის სიმსივნის აღმოსაჩენად და დიაგნოზის დასმის მიზნით გამოიყენება ელექტრონული აპარატურა ულტრაბგერული სხივის სკანირებით. ექვიმპულსური ულტრაბგერული მეთოდები ფართოდ გამოიყენება მეან-გინეკოლოგიაში – ნაყოფის განვითარების გამოსაკვლევადა. ულტრაბგერა გამოიყენება აგრეთვე ოფთალმოლოგიაში, კარდიოლოგიაში, თერაპიასა და ქირურგიაში.

**ჰიდროლოკაცია.** ულტრაბგერული ტალღის ენერჯია წარმატებით გამოიყენება თევზის გუნდისა და სხვა წყალქვეშა ობიექტების აღმოსაჩენად.

**ულტრაბგერული ხარჯმზომი.** ასეთი ხელსაწყოს მოქმედების პრინციპი ეფუძნება დოპლერის ეფექტს და გამოიყენება როგორც ჩაკეტილ კონტურში (მაგალითად, აორტაში სისხლის ან ატომურ რეაქტორში გამაცივებელი წყლის ნაკადის გამოსაკვლევადა), ისე ღიაკონტურში (მაგ, მდინარეში).

**ქიმიური ტექნოლოგია.** ულტრაბგერა გამოიყენება ისეთი პროცესების კვლევისა და სტიმულირებისათვის, როგორცაა ჰიდროლიზი, ჟანგვა, მოლეკულათა გადანაცვლება, პოლიმერიზაცია, დიპოლიმერიზაცია, რეაქციის აჩქარება.

**ულტრაბგერული მექანიკური დამუშავება.** ულტრაბგერული ენერგია წარმატებით გამოიყენება სალი და მყიფე მასალებისგან (მაგ. მინის, კერამიკის, ვოლფრამის კარბიდის, ნაწრთობი ფოლადის) დამზადებული დეტალების მანქანური დამუშავებისას.

ულტრაბგერა ფართოდ გამოიყენება ჰიდროაკუსტიკაში. მაღალი სიხშირის ულტრაბგერები წყლით ნაკლებად შთანთქმება და შეუძლია გავრცელდეს ათეულობით კილომეტრზე. თუ თავის გავრცელების გზაზე ულტრაბგერას ხვდება ფსკერი, ულტრაბგერა აირეკლება და იძლევა მძლავრ ექოს. ამ პრინციპზეა მოწყობილი ულტრაბგერითი ექოლოტი.



ნახ.44. ულტრაბგერითი ექოლოტი

ექოლოტის დამონტაჟება ხდება ხომალდის ან ნავის ფსკერზე და უზრუნველყოფს მეზღვაურების, ხომალდებისა და მგზავრების უსაფრთხოებას. მხოლოდ ექოლოტის გამოყენებისას არის შესაძლებელი უსაფრთხოდ ცურვა. ამ დროს ხომ “ხილული” ხდება ფსკერი. თანამედროვე ექოლოტები არამარტო სიღრმის გაზომვის, არამედ თევზის ძებნის, მისი ზომების, თევზამდე დაშორების დადგენის საშუალებას იძლევა.

მეტაღში ულტრაბგერა პრაქტიკულად შთანთქმის გარეშე ვრცელდება. ულტრაბგერული ლოკაციის მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია დიდი სისქის დეტაღში უმცირესი დეფექტის აღმოჩენა.

ულტრაბგერის დამსხვრევი მოქმედება გამოიყენება ულტრაბგერული სარჩილაგის დასამზადებლად.

ულტრაბგერა გამოიყენება მურის უწვრილესი ნაწილაკების დასაჭერად, გოგირდმუავას წარმოებაში გოგირდმუავას ნისლის დასალექად.

ულტრაბგერული რხევები გამოიყენება ინსტრუმენტებში. ქირურგიაში ისეთი სკალპელის, პირის გამოყენებისას, რომელიც ულტრაბგერულ რხევას ახორციელებს, სხეულის ქსოვილის კვეთა უფრო ეფექტურად ხდება.

რამდენადაც ადამიანის რბილი ქსოვილების აკუსტიკური წინაღობა ოდნავ განსხვავდება წყლის წინაღობისაგან, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ არეთა გაყოფის საზღვარზე ( ეპიდერმისი-დერმა-ფასცია-კუნთი) შეიძლება მოხდეს ულტრაბგერული სხივების გარდატეხა.

#### 10.4. ულტრაბგერის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე

ინფრაბგერისგან განსხვავებით, ულტრაბგერა არსებით გავლენას არ ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე. ადამიანის ორგანიზმზე ულტრაბგერის გავლენის განხილვისას უნდა გასათვალისწინებელია ულტრაბგერითი ტალღების რხევის მაღალი სიხშირე და მცირე ტალღის სიგრძე, რის გამოც ულტრაბგერა ვერ ვრცელდება ჰაერის სივრცეში. ასეთი ტალღების ენერჯის გაბნევის კოეფიციენტი ძალიან მაღალია და ამიტომ ულტრაბგერული რხევებს ახასიათებს ლოკალური ზემოქმედება, ე.ი. ორგანიზმზე მოქმედებს გავრცელების გარემოსთან უშუალოდ შეხებისას. ზემოთნათქვამი სამართლიანია მაღალი სიხშირის ულტრაბგერებისათვის, ხოლო რაც შეეხება დაბალსიხშირულ ულტრაბგერებს, მათ შეუძლია ჰაერის სივრცეში გავრცელება. ადამიანზე ასეთი ულტრაბგერის ხანგრძლივი მოქმედება მომაკვდინებელ ხასიათს ატარებს და შეუძლია ნერვული სისტემის დაზიანება. ულტრაბგერის ხანგრძლივი და სისტემატური მოქმედებისას იწყება გულ-სისხლძარღვთა და ენდოკრინული სისტემის ცვლილება. ულტრაბგერული ტალღების ხანგრძლივად მოქმედებისას ირღვევა სივრცის შეგრძნება.

ულტრაბგერის ბიოლოგიური ზემოქმედება მისი ინტენსივობით განისაზღვრება. ულტრაბგერის ხანგრძლივი და სისტემატური ზემოქმედებისას დაზიანების საწყის სტადიაზე ვითარდება ვეგეტო-სისხლძარღვთა დისტონია და

ასტენიური სინდრომი. ცვლილებათა გამომჟღავნების ხარისხი ბევრადაა დამოკიდებული როგორც მოქმედების ხანგრძლივობაზე, ისე ულტრაბგერის ინტენსივობაზე, და ეს მოქმედება ძლიერდება ხმაურის სპექტრში მაღალსიხშირული რხევების არსებობისას. თუ სპექტრში ასეთი ხმაური არსებობს, შეიმჩნევა სმენის ორგანოს გაღიზიანება.

ულტრაბგერასთან ხანგრძლივი კონტაქტის შემთხვევაში შეიმჩნეული დაზიანება გამოკვეთილ ხასიათს ღებულობს. ულტრაბგერის ლოკალური ზემოქმედების დროს ადგილი აქვს ხელის ვეგეტატიურ პოლინევრიტს. ესაა პერიფერიული ნერვული სისტემის ნერვების დაავადებები. ასეთი ზემოქმედება შესაძლებელია მოხდეს პერიფერიული ნერვული სისტემის ცენტრალური კვანძის ვირუსული ინფექციით დაზიანებისას.

ეს ნიშნავს, რომ ადამიანზე ულტრაბგერის ხანგრძლივმა ზემოქმედებამ სისშირისა და ინტენსივობის განსაზღვრული პარამეტრების შემთხვევაში შეიძლება გამოიწვიოს კუნთების მოძრაობაში მომყვანი მოძრაობის ცენტრების დაზიანებასთან დაკავშირებული მოტორული ფუნქციის დარღვევა. ინდივიდუალური თავისებურებებისგან დამოკიდებულებით ასეთი ზემოქმედება იწვევს კუნთების ჯგუფის დასუსტებას და შემდგომში მოძრაობის უნარის დაკარგვას, ე.ი. შეიძლება გამოიწვიოს დამბლა.

აღსანიშნავია, რომ პეპლებს, ღამურებს, ზოგიერთ ჩიტს, თევზს, დელფინებს აქვთ გრძნობათა ულტრაბგერული ორგანოები, რომლებიც ეხმარება მათ სივრცით ორიენტირებაში. არის მომენტები, როდესაც ადამიანს ესმის ულტრაბგერა. მაგალითად, როდესაც უღერს სირენა და სასტვენს.

თანამედროვე მედიცინაში ულტრაბგერა აქტიურად გამოიყენება სიმსივნეების, ნერვული სისტემის, ხერხემლის დაავადებათა მკურნალობისას. მაგრამ მრეწველობაში ულტრაბგერის გამოყენებამ მძლავრი გამოსხივების შემთხვევაში შეიძლება ზიანი მიაყენოს ადამიანის განმრთელობას. მცირე სისშირის ულტრაბგერის კონტაქტურმა ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს ტემპერატურის მატება, ქავილის ან ჩხვლეტების შეგრძნება, ხოლო შედეგად სხეულის დასხივებული ნაწილის დროებითი დაბუჟება. ყველაფერი დამოკიდებულია ულტრაბგერის ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე და ინტენსივობაზე. ცხოველები სხვანაირად რეაგირებენ ულტრაბგერაზე, რამდენადაც სხვანაირად აღიქვამენ

სისშირეთა დიაპაზონს. ულტრაბგერის გამო ცხოველთა ჯანმრთელობა არ უარესდება.

ულტრაბგერა ფართოდ გამოიყენება ტექნიკისა და მრეწველობის სხვადასხვა დარგში, განსაკუთრებით ანალიზისა და კონტროლისათვის, მედიცინაში (თერაპია, ქირურგია, დიაგნოსტიკა).

ულტრაბგერა უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, მისი ფიზიოლოგიური მოქმედება სამი ძირითადი მიზეზითაა გამოწვეული: თბური ეფექტით, წნევის ცვლილებით და კავიტაციით (ცალკეული უჯრედების დაშლით და ქსოვილებში სხვადასხვა ცვლილებებით).

ბგერითი ტალღის გავრცელებისას ცოცხალ ქსოვილში აღძრული წნევა იწვევს პროტოპლაზმის თვისებების შეცვლას. ხოლო ულტრაბგერით აღძრული კავიტაცია იწვევს ცალკეული უჯრედების დაშლას და ქსოვილებში სხვადასხვა ცვლილებას, ასევე ტემპერატურის ძლიერ ლოკალურ აწევას.

დამცავი საშუალებების გარეშე ულტრაბგერულ დანადგართან მუშაობა იწვევს ადამიანის გადაღლას, სისუსტეს, ყურებში ტკივილს, თავის ძლიერ ტკივილს, გულისრევას, შეიძლება ადგილი ექნეს პათოლოგიურ ცვლილებებს, ნერვული სისტემის ფუნქციონალურ დარღვევებს, სისხლის ფორმულის ცვლილებას.

ადამიანს, რომელიც ხშირად განიცდის ულტრაბგერული რხევების ზემოქმედებას, უჭირს ყურადღების მოკრება და წონასწორობის დაცვა. ულტრაბგერა იწვევს ნერვული სისტემის ფუნქციონალურ დარღვევას, წნევის ცვლილებას, სისხლის შემადგენლობისა და თვისებების ცვლილებებს. ხშირია ჩივილი თავის ტკივილზე, სწრაფ დაღლაზე და სმენის დაქვეითებაზე.

ცოცხალ ორგანიზმებზე ულტრაბგერის მოქმედების მექანიზმები უკიდურესად მრავალგვარია. განსაკუთრებით უარყოფითად მოქმედებს ნერვულ უჯრედებზე.

ულტრაბგერა უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, მისი ფიზიოლოგიური მოქმედება სამი ძირითადი მიზეზითაა გამოწვეული: თბური ეფექტით, წნევის ცვლილებით და კავიტაციით (ცალკეული უჯრედების დაშლით და ქსოვილებში სხვადასხვა ცვლილებებით).

ქსოვილით შთანთქმული ულტრაბგერის ენერგია გადადის სითბოში, რაც იწვევს სხეულის ტემპერატურის აწევას. დაბალი ინტენსივობის ულტრაბგერის ტალღის მოქმედებისას ძირითადად თბური ეფექტი აღიძვრება, ზომიერი ინტენსივობის

ულტრაბერის მოქმედებამ შეიძლება პარალიზი გამოიწვიოს, ხოლო მაღალი ინტენსივობის ულტრაბერამ – სიკვდილი.

ადამიანს, რომელიც ხშირად განიცდის ულტრაბერული რხევების ზემოქმედებას, უჭირს ყურადღების მოკრება და წონასწორობის დაცვა. ულტრაბერა იწვევს ნერვული სისტემის ფუნქციონალურ დარღვევას, წნევის ცვლილებას, სისხლის შემადგენლობისა და თვისებების ცვლილებებს. ხშირია ჩივილი თავის ტკივილზე, სწრაფ დაღლაზე და სმენის დაქვეითებაზე.

მოქმედი სანიტარიულ-ჰიგიენური ნორმებით ულტრაბერის წნევის დონე 16-20 კპც სიხშირის დიაპაზონში არ უნდა აღემატებოდეს შესაბამისად 75-110 დბ-ს, ხოლო 20-100 კპც სიხშირის დიაპაზონში – 110 დბ-ს.

**პროფილაქტიკური ღონისძიებები:** დისტანციური მართვა, ავტობლოკირება, დანადგარსა და მომსახურე პერსონალს შორის ეკრანის მოწყობა, ულტრაბერული დანადგარის მოთავსება ცალკე კაბინაში ან სათავსში. ულტრაბერის წყაროსთან უშუალო კონტაქტის თავიდან ასაცილებლად ყველა მანიპულაცია უნდა ჩატარდეს მხოლოდ დანადგარის გამორთვის შემდეგ, ხოლო თუ გამორთვა მიზანშეწონილი არაა, მუშა ოპერაციის ჩასატარებლად აუცილებელია სპეციალური დამჭერებისა და მანიპულატორების გამოყენება. წინასწარი და პერიოდული სამედიცინო შემოწმება (წელიწადში ერთხელ) – ნევროპათოლოგის, თერაპევტის, ოთოლარინგოლოგის მონაწილეობით.

**ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები:** ხმაურწინალი (უმჯობესია გარეგანი), ხელების დასაცავად – ორმაგი ხელთათმანი (შიგნიდან ბამბის, გარედან რეზინის).

## თავი 11

### 11.1. გარემო და ელექტრომაგნიტური გამოსხივება. პრობლემის საერთო მდგომარეობა

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემების მიხედვით უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში წარმოიქმნა და სისტემურად ჩამოყალიბდა ცოცხალ სისტემებზე, მათ შორის ადამიანის ორგანიზმზე ნეგატიური ზემოქმედების კიდევ ერთი ფაქტორი. ეს ნეგატიური ფაქტორია ბუნებრივი და ტექნოგენური წარმოშობის სხვადასხვა ინტენსივობის ელექტრომაგნიტური ველებისა და ელექტრომაგნიტური გამოსხივების კომპლექსი. პრობლემის მასშტაბი იმდენად დიდია, რომ ჯანდაცვის



მსოფლიო ორგანიზაციამ შემოიღო სპეციალური ტერმინი – “გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურება”. ზოგჯერ ამ მოვლენას ”ელექტრომაგნიტურ სმოგსაც” უწოდებენ.



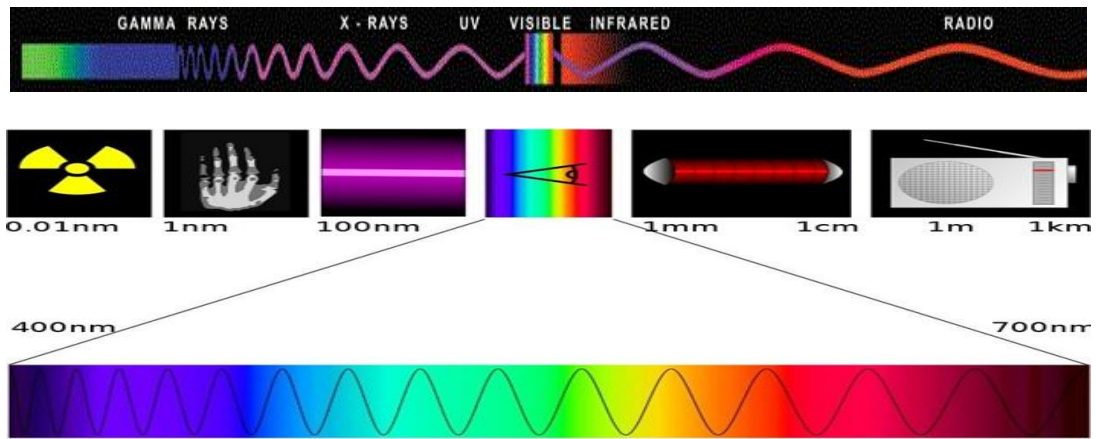
ნახ. 45. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სკალა

ეკოლოგიის თვალსაზრისით ელექტრომაგნიტური ველი გარემოს ენერგეტიკული დაბინძურების ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს. ენერგეტიკული დამბინძურებლები (თბური და რადიაციული გარდა) არ აკუმულირდება ბუნებაში, ხოლო ბიოსფეროზე გავლენას ახდენს მხოლოდ მათი წარმოქმნის დროს. აკუმულირებადი დაბინძურება მანვე ნივთიერებები და ენერჯის ზოგიერთი სახეა, რომლებიც არაკუმულირებადისგან განსხვავებით გროვდება გარემოში და ცოცხალ ორგანიზმებში.

ელექტრომაგნიტური რხევების დიაპაზონი შედგება (მარჯვნიდან-მარცხნივ) დაბალსიხშირული რადიოტალღებისგან, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინფრაწითელი სპექტრისგან, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ხილული სპექტრისგან, ულტრაიისფერი გამოსხივებისგან, რენტგენისა და გამა გამოსხივებისგან.

ელექტრომაგნიტური სპექტრი წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სიხშირეთა ყველა დიაპაზონის ერთობლიობას.

ელექტრომაგნიტური ტალღები მასის არმქონე გამოსხივებაა, რომელიც ფოტონებით ვრცელდება. ფოტონი (ბერძ. photos –სინათლე) ანუ ქვანტი ნულოვანი მასის მქონე ელემენტარული ნაწილაკების ნაკადია. ასეთი ნაკადის სახით ვრცელდება გარემოში რადიოტალღები, ხილული სინათლე, აგრეთვე ლაზერის, ულტრაიისფერი, ინფრაწითელი, რენტგენის და გამა-გამოსხივება.



ნახ. 46. ელექტრომაგნიტური ტალღების სპექტრი

ელექტრომაგნიტური დაბინძურება მავნებელია არამარტო ადამიანისათვის, არამედ ზიანს აყენებს გარემოსაც.

საწარმოო და საყოფაცხოვრებო დონეზე ელექტრომაგნიტური ველებისა და ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სახით გარემოს ენერგოგაჯერებულობის გაზრდამ გამოიწვია ბუნებრივ ფონთან შედარებით მათი ჯამური დაძაბულობის მკვეთრად გაზრდა 100÷10 000-ჯერ, რამაც შექმნა პირობები ბუნებრივი წარმოშობის ელექტრომაგნიტური ველებისა და ელექტრომაგნიტური გამოსხივების პერეფორმირებისათვის და მოცულობითი ლოკალური ელექტრომაგნიტური ანომალიების წარმოსაქმნელად, რომლებიც პირობითად შეიძლება წარმოადგენდნენ “ლაქებს”, “ზოლებს” და მათ სხვადასხვა ფორმის შერწყმას. იქმნება ახალი გეოფიზიკური “ლანდშაფტები” ან “გეოფიზიკური ველების მდგომარეობის მიმართ” შებრუნებული რელიეფები”, რომელთა მდგომარეობა არაა დამახასიათებელი ცოცხალი სისტემებისათვის, რამდენადაც მათი ფორმირება და განვითარება ხდებოდა ელექტრომაგნიტური ველებისა და ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სხვა პირობებში. ამის შედეგად ისინი პირდაპირ ნეგატიურ გავლენას ახდენენ ადამიანისა და სხვა ცოცხალი სისტემების ფიზიკურ ველებზე. არსებული ცვლილებების დამადასტურებელია სხვადასხვა პათოლოგიებით მოსახლეობის ავადობის მკვეთრად გაზრდა მაშინ, როდესაც თითქოს ცხოვრება უფრო კეთილმოწყობილია, ხოლო ჯანდაცვის სისტემის მდგომარეობა შედარებით გაუმჯობესებული.

## 11.2. ელექტრომაგნიტური გამოსხივება –21-ე საუკუნის საფრთხე

ყოველი ხელსაწყო, რომელიც გამოიმუშავებს ან მოიხმარს ელექტროენერგიას, ქმნის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას.

განვითარებული და უმეტესობა განვითარებადი ქვეყნის ეკოლოგები შეშფოთებას გამოხატავენ გარემოს ნორმალური ფუნქციონირებისათვის ახალი საფრთხის – ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გამო, რამდენადაც ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან ბრძოლა საკმაოდ პრობლემატურია. აღსანიშნავია, რომ ემგ-ს შეუძლია დაარღვიოს ადამიანის ფუნქციებისა და სისტემების ნორმალური მუშაობა. ამასთან, საშიშია გავლენა ელექტრომაგნიტური ველისა, რომლის უმეტესობა იმყოფება ადამიანის უშუალო სიახლოვეს ე.ი. საყოფაცხოვრებო ტექნიკა. მაგალითად, მუშაობის დროს ფენი ქმნის ძლიერ მაგნიტურ ველს, ხოლო თუ გავითვალისწინებთ, რომ ფენი უკავიათ თავთან ახლოს, მოქმედება არის საკმაოდ მაღალი. თუ გავითვალისწინებთ, რომ თანამედროვე ადამიანი ორ ელექტროხელსაწყოს –მობილურ ტელეფონსა და კომპიუტერს მუდმივად იყენებს, ადვილი წარმოსადგენია ადამიანზე მავნე ზემოქმედების ხარისხი.

უკანასკნელ წლებში ქალაქებში მკვეთრად გაიზარდა ყველა სიხშირულ დიაპაზონში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სხვადასხვაგვარი წყაროების რაოდენობა. განსაკუთრებულ პრობლემას წარმოადგენს შენობათა ელექტროტექნიკური მოწყობილობა (ტრანსფორმატორები, საკაბელო ხაზები და მისთ.), რომლებიც დღე-ღამის განმავლობაში, უწყვეტად ასხივებენ საცხოვრებელ სათავსებს, რომლებშიც ისედაც არის მაცივარი, უთო, მტვერსასრუტი, ელექტროღუმელი, ტელევიზორი, კომპიუტერი, და სხვა მრავალი ელექტროხელსაწყო.

## 11.3. ელექტრომაგნიტური სმოგი

ელექტრომაგნიტური სმოგი არის ადამიანის მიერ შექმნილი ხელსაწყოებისა და მოწყობილობების მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ერთობლიობა. ესაა ადამიანის სამყოფელის დაბინძურება არამაიონიზირებელი გამოსხივებით, რომელსაც გამოასხივებს ელექტრომაგნიტური ენერჯის მომხმარებელი, გადამცემი და მაგენერირებელი მოწყობილობა და რომელიც აღიძვრება არასრულყოფილი ტექნიკის და/ან მისი არარაციონალურად გამოყენების გამო.

ელექტრომაგნიტური სმოგი , ქიმიურის მსგავსად, არახელსაყრელად მოქმედებს ადამიანზე, ცხოველთა და მცენარეულ სამყაროზე, და გულისხმობს მეტ-ნაკლებად მუდმივ დონეს.

ელექტრომაგნიტური სმოგი შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად:

- სმოგი ღია ადგილის (ქუჩის) ;
- სმოგი სათავსის (სანათი ხელსაწყოებისგან);
- სმოგი მობილური კავშირის მოწყობილობებისგან.

**ღია ადგილის ელექტრომაგნიტური სმოგი** შეიძლება გამოიწვიოს სხვადასხვა გადამცემმა რადიოტექნიკურმა ობიექტმა, მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემმა ხაზებმა, ნეონისა და სხვა სახის რეკლამის გამოყენებამ, ელექტროტრანსპორტის ხაზებმა, ელექტროფიცირებულმა რკინიგზის ტრანსპორტმა. ღია ადგილზე ელექტრომაგნიტური ველის მაღალი დონის შესაქმნელად საჭიროა მძლავრი წყაროები.

ფუნქციური გადამცემების მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური სმოგი განსხვავდებიან გამოსხივების წყაროსა და მოქმედების მიხედვით. ელექტრომაგნიტური სმოგის ძირითად წყაროს წარმოადგენს ფიჭური ტელეფონები და კავშირის საბაზო სადგურები.

სათავსის სმოგის მიზეზია სამრეწველო სიხშირის დენის სინუსოიდაზე პარაზიტული დაშრევა. ძირითადად გამოიყენება ელექტრომომარაგების ორი სისტემა: სამრეწველო, სამფაზა (380 ვ), და გასანათებელი, ორფაზა (220 ვ). ექსპლუატაციის წესების, შესაბამისი სტანდარტების მოთხოვნაა ძალური სამრეწველო ქსელის ყველა ელემენტის დამიწება. განათების ქსელისათვის დამიწების ან დანულების მოთხოვნა ვრცელდება მხოლოდ გამანაწილებელ მოწყობილობაზე – 0,4 კვ ქვესადგურიდან გამანაწილებელ კოლოფამდე. როზეტები, გამომრთველები, ხელსაწყოების უმეტესობა არ ექვემდებარება დამიწებას, და ისინი ხდებიან პარაზიტული დენების გამომსხივებლები, და პრაქტიკულად ელექტრომაგნიტური სმოგის წყაროები. ასეთ წყაროებს მიეკუთვნება ელექტროქურა, უთო და მისთ. ისეთი ხელსაწყოები, როგორცაა: აირგანმუხტვადი ნათურები, კომპიუტერი, სკანერი და სხვა ორგტექნიკა, რომლებიც ასევე ელექტრომაგნიტური ველის გამომსხივებელია, გამოირჩევა იმით, რომ ელექტროენერგიას მოიხმარენ იმპულსურად. ამ დ, როს ყოველი იმპულსი თვით ქსელში იწვევს საპასუხო

ადგზნებას (შეშფოთებას), რაც ელექტრული ქსელის სინუსოიდაზე ქმნის პარაზიტულ დაშრევებას.

ქალაქების ელექტრომაგნიტური დაბინძურების დამახასიათებელია მისი მრავალსიხშირულობა და მრავალფაქტორულობა, როდესაც ქალაქის ტერიტორიის გარკვეულ უბანზე ზემოქმედებას ახდენს სხვადასხვა სიხშირის, ინტენსივობის და განთავსების ადგილის მქონე გამოსხივების რამდენიმე წყარო. ასეთ შემთხვევაში სპეციალური გამზომი აპარატურის მუშაობას პრობლემები ექმნება.

#### 11.4. ელექტრომაგნიტური ველი, მისი სახეები და კლასიფიკაცია

ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის დახასიათებისას გამოიყენება ტერმინები “ელექტრული ველი”, “მაგნიტური ველი”, “ელექტრომაგნიტური ველი”.

ელექტრულ ველს ქმნის მუხტები.

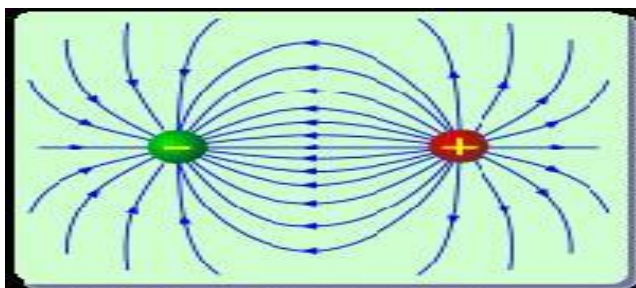
მაგნიტური ველი იქმნება სადენში ელექტრული მუხტების მოძრაობისას.

ელექტრული ველის სიდიდის დახასიათებისათვის გამოიყენება ელექტრული ველის დაძაბულობა (E), რომლის ერთეულია ვ/მ (ვოლტი/მეტრზე).



ნახ. 47. ელექტრომაგნიტური ტალღების აღძვრა ელ.სადენში

მაგნიტური ველის სიდიდე ხასიათდება მაგნიტური ველის დაძაბულობით (H ), რომლის ერთეულია ა/მ (ამპერი/მეტრზე). ზედაბალი და უკიდურესად დაბალი სიხშირის მაგნიტური ველის გაზომვისას გამოიყენება მაგნიტური ინდუქციის (B) ცნება, რომლის ერთეულია ტლ (ტესლა), ტესლას მემილიონედი ნაწილი შეესაბამება 1,25 ა/მ.  $1 \cdot 10^{-6} \text{ ტლ} = 1,25 \text{ ა/მ}$

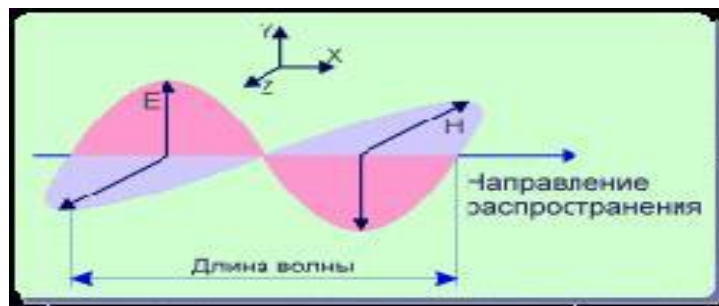


ნახ. 48. ელექტრული დამუხტული ნაწილაკების ურთიერთემოქმედება

ელექტრომაგნიტური ველი მატერიის განსაკუთრებული ფორმაა, რომლის საშუალებითაც ელექტრული დამუხტული ნაწილაკები ზემოქმედებას ახდენენ ერთმანეთზე. ელექტრომაგნიტური ველის არსებობის ფიზიკური მიზეზები დაკავშირებულია იმასთან, რომ დროში ცვლადი ელექტრული ველი  $E$  ქმნის მაგნიტურ ველს  $H$ , ხოლო ცვლადი  $H$  – გრიგალურ ელექტრულ ველს: ორივე კომპონენტი  $E$  და  $H$ , იცვლებიან რა უწყვეტად, ერთიმეორეს ადაგზნებენ.

უძრავი ან თანაბრად მოძრავი დამუხტული ნაწილაკების ელექტრომაგნიტური ველი უწყვეტ კავშირშია ამ ნაწილაკებთან. დამუხტული ნაწილაკების აჩქარებული მოძრაობისას ელექტრომაგნიტური ველი “მოწყდება” ამ ნაწილაკებს და არსებობს მათგან დამოუკიდებლად ელექტრომაგნიტური ტალღების ფორმით, და არ ქრება მისი წარმომქმნელი წყაროს მოშორებისას (მაგალითად, რადიოტალღები არ ქრება მის გამომსხივებელ ანტენაში ელექტრული დენის არარსებობის შემთხვევაშიც კი).

წყარო, რომელიც გამოსხივების გენერირებას ახდენს, სინამდვილეში ქმნის ელექტრომაგნიტურ რხევებს, რომელიც ხასიათდება სიხშირით.



ნახ. 49. ელექტრომაგნიტური ტალღის ელექტრული და მაგნიტური მდგენელები

ელექტრომაგნიტური ტალღის ძირითადი პარამეტრებია: ტალღის სიგრძე ( $\lambda$ ). რხევის სიხშირე ( $f$ ) და გარემოში გავრცელების სიჩქარე ( $c$ ). ტალღის სიგრძესა და რხევის სიხშირეს შორის ასეთი დამოკიდებულებაა:

$$\lambda = \frac{300000}{f}$$

$c = 300000$  – სინათლის გავრცელების სიჩქარე, კმ/წმ.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების კლასიფიკაცია ხდება ტალღის სიგრძის ან რხევის სიხშირის მიხედვით. ტალღის სიგრძის  $\lambda$  დიდი მნიშვნელობის გამო რადიოტალღების გავრცელების განხილვა გარემოს ატომური აგებულების გათვალისწინების გარეშე შეიძლება.

გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ ძალიან მოკლე რადიოტალღები, რომლებიც ესაზღვრება სპექტრის ინფრაწითელ უბანს. რადიოდიამეტრში სუსტად მუდავნდება გამოსხივების ქვანტური თვისებებიც.

რადიოტალღები აღიქვრება სადენებში შესაბამისი სიხშირის ცვლადი დენის გავლისას. და პირიქით, სივრცეში გამავალი ელექტრომაგნიტური ტალღა სადენში აღძრავს თავის შესაბამის ცვლად დენს. ეს თვისება გამოიყენება რადიოტექნიკაში ანტენების კონსტრუირებისას.

ამ დიაპაზონის ტალღების ბუნებრივი წყაროა ელვა. ითვლება, რომ ელვა წარმოადგენს შუმანის მდგარი ელექტრომაგნიტური ტალღების წყაროს.

რადიოტალღების დიდი სპექტრი კლასიფიცირდება ცალკეული დიაპაზონების მიხედვით.

ცხრილი № 8

სიხშირეთა კლასიფიკაცია

სიხშირე და დიაპაზონი	ტალღის სიგრძე	სიხშირის დიაპაზონი
მაღალი სიხშირის (B4):		
გრძელი	3 – 1კმ	
საშუალო	1კმ – 100მ	100 კჰც – 30 მეგაჰც
მოკლე	100 – 10მ	
ულტრამაღალი სიხშირის (VБ4):		
ულტრამოკლე	10 – 1მ	30 – 300 მეგაჰც
ზემაღალი სიხშირის (CB4):		
დეციმეტრული	1მ – 10სმ	
სანტიმეტრული	10 – 1სმ	300 – 300000 მეგაჰც

თუ მანძილი წყაროსა და სამუშაო ადგილს შორის ელექტრომაგნიტური ტალღის სიგრძის  $1/6$  -ს არ აღემატება, ელექტრომაგნიტური ველის წყაროს მახლობლად აღიძვრება ინდუქციის ზონა. უფრო შორ მანძილზე იქმნება გამოსხივების ანუ ტალღის ზონა. ინდუქციის ზონაში ადამიანი იმყოფება პერიოდულად ცვლად ელექტრულ და მაგნიტურ ველებში, ხოლო გამოსხივების ზონაში ადამიანი იმყოფება თანაბარი და ერთდროულად ცვლადი ელექტრული და მაგნიტური მდგენელების ელექტრომაგნიტურ ველში.

წყაროს მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველი სივრცეში უწყვეტი განაწილებით ხასიათდება. იგი ვრცელდება სინათლის სიჩქარით და მოქმედებს დამუხტულ ნაწილაკებზე და დენზე, რის შედეგადაც ველის ენერჯია სხვა სახის ენერჯიად გარდაიქმნება.

სამუშაო ადგილზე ელექტრომაგნიტური ველის ინტენსიურობა (სიმძლავრის ნაკადის სიმკვრივე) იცვლება გენერატორის სიმძლავრის, გამოსხივების წყაროდან დაშორების და ირგვლივ განლაგებული ზედაპირებიდან არეკვლის შესაბამისად.

რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღების დიაპაზონში გამოსხივების ინტენსიურობა სხვადასხვა ერთეულით გამოისახება, რაც იმით აიხსნება, რომ გრძელი-, საშუალო-, მოკლე- და ულტრამოკლე ტალღების წყაროებთან სამუშაო ადგილები იმყოფება ინდუქციის ზონაში ე.ი. ელექტრული და მაგნიტური ველების მდგენელები მკაცრ თანაფარდობაში არ იმყოფება და ამიტომ ველის დაძაბულობა განისაზღვრება ელექტრული ველის დაძაბულობით – (ვოლტი/მეტრი) და მაგნიტური ველის დაძაბულობით – (ამპერი/მეტრი). მაღალი (ВЧ) და ულტრამაღალი (УВЧ) სიხშირის ველების დაძაბულობის გასაზომად გამოიყენება ხელსაწყო ИЭМП . მიკროტალღების (დეციმეტრული, სანტიმეტრული, მილიმეტრული) წყაროების გამოყენების შემთხვევაში სამუშაო ადგილები იმყოფება ტალღურ ზონაში ე.ი. გამოსხივების წყაროდან ტალღის სიგრძესთან შედარებით მნიშვნელოვანი დაშორებით ელექტრომაგნიტური ველის ენერჯია ვრცელდება სხვადასხვა კონფიგურაციის მორბენალი ტალღების ფორმით. ველის ელექტრული (E) და მაგნიტური (H) მდგენელებისათვის სამართლიანია ტოლობა  $E=377H$ . ტალღურ ზონაში გამოსხივების ინტენსიურობა ფასდება სიმძლავრის ნაკადის სიმკვრივის მიხედვით, გამოისახება ერთეულით მილივატი/სმ<sup>2</sup> ან მკვატი/სმ<sup>2</sup>. სიმძლავრის ნაკადის სიმკვრივე იზომება ხელსაწყოთი ПО-1, ВИМ-1 და სხვ.



ლითონთა ინდუქციური გახურებისას გამოსხივების წყაროს არასაკმარისი ეკრანირების შემთხვევაში სამუშაო ადგილებზე ელექტრული ველის დაძაბულობამ შეიძლება მიაღწიოს 100 ვ/მ-ს, ხოლო მაგნიტური ველის დაძაბულობამ 20-50 ა/მ-ს. განსაკუთრებით დიდია ელექტრომაგნიტური ველის დაძაბულობა ძველი ნიმუშის გენერატორების (Г3-45, А3-43, Л-4-170/90დ და სხვ.) გამოყენებისას, რომლებშიც გამოსხივების ძირითადი წყაროები ეკრანირებული არაა.

სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებების ლაბორატორიებში, სადაც გამოიყენება სხვადასხვაგვარი ზემადღალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის წყაროები, როგორც წესი, გამოსხივების ინტენსიურობა დიდი არაა ( 1 სმ<sup>2</sup>-ზე მილივატის მეათედი ნაწილები).

მაღალსიხშირული დანადგარის მუშაობისას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ჰაერის გახურებას, აგრეთვე მის დაბინძურებას ოზონით ან ვერცხლისწყლის ორთქლით (ელექტროვაკუუმურ წარმოებაში) და სხვ.

ელექტრომაგნიტური ველის მნიშვნელოვანი თავისებურებაა მისი დაყოფა ე.წ. “ახლო” და “შორეულ” ზონებად. “ახლო” ზონაში, ანუ ინდუქციის ზონაში წყაროდან  $r < \lambda$  დაშორებით ელექტრომაგნიტური ველი შეიძლება კვაზისტატიკურად ჩაითვალოს – წყაროდან დაშორებისას ელექტრომაგნიტური ველი სწრაფად – დაშორების კვადრატის ან კუბის უკუპროპორციულად მცირდება. გამოსხივების “ახლო” ზონაში ელექტრომაგნიტური ველი ჯერ ფორმირებული არ არის. ელექტრომაგნიტური ველის დახასიათებისათვის ცვლადი ელექტრული ველის  $E$  და ცვლადი მაგნიტური ველის  $H$  გაზომვა ხდება ცალ-ცალკე. ინდუქციის ზონაში ველი აყალიბებს ველების მორბენალ მდგენელებს (ელექტრომაგნიტურ ტალღებს).

“შორეული” ზონა ახდენს ელექტრომაგნიტური ტალღების ფორმირებას. “შორეულ” ზონაში ველის ინტენსივობა წყაროდან მანძილის უკუპროპორციულად მცირდება. “შორეულ” ზონაში  $E=377H$ , სადაც 377 არის ვაკუუმის ტალღური წინაღობა, ომი. ამიტომ, როგორც წესი, იზომება მხოლოდ ელექტრული ველის დაძაბულობა ( $E$ ),

ელექტრომაგნიტური ტალღების საერთაშორისო  
კლასიფიკაცია სიხშირეების მიხედვით

ცხრილი № 9

სიხშირეული დიაპაზონის დასახელება	დიაპაზონის საზღვრები	ტალღური დასახელება	დიაპაზონის საზღვრები
უკიდურესად დაბალი	3 - 30 ჰც	დეკამეტრული	100 - 10 მეგამ
ზედაბალი	30 - 300 ჰც	მეტრული	10 - 1 მეგამ
ინფრადიბალი	0,3 - 3 კჰც	ჰექტოკილომეტრული	1000 - 100 კმ
ძალიან დაბალი	3 - 30 კჰც	მირიამეტრული	100 - 10 კმ
დაბალი სიხშირის	30 - 300 კჰც	კილომეტრული	10 - 1 კმ
საშუალო	0,3 - 3 მჰც	ჰექტომეტრული	1 - 0,1 კმ
მაღალი სიხშირის	3 - 30 მჰც	დეკამეტრული	100 - 10 მ
ძალიან მაღალი	30 - 300 მჰც	მეტრული	10 - 1 მ
ულტრამაღალი	0,3 - 3 გჰც	დეციმეტრული	1 - 0,1 მ
ზემაღალი	3 - 30 გჰც	სანტიმეტრული	10 - 1 სმ
უკიდურესად მაღალი	30 - 300 გჰც	მილიმეტრული	10 - 1 მმ
ჰიპერმაღალი	300 - 3000 გჰც	დეციმილიმეტრული	1 - 0,1 მმ

ელექტრომაგნიტური ტალღების სპექტრი

ცხრილი №10

ტალღა ან გამოსხივება	ტალღის სიგრძე, მ	რხევის სიხშირე, ჰც
1	2	3
რადიოსიხშირის დიაპაზონი		
ზეგრძელი (CDB)	10000-ზე მეტი	30 კჰც-ზე ნაკლები
გრძელი (DB)	10000-1000	30-300 კჰც
საშუალო (CB)	1000-100	300-3000 კჰც
მოკლე (KB)	100-10	3-30 მჰც
ულტრამოკლე: მეტრული	10-1	30-300 მჰც
დეციმეტრული	10-1 დმ	300-3000 მჰც
სანტიმეტრული	10-1 სმ	3-30 გჰც
მილიმეტრული	10-1 მმ	30-300 გჰც
სუბმილიმეტრული	1 -0,4 მმ	300-750 გჰც
ოპტიკური		
ინფრაწითელი თბური	0,7 მკმ-მდე	0,75-4000 ტჰც
ხილვადი	0,7-0,40 მკმ	400-750 ტჰც
ულტრაიისფერი	0,4-20Å	750-1,5·10 <sup>5</sup> ტჰც
მაიონიზირებელი		
რენტგენის	20Å-0,06Å	1,5·10 <sup>5</sup> -5·10 <sup>7</sup> ტჰც
გამა-სხივები	0,06Å-ზე ნაკლები	5·10 <sup>7</sup> -ზე მეტი ტჰც

კჰც - კილოჰერცი=10<sup>3</sup> ჰერცი

ტჰც - ტერაჰერცი=10<sup>12</sup>

მჰც - მეგაჰერცი=10<sup>6</sup> ჰერცი

1 მკმ - მიკრომეტრი=10<sup>-6</sup> მეტრი

გპც- გიგაჰერცი-10<sup>9</sup> ჰერცი

1 Å – ანგსტრემი=10<sup>-8</sup> სმ

მომწიფდა მოსახლეობის საცხოვრებელი და სამუშაო ადგილების “ბიოლოგიური კომფორტის” პოზიციიდან გარემოს მდგომარეობის შეფასების პრობლემა.

### 11.5. ელექტრომაგნიტური ველები და გამოსხივება

ელექტრომაგნიტური ველი ჰაერში ელექტრომაგნიტური ტალღების სახით ვრცელდება. მისი გავრცელების სიჩქარე სინათლის სიჩქარეს უახლოვდება.

ელექტრომაგნიტური ველი ხასიათდება სივრცეში უწყვეტად გავრცელებით, დამუხტულ ნაწილაკებზე და ელ.დენზე მოქმედების უნარით, რის შედეგადაც ელექტრომაგნიტური ველის ენერგია გარდაიქმნება ენერგიის სხვა სახეში.

ელექტრომაგნიტური ველი წარმოადგენს ცვლადი ელექტრული ველისა და მასთან უწყვეტად დაკავშირებულ მაგნიტური ველის ერთობლიობას. ელექტრომაგნიტური ველის ნებისმიერი წყაროს ირგვლივ ელექტრომაგნიტურ ველს ყოფენ სამ ზონად:

ახლო ზონა – ინდუქციის ზონა;

შუალედური ზონა – ინტერფერენციის ზონა;

შორი ზონა – ტალღური ანუ გამოსხივების ზონა.

მუშა სათავსში ისეთი წყაროს არსებობის შემთხვევაში, რომელიც გამოასხივებს გრძელ, საშუალო, მოკლე და ულტრამოკლე ტალღებს, ჭარბობს ინდუქციის ველი, ხოლო მიკროტალღების წარმოქმნისას – შუალედური და გამოსხივების ველი.

ინდუქციის ველის ელექტრულ და მაგნიტურ მდგენელებს შორის არ არსებობს განსაზღვრული დამოკიდებულება და ისინი შეიძლება ბევრად განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისაგან. ინდუქციის ზონაში ელექტრული და მაგნიტური მდგენელების დაძაბულობების ფაზური გადანაცვლება 90<sup>0</sup>-ის ტოლია: როდესაც ერთ-ერთი მათგანი მაქსიმუმს აღწევს, მეორე აღწევს მინიმუმს.

გამოსხივების ზონაში ელექტრომაგნიტური ველის ორივე მდგენელის დაძაბულობები ფაზაში ერთმანეთს და ნებისმიერ მომენტში პროპორციულ დამოკიდებულებაშია ერთმანეთთან.

გამოსხივების წყაროდან დაშორების კვალდაკვალ ელექტრომაგნიტური ველი სწრაფად მიილევა.

მკვეთრად მიმართული გამოსხივების წყაროს (ანტენის) შემთხვევაში თუ ანტენის ზომები მნიშვნელოვნად აღემატება გამოსხივების ტალღის სიგრძეს, გამოსხივების ზონის საზღვარი შორს გადაიწევა.

ელექტრული ველის დაძაბულობის საზომი ერთეულია ვოლტი/მეტრი (ვ/მ), ხოლო მაგნიტური ველის დაძაბულობისა – ამპერი/მეტრი (ა/მ).

გამოსხივების ზონაში (ზემაღალი სიხშირის აპარატურასთან) ველის ინტენსივობა ფასდება ენერგიის ნაკადის სიმკვრივის მიხედვით, ე.ი. ზედაპირის ერთეულზე დაცემული ენერგიის რაოდენობით. ენერგიის ნაკადის სიმკვრივის ერთეულია ვატი/მ<sup>2</sup> ( წარმოებული ერთეულები: მილივატი/სმ<sup>2</sup>, მიკროვატი/სმ<sup>2</sup>).

ენერგიის ნაკადის სიმკვრივე წყაროდან დაშორების კვადრატის უკუპროპორციულია.

ელექტრომაგნიტური ველი წარმოქმნის ელექტროსტატიკურ მუხტებს, რომლებიც ელექტრიზაციის შედეგად აღიძვრება ზოგიერთი როგორც თხევადი, ისე მყარი მასალის ზედაპირზე.

ელექტრიზაცია წარმოიქმნება ორი დიელექტრიკული ან დიელექტრიკული და გამტარი მასალების ხახუნის შედეგად, თუ ეს უკანასკნელი იზოლირებულია მიწიდან. ორიდიელექტრიკული მასალის გაყოფისას ხდება ელექტრული მუხტების გაყოფა. მასალა, რომელსაც დიდი დიელექტრიკული შეღწევადობა აქვს, იმუხტება დადებითად, ხოლო მეორე უარყოფითად.

ხახუნის გარდა სტატიკური მუხტის წარმოქმნის მიზეზია ელექტრული ინდუქცია, რის შედეგადაც მიწიდან იზოლირებული სხეულები გარეთა ელექტრულ ველში იძენს ელექტრულ მუხტს.

ადამიანზე ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედება დაკავშირებულია მასში სუსტი დენის გავლასთან. ამ დროს ელექტრულ ტრავმებს ადგილი არა აქვს, თუმცა გაღიზიანებაზე კანზე ანალიზატორების რეფლექსური რეაქციის შედეგად ადამიანი მოწყდება დამუხტულ სხეულს, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს მექანიკური ტრავმა გვერდით განლაგებულ საგნებთან შეჯახების ან სიმაღლიდან ჩამოვარდნის გამო, შესაძლებელია აგრეთვე შიშისგან გონების დაკარგვა.

მაღალი ძაბვის (რამდენიმე ათეული კილოვოლტი) ელექტროსტატიკურ ძაბვას შეუძლია უჯრედის ცვლილება და განვითარების შეწყვეტა, გამოიწვიოს კატარაქტა, რომელსაც მოჰყვება ბროლის ამღვრევა. ელექტროსტატიკური ველის ზემოქმედებისადმი განსაკუთრებით მგრძობიარეა ცენტრალური ნერვული და გულ-სისხლძარღვთა სისტემები, ანალიზატორები. ადამიანები უჩივიან გაღიზიანებულობას, თავის ტკივილს, ძილის დარღვევას, აპეტიტის დაქვეითებას და სხვ.

მაღალი ძაბვის (1 კვ-ზე მეტი) ელექტროსტატიკური ველის პირობებში ყოფნა იწვევს ნერვულ-ემოციურ დაძაბვას, დაქანცვას, შრომისუნარიანობის დაქვეითებას, დღედამური ბიორითმის დარღვევას, ორგანიზმის ადაპტაციური მარაგის დაქვეითებას.

ელექტროსტატიკური ველის დაძაბულობა 60 კვ/მ-ს თუ აღემატება, დაუშვებელია დაცვის საშუალებების გარეშე მუშაობა.

**ელექტრომაგნიტური ტალღა**, ვრცელდება რა წყაროდან უსაზღვრო სივრცეში სინათლის სიჩქარით, ქმნის ელექტრომაგნიტურ ველს, რომელსაც დამუხტულ ნაწილაკებზე და დენებზე ზემოქმედების უნარი აქვს, რის შედეგადაც ხდება ელექტრომაგნიტური ველის ენერგიის გარდაქმნა ენერგიის სხვა სახეებში.

რაც უფრო მცირეა ელექტრომაგნიტური ტალღის სიგრძე და მეტია სიხშირე, მით უფრო მცირდება ქსოვილში ტალღის შეღწევის სიღრმე. ეს ტენდენცია შეიმჩნევა მანამდე, სანამ ტალღის სიგრძე მოცემულ ორგანიზმში მნიშვნელოვნად აღემატება უჯრედის ზომებს. ძალიან მაღალი სიხშირის დროს ქსოვილებში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების შეღწევადობა კვლავ იზრდება, მაგალითად რენტგენისა და გამა-გამოსხივებისათვის. ქსოვილების დიელექტრიკული თვისებების სხვაობა განაპირობებს მათი გახურების არათანაბრობას, მაკრო- და მიკროტოპური ეფექტების წარმოქმნას ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ვარდნით.

#### 11.6. გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების

##### სახეები და მასშტაბები

ადამიანს ბუნება მზა სახით არ აძლევს ყველაფერ იმას, რაც აუცილებელია მისი მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად. წარმოიქმნა შრომისა და საწარმოო საქმიანობის აუცილებლობა. კაცობრიობის განვითარების პროგრესმა, წარმოების ზრდამ, ინფრასტრუქტურის (ტრანსპორტი, კავშირი და მისთ.) შექმნამ გამოიწვია



ტელევიზიისათვის, რადიოკავშირის სხვადასხვა სახისათვის, რადიო-ლოკაციისათვის და ა.შ. დიაპაზონის თავისი უბნები გააჩნიათ სამხედრო დანიშნულების ტექნიკურ საშუალებებს, ცალკეა გამოყოფილი ქვედიაპაზონი რადიომოყვარულთათვის. დადგენილი მკაცრი მოთხოვნები და შეზღუდვები ე.წ. არაზოლოვანი გამოსხივების დონეზე გამომსხივებელი საშუალებების ელექტრომაგნიტური შეთავსებადობის –ერთდროულად მუშაობის ან გრაფიკის მიხედვით მუშაობის უზრუნველყოფის საშუალებას იძლევა.

გამოთვლილია, რომ კაცობრიობა მოიხმარს მილიარდობით ტონა ნედლეულს, სათბობს, წყალს, ბიომასას, ატმოსფერულ ჟანგბადს, მაგრამ სასარგებლო პროდუქტში დახარჯული ბუნებრივი რესურსების მხოლოდ 1% გადადის. ეს ეხება ელექტრომაგნიტურ ველსაც. მაგალითისათვის განვიხილოთ ასეთი ჰიპოთეზური მაგალითი. რადიოკავშირის, რადიომაუწყებლობის და ტელევიზიის ტექნიკური საშუალებები გამომსხივებენ უზარმაზარი რაოდენობის ელექტრომაგნიტურ ენერგიას.

გადამცემების სიმძლავრე იცვლება მილივატიდან (მაგალითად, რადიოტელეფონის ყურმილის გადამცემის სიმძლავრე) ასეულობით კილოვატამდე და ერთეულ მეგავატამდე კი (რადიომაუწყებლობის გადამცემები). ტელეკომუნიკაციის საშუალებებით გამოსხივებულ ელექტრომაგნიტურ ენერგიას აქვს განსაზღვრული დანიშნულება – მან უნდა იმოქმედოს მიმღები მოწყობილობის შემავალ წრედზე. თუ ვივარაუდებთ, რომ თითოეული მიმღები მოწყობილობის ნორმალური მუშაობისათვის აუცილებელია 1 მვტ სიმძლავრე, ადვილია იმის გამოთვლა, რომ გარემოდან 100 კვტ სიმძლავრის ერთი გადამცემის ელექტრომაგნიტური ენერგიის “ამოღებისათვის” საჭიროა 100 მილიონი მიმღები.

ელექტრომაგნიტური ენერგიის ნაწილი კოსმოსურ სივრცეში ვრცელდება, დანარჩენი კი გარემოს მიერ გაიფანტება (შთაინთქმება): ატმოსფეროს, გარემოს საგნების, მათ შორის ბიოლოგიური ობიექტების მიერ. უნდა აღინიშნოს, რომ ელექტრომაგნიტურ ენერგიას გამომსხივებს მრავალი სხვა ტექნიკური საშუალება, რომელთა ძირითადი ფუნქცია არაა დაკავშირებული გამოსხივების წინასწარ განზრახულ პროცესთან, მაგალითად, ენერგეტიკული დანადგარები, ელექტროფიცირებული ტრანსპორტი, ელექტროგადამცემი ხაზები, საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოები, კომპიუტერები და მისთ. ელექტრომაგნიტური დაბინძურების დონეს

ჯერ არ მიუღია გლობალურად საშიში ხასიათი, თუ არ ჩავთვლით უკანასკნელი ასწლეულის მანძილზე გაჩენილდა მუდმივად მზარდ რადიოფონის დონეს, რომლის ქვეშაც იგულისხმება დედამიწაზე ყველა გამომსხივებელი საშუალების ჯამური ეფექტი. მაღალი დონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ლოკალიზებულია წყაროს მახლობლად და არსებობს მხოლოდ გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალების მუშაობის პერიოდში. მაღალი დონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ლოკალიზებულია წყაროს მახლობლად და არსებობს მხოლოდ გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალების მუშაობის პერიოდში.

**11.7. ელექტრომაგნიტური დაბინძურების წყაროები და მასშტაბები**  
უკანასკნელ რამდენიმე ათწლეულში მნიშვნელოვნად გაიზარდა ისეთი მოწყობილობების გამოყენება, რომელიც გამოასხივებს ელექტრომაგნიტურ სხივებს. ადამიანის მიერ ელექტრომაგნიტური ველების ათვისება დაკავშირებულია გრძელი ტალღების (ტალღის სიგრძე 1 –10 კმ) დიაპაზონის გამოყენებასთან, რაც განპირობებული იყო ამ დიაპაზონში რადიოკავშირის და რადიომაუწყებლობის განვითარება. შემდეგ დიდი ტემპებით დაიწყო განვითარება ტელევიზიამ, და გამოყენებული ტალღის სიგრძის დიაპაზონი გაფართოვდა მოკლე ტალღის სიგრძის მხარეს. რადიოლოკაციისა და რადიონავიგაციის განვითარებასთან ერთად აქტიურად დაიწყო მეტრული, დეციმეტრული და სანტიმეტრული დიაპაზონის ტალღების ათვისება. ამჟამად ძნელია მეცნიერების, ტექნიკის, ეკონომიკის დარგის დასახელება, სადაც არ გამოიყენებოდეს რადიოელექტრონული აპარატურა, მათ შორის ელექტრომაგნიტური ველის გამომსხივებელი.

მაგალითისთვის მოვიყვანოთ სატელეკომუნიკაციო საქმიანობის და მოწყობილობის სახეები, რომლებიც წარმოადგენენ სხვადასხვა დიაპაზონში ელექტრომაგნიტური ენერგიით გარემოს გაჯერების მიზეზი:

- 300 კჰც-მდე (1000კმ-მდე)- სხვადასხვა წარმოშობის სტატიკური ველები, ენერგეტიკული დანადგარები, ელექტროგადამცემი ხაზები, ვიდეოდისკლეის ტერმინალები

- 0,3 – 3 კჰც ( 1000–100 კმ) – რადიოგადამცემის მოდულატორები, სამედიცინო ხელსაწყოები, ინდუქციური გახურების, საწრთობი, შედუღების, სადნობი და ჩაწმენდის ელექტრული ღუმელები;



- 3 - 30 კჰც (100-10 კმ) - კავშირის საშუალებები, რადიონავიგაციის სისტემები, რადიოგადამცემების მოდულატორები, სამედიცინო ხელსაწყოები, ინდუქციური გახურების, საწრთობი, შედუღების, სადნობი და ჩაწმენდის ელექტრული ღუმელები, ვიდეოდისპლეიანი ტერმინალები;

- 30 - 300 კჰც(10 -1 კმ) - რადიომაუწყებლობა, რადიონავიგაცია, საზღვაო და საავიაციო კავშირი, რადიოლოკაცია, ვიდეოდისპლეიანი ტერმინალები, ელექტროფორები, ლითონის ინდუქციური გახურება და დნობა;

- 0,3 - 3 მჰც (1 - 0,1 კმ) რადიომაუწყებლობა, რადიონავიგაცია, საზღვაო რადიოტელეფონია,სამოყვარულო რადიოკავშირი, ინდუსტრიული რადიოსიხშირული ხელსაწყოები, ამპლიტუდური მოდულაციანი გადამცემები, საშემდუღებლო აპარატები, ნახევარგამტარული მასალების წარმოება, სამედიცინო ხელსაწყოები;

- 3 - 30მჰც (100 -10 მ) რადიომაუწყებლობა, სამოყვარულო რადიოკავშირი, გლობალური კავშირი, მაღალსიხშირული თერაპია, მაგნიტური რეზონანსული აღმგზნები, დიელექტრული გახურება, მერქნის შრობა და შეწებება, პლასტმური გამახურებლები;

- 30 -300 მჰც (10 - 1 მ) - მოძრავი კავშირი,გახურება,სიხშირულ-მოდულირებული რადიომაუწყებლობა, ტელემაუწყებლობა, სასწრაფო დახმარება, მაგნიტური რეზონანსული აღმგზნები, დიელექტრული გახურება, პლასტმასის შედუღება, პლასტმური გახურება;

- 0,3 - 3 გჰც (100 -10 სმ) - რადიოსარელეო ხაზები, მოძრავი კავშირი, რადიოლოკაცია, რადიონავიგაცია, ტელემაუწყებლობა, მიკროტალღურიღუმელი, სამედიცინო ხელსაწყოები, პლასტმური გახურება, ნაწილაკების ამაჩქარებელი;

- 3 - 30 გჰც (10 - 1სმ)- რადიოლოკაცია, თანამგზავრული კავშირი,მოძრავი კავშირი, მეტეოროლოგიური ლოკატორები, რადიოსარელეო ხაზები, დაცვის სიგნალიზაცია, პლასტმური გახურება, თერმობირთვული სინთეზის დანადგარები;

- 30 - 300 გჰც (10 -1 მმ) - რადიოლოკაცია, თანამგზავრული კავშირი, რადიოსარელეო ხაზები, რადიონავიგაცია.

მოყვანილი ჩამონათვალის მიხედვით კაცობრიობა იყენებს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების პრაქტიკულად მთელ სიხშირულ დიაპაზონს. ადამიანის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური გარემო შედგება ველებისაგან, რომლებიც

გამოსხივდება წინასწარგანზრახულად ან წარმოადგენს სხვა ხელსაწყოს გამოყენების თანაურ პროდუქტს.

#### 11.8. გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემის თანამედროვე მდგომარეობა

უკანასკნელ წლებში დედამიწაზე შექმნილ ახალ ეკოლოგიურ პირობებთან, ე.წ. “გარემოს ელექტრომაგნიტურ დაბინძურებასთან”, დაკავშირებით განიხილება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ძირითადი ბუნებრივი და ანტროპოგენული წყაროები, აგრეთვე ცოცხალ ორგანიზმებზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედების ბიოლოგიური ეფექტები.

ელექტრომაგნიტური ველების ბიოლოგიური მოქმედების პრობლემა მნიშვნელოვანი გახდა საერთაშორისო ორგანიზაციებისა და სახელმწიფო ორგანოების საქმიანობისათვის.

ჯანდაცვის მსოფლიო საერთაშორისო ორგანიზაციამ ცოცხალ ბუნებაზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების პრობლემა პრიორიტეტულ პრობლემათა სიაში შეიტანა. დადგენილია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების სანიტარიულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმატივი, რომლითაც რეგლამენტირებულია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების უსაფრთხო ინტენსივობა, რომლის დროსაც არ გამოშლავნდება ორგანოების ფუნქციონირების სისტემის დროებითი დარღვევაც კი და არ გადადის ორგანიზმის დაცვითი მექანიზმების დაძაბვაზე.

გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემის გადაწყვეტა კომპლექსური ამოცანაა, რომელიც მოიცავს სოციალურ, ეკონომიკურ და სხვადასხვა უწყებებისა და სამრეწველო კორპორაციების პოლიტიკურ ინტერესებსაც კი, მოითხოვს სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოებისა და პროექტების კოორდინირებას. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებისაგან ეკოლოგიური გარემოს უსაფრთხოების კონცეფციაში მთავარია ორგანიზმის მდგრადობისა და ეკოსისტემის სტაბილურობის შესანარჩუნებლად ინტენსივობის ზღვრული დასაშვები ნორმატიული მნიშვნელობის დადგენა.

ამდენად, კაცობრიობის ბედი მნიშვნელოვნად იქნება დამოკიდებული იმაზე, თუ რამდენად ეფექტურ მეთოდს მოძებნის მეცნიერება ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან საბრძოლველად.

მაღალი სიხშირის ელექტროდინამიკის და რადიოელექტრონიკის ფართოდ დანერგვის შედეგად ადამიანები ელექტრომაგნიტური ველის ზეგავლენის ქვეშ აღმოჩნდნენ.

## **11.9. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების რეგულირების ასპექტები**

### **11.9.1. ეკონომიკური ასპექტები**

ახალმა სამრეწველო ტექნოლოგიებმა გამოიწვია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროების შექმნა და საყოველთაო გავრცელება. რადიოტექნიკური ხელსაწყოებისა და სისტემების, ახალი ტექნოლოგიური პროცესების გამოყენება იწვევს გარემოში ელექტრომაგნიტური ენერჯის გამოსხივებას. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დონის ამადლება ძირითადად დაკავშირებულია კავშირისა და ინფორმაციის საშუალებების განვითარების დაჩქარებულ ტემპებთან, რის გარეშეც შეუძლებელი იქნება შემდგომი სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი.

90-იანი წლების დასაწყისიდან ელექტრომაგნიტური ველის წყაროების სტრუქტურაში მოხდა ცვლილებები, რომლებიც დაკავშირებულია მათი ახალი სახეების ( პერსონალური და მობილური კომუნიკაციის ფიჭური და სხვა სახის) შექმნასთან, ტელე- და რადიომაუწყებლობის ახალი სიხშირული დიაპაზონების ათვისებასთან, დისტანციური დაკვირვებისა და კონტროლის საშუალებების განვითარებასთან და ა.შ. ამ წყაროების თავისებურებას წარმოადგენს “რადიოდაფარვის” თანაბარი ზონის შექმნა, რაც იგივეა, რაც გარემოში ელექტრომაგნიტური ფონის გაზრდა.

კავშირის, ინფორმაციის გადაცემის და დამუშავების, ტრანსპორტის და მთელი რიგი თანამედროვე ტექნოლოგიების დარგების გეგმების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ უახლოეს მომავალში კიდევ უფრო გაიზრდება გარემოში ელექტრომაგნიტური ენერჯის მაგნიტური ტექნიკური საშუალებების გამოყენება.

თანამედროვე ეკონომიკის პირობებში აუცილებელია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების რეგულირების ეკონომიკური მექანიზმების შემოტანა.

### 11.9.2. ეკოლოგიური ასპექტები

საინფორმაციო საშუალებების ტექნოლოგიურმა განვითარებამ გამოიწვია ის, რომ ელექტრომაგნიტური ველის მუდმივი ზემოქმედების პირობებში აღმოჩნდა ეკოსისტემის მნიშვნელოვანი ნაწილი, განსაკუთრებით ქალაქის პირობებში, ქალაქის მიმდებარე ტერიტორიებზე, აგრეთვე ლოკალურ, პრაქტიკულად დაუსახლებელ პირობებში. გამოქვეყნებული მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს ელექტრომაგნიტური ველის მაღალი დონის, მათ შორის თბური მნიშვნელობის, არსებობას ადამიანისათვის მიუწვდომელ, მაგრამ ფლორისა და ფაუნის სამფლობელოში. თუმცა, ელექტრომაგნიტური ველის, როგორც გარემოს ფიზიკური ფაქტორის ნორმირება ტარდება მხოლოდ ადამიანისათვის მისი სანიტარიულ-ჰიგიენური შეფასების მიზნით, ხოლო ეკოლოგიური ნორმატივები ელექტრომაგნიტური ველის წყაროებისათვის არ არსებობს. ექსპერიმენტული სამუშაოების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ელექტრომაგნიტური ველი მეტად მგრძობიარე ფაქტორია ეკოსისტემის ყველა ელემენტისათვის ადამიანიდან უმარტივისებამდე.

### 11.9.3. სოციალურ-პოლიტიკური ასპექტები

XXI საუკუნე ხასიათდება სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის წამყვანი როლითა და სამრეწველო განვითარების მთელი პროცესის ინტელექტუალიზაციით.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივებით გარემოს დაბინძურებამ საშიში ხასიათი მიიღო და პრაქტიკულად გამოვიდა კონტროლიდან. თუ ადრე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ჰიგიენურად მნიშვნელოვანი დონის ზემოქმედებას განიცდიდა ადამიანების შეზღუდული წრე და ეს ძირითადად დაკავშირებული იყო პროფესიულ საქმიანობასთან, ამჟამად შეიძლება საუბარი მთელს მოსახლეობაზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებაზე.

გამოიკვეთა სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის შედეგებსა და ხელსაყრელ გარემოზე ადამიანის უფლებებს შორის ოპტიმალური თანაფარდობის განსაზღვრის აქტუალური პრობლემა.

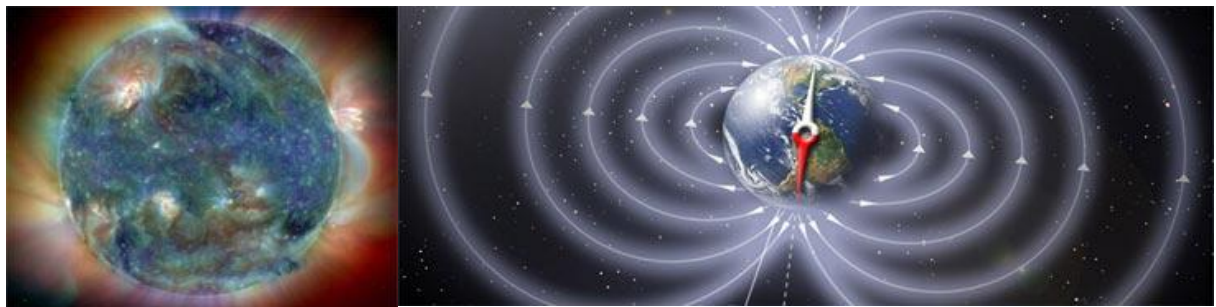
დღის წესრიგში დგას ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების მარეგლამენტირებელი ახალი სანიტარული ნორმებისა და წესების შემუშავება.

### 11.10. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ბუნებრივი წყაროები

განასხვავებენ ელექტრომაგნიტური ველის ბუნებრივ და ხელოვნურ წყაროებს.

მილიარდობით წლის მანძილზე დედამიწის ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ველი, წარმოადგენდა რა პირველად ეკოლოგიურ ფაქტორს, მუდმივ ზემოქმედებას ახდენდა და ახდენს ყოველივე ცოცხალზე. ევოლუციური განვითარების კვალდაკვალ ცოცხალი არსებებისსტრუქტურულ-ფუნქციური ორგანიზება იცვლებოდა ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ფონის რყევის ზემოქმედების ქვეშ. ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ფონი კი იცვლებოდა მზის აქტივობის პერიოდებში, როდესაც მძლავრი კორპუსკულარული ნაკადი იწვევს დედამიწის მაგნიტური ველის მკვეთრ ხანმოკლე ცვლილებებს. უნდა აღინიშნოს, რომ ასევე ბუნებრივია დედამიწის მაგნიტური ველის რყევებიც.

ეს მოვლენა, რომელმაც მიიღო მაგნიტური ქარიშხლის სახელი, როგორც წესი, აისახება ყველა ეკოსისტემის, ადამიანის ჩათვლით, მდგომარეობაზე. მაგნიტურ ქარიშხალს ბევრი მეცნიერი ადაპტოგენურ ფაქტორად მიიხნევს. ამ პერიოდში შეიმჩნევა გულ-სისხლძარღვთა სისტემით, ნერვულ-სომატური და სხვა დაავადებებით ადამიანების მდგომარეობის გაუარესება. მაგნიტური ქარიშხალი გავლენას ახდენს ცხოველებზეც, განსაკუთრებით ჩიტებზე და მწერებზე.



ნახ. 51. დედამიწის ელექტრული და მაგნიტური ველები

ტექნიკურ განვითარებას, როგორც ადამიანის საქმიანობის შედეგს, არსებითი ცვლილებები შეაქვს ბუნებრივ მაგნიტურ ველში, აძლევს რა მოცემულ

გეოფიზიკურ ფაქტორს ახალ სტრუქტურას და ინტენსივობას, მკვეთრად აძლიერებს მის ზემოქმედებას. დედამიწაზე ყველა არსებული ელექტრომაგნიტური ველი შეიძლება გაავართიანოთ ორ ჯგუფში: ბუნებრივ, დედამიწისთვის დამახასიათებელ და ნებისმიერ ბიოლოგიურ ობიექტზე მუდმივად მოქმედ, და ხელოვნურ (ტექნოგენურ), ადამიანის ტექნიკური საქმიანობით გამოწვეულ ელექტრომაგნიტურ ველებად.

ბუნებრივ ელექტრომაგნიტურ ველს მიეკუთვნება: დედამიწის მაგნიტური ველი; კოსმოსური, ციურ სხეულთა რადიოტალღები; მზის გამოსხივება, რომელიც გამოსხივების ფართო სპექტრით ხასიათდება; დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარე ატმოსფერულ-კლიმატური მოვლენები (ელვა, იონოსფეროში მიმდინარე ცვლილებები), აგრეთვე დედამიწის ღრმა ფენებში სხვადასხვა ტექტონიკური მოძრაობების დროს მიმდინარე პროცესების მდგენელები.

ბუნებრივი ორგანიზმები უჯრედულ დონეზე ან განიცდიან ადაპტაციას ბუნებრივ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან, ან გამოიმუშავენ უკუქმედების სისტემებს, რომელიც გამორიცხავს ორგანიზმის დაღუპვას.

#### **11.11. ელექტრომაგნიტური ველის ბუნებრივი წყაროების დახასიათება**

ცოცხალი ორგანიზმების ევოლუციის მთელი ეპოქის მანძილზე მათ საარსებო გარემოში- ბიოსფეროში არსებობს ელექტრომაგნიტური ველი.

ელექტრომაგნიტური ველის ძირითადი ბუნებრივი წყაროებია:

ატმოსფერული ელექტრობა;

მზისა და გალაქტიკის რადიოგამოსხივება (თანაბრად განაწილებული სამყაროში);

დედამიწის ელექტრული და მაგნიტური ველები ( ჭექა-ქუხილი, დაბალი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება)

##### **11.11.1. ატმოსფერული ელექტრობა**

ატმოსფერული ელექტრობა ეწოდება ელექტრომაგნიტურ ველს, რომელიც წარმოიქმნება ატმოსფერული განმუხტვის შედეგად. დედამიწის იონოსფეროში და მის ზედაპირზე წარმოქმნილ ბუნებრივ ტალღასატარში გავრცელებულ დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტურ ტალღებს ატმოსფერიკი (ან უბრალოდ, სფერიკი) ეწოდება. ასეთი ტალღების ჯგუფური სიჩქარე ახლოსაა ვაკუუმში

სინათლის სიჩქარესთან, ხოლო ამ ტალღების წყაროს ატმოსფერული ელექტრული განმუხტვა, მაგალითად, ჭექა-ქუხილი წარმოადგენს. ატმოსფერული ელექტრობის სიხშირული დიაპაზონი ფართოა. ჭექა-ქუხილის განმუხტვის ახლო რაიონში ატმოსფეროების ელექტრომაგნიტური ველის ელექტრული მდგენელის დაძაბულობა 10 კვც-თან ახლო სიხშირეზე ათეულ, ასეულ და ათასეულ ვ/მ –საც კი აღწევს. ატმოსფერიკს სუსტი მილევალობა ახასიათებს და შეიძლება მნიშვნელოვან მანძილზე გაგრძელდეს.

ატმოსფერიკების ძირითადი კერაა ტროპიკული სარტყელის კონტინენტები, ხოლო ზედა განედებთან ჭექა-ქუხილის საქმიანობის ინტენსივობა მცირდება.

ცნობილია ჭექა-ქუხილის დღე-ღამური და სეზონური პერიოდულობა. ჭექა-ქუხილი დაკავშირებულია აგრეთვე მზის აქტივობასთან: მზეზე აფეთქებების დროს ატმოსფერიკები მნიშვნელოვნად ძლიერდება.

#### **11.11.2. მზისა და გალაქტიკის რადიოგამოსხივება**

მზისა და გალაქტიკის რადიოგამოსხივების სიხშირული დიაპაზონი საკმაოდ ფართოა – 10 მჰც-დან 10 გჰც-მდე. მზის რადიოგამოსხივების ინტენსივობა პირდაპირ კავშირშია მზის აქტივობასთან.

ამ რადიოგამოსხივების ინტენსივობა იცვლება დღეღამური პერიოდულობით, რაც დაკავშირებულია დედამიწის ბრუნვასთან გამოსხივების წყაროს მიმართ. გარდა ამისა, რადიოგამოსხივება ინტენსივობა იცვლება 27-28 დღის პერიოდულობით, რაც დაკავშირებულია მზის ბრუნვასთან, და, ბოლოს, მზის აქტივობის 11-წლიან პერიოდულობასთან.

#### **11.11.3. დედამიწის მაგნიტური ველი – გეომაგნიტური ველი**

დედამიწას აქვს მაგნიტური ველი, არაერთგვაროვანი თავისი სტრუქტურით და დინამიკური თვისებებით. ერთ-ერთი კლასიფიკაციის მიხედვით გეომაგნიტური ველი წარმოადგენს რამდენიმე ველის ჯამს:

დედამიწის სფეროს ერთგვაროვანი დამაგნიტებით შექმნილი ველები;

დედამიწის სფეროს ღრმა ფენების არაერთგვაროვნებით შექმნილი ველები, კონტინენტური ველები;

დედამიწის ზედა ქერქის განსხვავებული დამაგნიტებით განპირობებული ველები, ანომალური ველები;

დედამიწის გარეთ არსებული წყაროების მიერ შექმნილი ველები, გარე ველები;

გეომაგნიტური ველი შეიძლება დამახინჯდეს, ამასთან აღძრას ანომალიები: კონტინენტური, რომლის ფართობი კონტინენტების შესადარია; რეგიონული, რომელიც იკავებს ათეულ ან ასეულ კვადრატულ კილომეტრს; ლოკალური, რომელიც აღიძვრება იქ, სადაც მაგნიტური ქანები განლაგებულია დედამიწის ზედაპირთან.

გეომაგნიტური ველი შედგება მუდმივი და ცვლადი ველებისგან. ცვლადი გეომაგნიტური ველი იცვლება

– ესაა მშვიდი და აღზნებული ვარიაციები, რომელთა ამპლიტუდები და ფაზები იცვლება დედამის განმავლობაში და წლის მანძილზე მზის აქტივობასთან დაკავშირებით;

– ესაა გეომაგნიტური პულსაციები – ძალიან დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღები, რომელიც შეიმჩნევა დედამიწის ზედაპირზე.

შესაბამისად, დედამიწის მაგნიტური ველი განიცდის განუწყვეტლივ ცვლილებას, რომლის სირთულე აისახება სხვადასხვა პარამეტრის ცვლილებაზე. საკითხი გეომაგნიტური ველის ბიოლოგიური მნიშვნელობის შესახებ ბოლომდე დადგენილი არაა. კვლევებით დადგენილია, რომ ცოცხალი ორგანიზმების ფუნქციურ-დინამიკური პარამეტრების რყევები არის არა შემთხვევითი, არამედ კანონზომიერი. შედარებითმა ანალიზმა გამოააშკარავა ბიოსფეროში ცხოველქმედების სინქრონულობისა და სინფაზურობის სხვადასხვაგვარი გამოვლენა.

#### 11.11.4. დედამიწის ელექტრული ველი

დედამიწის ატმოსფეროში არსებობს ელექტრული ველი, ვერტიკალურად მიმართული დედამიწის ზედაპირის მიმართ ისე, რომ ეს ზედაპირი დამუხტულია უარყოფითად, ხოლო ატმოსფეროს ზედა ფენები – დადებითად.

ამ ველის დაძაბულობა დამოკიდებულია გეოგრაფიულ განედზე: ველის დაძაბულობა მაქსიმალურია შუა განედებზე, ხოლო ეკვატორთან და პოლუსებთან კლებულობს. დედამიწის ზედაპირიდან მანძილის გაზრდით დედამიწის ელექტრული ველი მცირდება.



დედამიწის ელექტრული ველის სიდიდე განიცდის პერიოდულ წლიურ და დედამიწის ცვლილებას. დედამიწის ცვლილება ატარებს როგორც საერთოპლანეტურ, ისე ადგილობრივ ხასიათს. სხვადასხვა განედის ოკეანის თავზე და პოლარულ არეში დედამიწის ელექტრული ველის ცვლილება ხდება ერთ უნივერსალურ დროში და მას ეწოდება უნიტარული ვარიაცია. ეს ვარიაცია დაკავშირებულია ჭექა-ქუხილის ჯამურ საქმიანობასთან დედამიწის სფეროზე, რომელიც ასევე განიცდის დედამიწის ცვლილებებს. ხმელეთის დანარჩენი ნაწილის თავზე დედამიწის ელექტრული ველის დედამიწის ცვლილება დაკავშირებულია აგრეთვე ჭექა-ქუხილთანაც და შეიძლება მნისუნელოვნად იცვლებოდეს წლის დროისგან დამოკიდებულებით.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია თვლის, რომ თანამედროვე ელექტრომაგნიტური გამოსხივება და მისი მოქმედება მოსახლეობაზე უფრო საშიშია, ვიდრე ნარჩენი ბირთვული მაიონიზირებელი გამოსხივება. საკითხი აღიარებულია იმდენად აქტუალურად, რომ "ელექტრონული სმოგის" პრობლემა ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ ადამიანის ჯანმრთელობაზე ზემოქმედების საშიშროების მიხედვით პირველ ადგილზე დააყენა.

ევროკავშირის ქვეყნების არაიონიზირებული გამოსხივებისგან დაცვის საერთაშორისო კომისია ყველა სახელმწიფოს მთავრობას აძლევს რეკომენდაციას ყველაზე ეფექტური პროფილაქტიკური და ტექნიკური საშუალებები და ღონისძიებები "ელექტრომაგნიტური სმოგის" მოქმედებისაგან მოსახლეობის დაცვისათვის.

სამწუხაროდ, არამარტო ქალაქში მცხოვრები ადამიანები, არამედ მის ფარგლებს გარეთ მაცხოვრებლებიც ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ქვეშ იმოფებიან. დედამიწის ზედაპირი თავის თავში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ბევრ წყაროს მოიცავს, რომლებიც გავლენას ახდენს ცოცხალი ორგანიზმების ჯანმრთელობაზე. ასეთ ბუნებრივ წყაროებს გეოპათოგენური ზონები ეწოდება. ასეთ ზონებში ადამიანის დიდხანს ყოფნა ისეთივე შედეგს იწვევს, როგორსაც ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროსთან ახლოს. გეოპათოგენური ზონების სტრუქტურა რთულია და პოლიმორფული. გარემოს მდგომარეობა განისაზღვრება გარემოს არამარტო ტექნოგენური დაბინძურების ხარისხით, არამედ მთელი რიგი ოდითგან არსებული ბუნებრივი

ხასიათის ფაქტორებით, რომელთა შორის წამყვანია დედამიწის ქერქის ზოგიერთი არაერთგვაროვნება. ასეთი არაერთგვაროვნებაა, მაგალითად, ტექტონიკური სკდომის და დაზიანებების ზონები, მიწისქვეშა წყლის ნაკადები, უძველესი დაფლული მდინარის (პალეომდინარის) კალაპოტი, სხვადასხვა დონეებზე გამავალი წყალქვეშა წყლების ნაკადების გადაკვეთა, გეოლოგიური გადანატეხები, სასარგებლო და უსარგებლო წიაღისეულის ბუდობი და სხვ.

სამეცნიერო კვლევები აჩვენებს, რომ ადამიანის ორგანიზმზე ბიოპათოგენური უარყოფითი ფაქტორების ზემოქმედება რეალობაა, რომლის გათვალისწინებაც აუცილებელია. სპეციალისტებმა გამოავლინეს კავშირი ონკოლოგიურ დაავადებებს, გულის იშემიურ დაავადებებს, გაბნეულ სკლეროზს, ასტმურ ბრონქიტსა და გეოპათოგენურ ზონებს შორის. ამ ზონების თავზე სავარაუდოა ადამიანის ქცევითი ფუნქციების ცვლილება, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს ტრავმატიზმის და ტრანსპორტზე ავარიულობის მომატება. ამ ზონებზე აღგილი აქვს აგრეთვე მცენარეთა მორფოზების რიცხვის ზრდას, თესლის აღმოცენებისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირებას. ადამიანის ორგანიზმზე გეოპათოგენური ზონების ზემოქმედება, ზოგიერთ რაიონში თავისი უარყოფითი შედეგებით ანტროპოგენული ფაქტორების ზეგავლენას აღემატება. გეოპათოგენური ზონების საშიშროება კიდევ ისაა, რომ ამაღლებულია გამტარობა სხვადასხვა ბუნებრივი აირისათვის, რომელთა კონცენტრაციის ამაღლება საფრთხეს წარმოადგენს. დედამიწის მანტიიდან გამოყოფილი ასეთი აირებია რადონი, ვერცხლისწყლის ორთქლი და სხვ.

#### 11.11.5. პლანეტის ელექტრომაგნიტური ველი

ადამიანის სხეულის ბიორითმები მჭიდრო კავშირშია მზის გარშემო ორბიტაზე დედამიწის მოძრაობასთან და ადამიანის გარშემო ელექტრომაგნიტური ველების ინტენსივობასთან. დედამიწაზე ყველა არსება თითქოს “აწყობილია” დაახლოებით 8 ჰც სიხშირეზე, რაც პლანეტის ელექტრომაგნიტური ველისთვისაა დამახასიათებელი. დედამიწის ენერჯის პულსაციაში ცვლილებები უშუალო გავლენას ახდენს ორგანიზმის სისხლის წნევაზე, სუნთქვაზე, გულის მუსკულაზე, იმუნურ სისტემაზე და ჰორმონების გამომუშავებაც კი.

ელექტრული დენი გარემო სივრცეში ყოველთვის ქმნის მაგნიტურ ველს. სტატისტიკა აჩვენებს, რომ დედამიწაზე მაგნიტური ქარიშხლის პერიოდში საგრძნობლად მატულობს ადამიანები, რომლებიც მიმართავენ ფსიქოლოგებისა და ფსიქიატრების სამსახურს. ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ მაგნიტურ ველებში ანომალიები იწვევენ ანომალიებს ადამიანთა და ცხოველთა ქცევაში.

ადამიანზე ელექტრომაგნიტური დაბინძურების (გამოსხივების) გავლენის შესასწავლად სამეცნიერო ექსპერიმენტი ჩატარებულ იქნა მიწისქვეშა ორ სრულიად იზოლირებულ ოთახში, ამასთან ერთ-ერთი ოთახი დაცული იყო დედამიწის მაგნიტური ველისგან, ხოლო მეორე – არა. ამ ოთახებში ორი თვის განმავლობაში მონაცვლეობით იმყოფებოდა რამდენიმე ასეული ადამიანი. ორივე ოთახის მაცხოვრებლების ფიზიოლოგიურ პროცესებსა და ქცევაში მოხდა ცვლილებები, მაგრამ ადამიანებმა, რომლებიც დედამიწის მაგნიტური ველისგან იზოლირებულ ოთახში ცხოვრობდნენ, თითქმის სრულად დაკარგეს ორიენტაცია. შემდეგ ოთახში შექმნეს ელექტრომაგნიტური ველი, რომელიც დედამიწის ველის იმიტაცია იყო, და მის მაცხოვრებლებში ანომალიური მოვლენები გაქრა. აშკარაა, რომ დედამიწის ველი განსაზღვრავს ადამიანების ბიოლოგიურ საათებს.

უკანასკნელი საუკუნის მანძილზე ადამიანმა მკვეთრად შეცვალა ელექტრომაგნიტური გარემოს ხასიათი. დღეს ბუნებრივი პლანეტური ველი გაჯერებულია ელექტრომაგნიტური დაბინძურების ხელოვნური წყაროებით.

აშშ-ში, მაგალითად, აღრიცხულია 500 ათას მილზე მეტი მაღალი ძაბვის გადამცემი ხაზები, 10 ათასზე მეტი რადიო- და ტელესადგური, 35 მილიონზე მეტი სხვადასხვა ელექტრული გადამწოდი, 10 მილიონზე მეტი მიკროტალღური ღუმელი და 250 ათასზე მეტი რადიოტელეფონი სატრანსლაციო სადგურთან ერთად.

დღეს დედამიწის ზედაპირზე რადიოტალღების სიმკვრივე მზის გამოსხივების ინტენსივობას 100 მილიონჯერ აღემატება. ამდენად, ძალიან საინტერესოა ბუნებრივ სამყაროში მსგავსი შეჭრის შედეგები.

#### **11.11.6. პლანეტის ელექტრომაგნიტური ველი**

გეოპათოგენური ზონები წარმოადგენს სხვადასხვა ბუნებრივი ფაქტორების კომპლექსს, რომელიც იქმნება დედამიწის ზედა ფენასა და მის თავზე არსებულ დედამიწისზედა ატმოსფეროში. ადამიანის ხანგრძლივი ყოფნა ასეთი ტერიტორიის ფარგლებში იწვევს ფუნქციურ დარღვევებს და დაავადებებს. ასეთ ზონაში

ტექნიკური სისტემები, შენობები და ნაგებობანი გაცილებით სწრაფად გამოდიან წყობიდან ან ინგრევიან.

თანამედროვე ადამიანი მუდმივად იმყოფება დედამიწის ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედების ზონაში. ასეთ ველს, რომელსაც ფონი ეწოდება, ყოველ სიხშირეზე აქვს განსაზღვრული დონე, რომელიც ზიანს არ აყენებს ადამიანს, და ნორმალურად ითვლება. ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური სპექტრი მოიცავს ტალღებს ჰერცის მეასედი და მეათედი ნაწილიდან ათასობით გიგაჰერცამდე.



ნახ. 52. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ტექნოგენური წყაროები

### 11.12. ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური გამოსხივება – დასახლებული სივრცის ეკოლოგიური ფაქტორი

თანამედროვე დასახლებული ტერიტორიების სივრცეები გაჯერებულია სხვადასხვა დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივებით, რომლებიც გამოწვეულია ტექნიკური საშუალებების და მოწყობილობების მუშაობით. გარემოში მუდმივად იზრდება ელექტრომაგნიტიზმის კონცენტრაცია და საერთო ელექტრომაგნიტური დაბინძურების სახეს ღებულობს. უკანასკნელ წლებში ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან გარემოს დაბინძურება არანაკლებ მილიონჯერ გაიზარდა, გლობალურ მასშტაბებს მიაღწია და მნიშვნელოვნებით გადააჭარბა ქიმიური და რადიაციული ფაქტორების გავლენას.

ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ბიოლოგიურად აქტიურია ყველა სიხშირულ დიაპაზონში. იგი მნიშვნელოვნად აღემატება ბუნებრივ დონეს, რომელიც ჩამოყალიბდა ბიოსისტემის განვითარების პროცესში და განპირობებულია ბუნებრივი გამოსხივებების ზემოქმედებით.

ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ყველა დიაპაზონი ინტენსიურად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე და ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე. მათი საშიშროების მაღალი ხარისხი ძლიერდება იმით, რომ შედეგები შეიძლება გამოქვლიანდეს საკმაოდ ხანგრძლივი დროის შემდეგ და ნეგატიურად მოქმედებს იმუნურ და გენეტიკურ მდგრადობაზე. ადამიანის ჯანმრთელობისთვის საშიშროების განსაკუთრებით მაღალი ხარისხი ახასიათებს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მაგნიტურ მდგენელს.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება წარმოადგენს მატერიის განსაკუთრებულ ფორმას, რომელიც ხასიათდება ელექტრული და მაგნიტური თვისებების გამომქვლიანების ერთობლიობით. ნებისმიერი სისტემა, რომელიც ქმნის, ანაწილებს და მოიხმარს ელექტრულ ენერჯიას, აუცილებლად ქმნის ელექტრომაგნიტური გამოსხივებას, რომელიც ჯგუფდება წყაროს შიგნით და მის გარეთ ელექტრომაგნიტური ველების სახით.

ელექტრომაგნიტური ველი წარმოადგენს ელექტრული და მაგნიტური ველების ურთიერთქმედების სტრუქტურას. ამასთან, დროში ცვალებადი ელექტრული ველი (იქმნება ელექტრული მუხტებით) წარმოშობს მაგნიტურ ველს (წარმოიქმნება გამტარ სუბსტანციაში ელექტრული მუხტების მოძრაობისას), რომელიც თავის ცვლილებისას, თავის მხრივ, ქმნის გრიგალურ ელექტრულ ველს. ორივემდგენელი – ელექტრული და მაგნიტური ველები – უწყვეტი ქმედებისას იწვევენ ურთიერთაღზნებას, რომლის პროცესშიც ხდება მოძრავი ნაწილაკების აჩქარება. ელექტრომაგნიტური ველების ფორმირება დამოკიდებულია წყაროსგან დაშორებაზე და მიდის ორ სტადიად. პირველ სტადიაზე ელექტრომაგნიტური ველი იმყოფება ე.წ. ინდუქციის ზონაში და აქვს სტატიკური თვისებები. ელექტრომაგნიტური ველის შემდგომი ფორმირება ინტენსივობის ზრდით (დამუხტული ნაწილაკების სიჩქარე) მას გადაიყვანს ელექტრომაგნიტური ტალღის ზონაში, რომელშიც ფორმირდება გამოსხივება.

ყველაზე ფართო სპექტრით წარმოდგენილია ელექტრო-მაგნიტური ველის ხელოვნური წყაროები. ტექნოგენური ხელოვნური ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ქმნის ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დინამიკურად მზარდ დანამატს, რის შედეგადაც იზრდება ცხოველქმედებისათვის საერთო საშიშროება.

ყველაზე ფართო სპექტრით წარმოდგენილია ელექტრომაგნიტური ველის ხელოვნური წყაროები, რომელნიც შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

– დანადგარები და აპარატები, რომლებიც თვითონ გამოასხივებენ გარემოში ელექტრომაგნიტურ ველს: სხვადასხვა დიაპაზონის და სიხშირის რადიო-სატელევიზიო სამაუწყებლო სადგურები; რადიოლოკაციური დანადგარები; ულტრასონოგრაფიული, ფიზიო-ლაზერული დანადგარები; მიკროტალღოვანი ღუმელები; სამრეწველო დიელექტრიკული გახურების და მაღალსიხშირული დენით წრთობის აპარატები და სხვა ანალოგიური დანადგარები და ხელსაწყოები;

– დანადგარები და აპარატები, რომლებშიც გაედინება ელექტრული დენი და გარემოში გამოასხივებენ პარაზიტულ ელექტრომაგნიტურ ველს. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება: ელექტროენერგიის გადაცემის მაღალი ძაბვის ხაზები; გამანაწილებელი აპარატურა, სატრანსფორმატორო, დენის მომხმარებელი ძრავები, ელექტროგამაცხელებლები, ელექტროქურები, ვიდეოდისკის ტერმინალები, მაცივრები, ტელევიზორები და ა.შ.

ასეთი დანადგარების მუშაობის შედეგად ადგილი აქვს გარემოში ელექტრო-მაგნიტური ველების აღძვრას და მათ გავრცელებას. დანადგარის მუშაობისას გამოსხივების წყაროს წარმოადგენს: ინდუქციური კოჭა, მუშა კონდენსატორი, მაღალი სიხშირის გენერატორი, ტრანსფორმატორი, ანტენები და სხვა კვანძები.

ელექტრომაგნიტური ტალღების ზემოქმედების თვალსაზრისით გარკვეულ საშიშროებას წარმოადგენს მაღალი ძაბვის გადამცემი ელექტროხაზები, ელექტროენერგიის გამანაწილებელი სისტემები, რკინიგზის და საქალაქო ტრანსპორტის, მეტროპოლიტენის საკონტაქტო ქსელები და საყოფაცხოვრებო ელექტრომოწყობილობა. ასეთი ზემოქმედების შედეგი შეიძლება იყოს სწრაფი დადლილობა, ცენტრალური ნერვული, იმუნური, რეპროდუქციული, ენდოკრინული სისტემების ფუნქციის მოშლა, ავთვისებიანი წარმონაქმნების განვითარება (თავის ტვინის, სარძევე ჯირკვლების), ლეიკოზები და სხვ.

შვედეთში და აშშ-ში ჩატარებულმა (1958-1977) კვლევებმა აჩვენა, რომ ელექტროქვესადგურებიდან, ტრანსფორმატორებიდან 150 მ რადიუსში მაგნიტური ველის ინდუქცია 0,3 მკტლ-ს\* აღემატებოდა. ამ ობიექტებთან მცხოვრებ ადამიანებში სიმსივნეებისა და ლეიკოზების რიცხვი ორჯერ მეტი იყო მოსახლეობის სხვა ნაწილთან შედარებით. 1991 წელს აშშ-ში გამოქვეყნებულმა კვლევის შედეგებმა

გამოავლინა ლეიკოზით დაავადების რისკი იმ მოსახლეობისათვის, რომელიც რეგულარულად ხმარობს ელექტროგამათბობლებსა და ელექტრულ საბნებს.

ელექტროენერჯიის გადამცემა ხაზების ტრასის გასწვრივ დადგენილია სანიტარიულ-დამცავი ზონის სიგანე, რომელიც დამოკიდებულია ამ ხაზებში გამავალი ელექტრული დენის ძაბვაზე.

ცხრილი №11

ზონის სიგანე, მ	10	20	40	50
ელექტროგადამცემ ხაზებში გამავალი დენის ძაბვა, კვ	20	20	400	735

სანიტარიულ-დამცავი ზონის მიღმა ელექტრული ველის დაძაბულობა არ უნდა აღემატებოდეს  $=0,5$  კვ/მ.

არანაკლებ საშიშროებას წარმოადგენს ელექტრული ტალღების ზემოქმედება ბიოლოგიურ ობიექტებზე რადიო-ტელელოკაციური სადგურების, ენერგეტიკული დანადგარების მახლობლად. ასეთი ზემოქმედების დიდი წილი მოდის ფიჭურ, მობილურ, თანამგზავრულ და სხვა კავშირებზე. ჩვენს ბინებში ელექტრომოწებობები და მის ირგვლივ ელექტროკაბელები, ელექტროფარები, ლიფტების ელექტროკვება ელექტრომაგნიტური ველის წყაროს წარმოადგენს.

\* მკტლ (მიკროტესლა) – მაგნიტური ველის ინტენსივობის ერთეულია SI სისტემაში

ელექტრომაგნიტური ველის საყოფაცხოვრებო წყაროები

ცხრილი № 12

წყარო	მანძილი, რომელზედაც ემგ-ის დონე 0,2 მკტლ-ზე ნაკლებია
აეროგრილი	მომუშავე ხელსაწყოდან 1,4 მეტრი
ტელევიზორი „შონყ“	კერანიდან 1,1 მეტრი, კედლიდან 1,2 მეტრი
ორნათურიანი გამანათებელი	0,03 მ
ელექტროლუმენი	0,4 მ
მაცივარი „სტინოლ-110“	კარიდან 1,2 მეტრი
მაცივარი „მინსკ-11“	კომპრესორიდან 0,1 მეტრი
უთო „ჰილიპს“-ი	0,23 მ
ელექტრორადიატორი	0,3 მ

ელექტრომაგნიტურ ველს გააჩნია გარკვეული ენერჯია და ვრცელდება ელექტრომაგნიტური ტალღის სახით, რომლის ძირითადი პარამეტრებია: ტალღის

სიგრძე, რხევების სიხშირე, გავრცელების სიჩქარე. ცხრილში წარმოდგენილია ელექტრომაგნიტური ტალღების მთელი სპექტრი.

ელექტრომაგნიტური ეკოლოგიის პრობლემებში გამოიყო სამი მიმართულება:

- ბიოფიზიკური, რომელიც იკვლევს ელექტრომაგნიტურ ველებთან ბიოლოგიური ქსოვილების ურთიერთქმედებას;
- სამედიცინო-ბიოლოგიური, რომელიც შეისწავლის გარემოზე და ადამიანზე ელექტრომაგნიტური ფაქტორის ზემოქმედებას და ახდენს მის ნორმირებას;

• სამეცნიერო-ტექნიკური, რომლის მიზანია გარემოში ელექტრომაგნიტური ველების ანალიზის და საჭიროების შემთხვევაში მათგან დაცვის მეთოდებისა და საშუალებების შემუშავება.

დღეისათვის დაგროვილია პირველი ორი მიმართულებით მდიდარი სამეცნიერო მასალა დაგროვილი, თუმცა უკანასკნელ წლებში მწვავედ დადგა სხვადასხვა ტექნიკური საშუალების და პირველ რიგში გარემოში ტელესაკომუნიკაციო რადიოსაშუალებების ელექტრომაგნიტური ველების გავრცელებისანალიზის აუცილებლობა. ეს დაკავშირებულია მრავალრიცხოვან ეკოლოგიურ და სანიტარიულ-ჰიგიენურ ამოცანებთან, რომლებიც უნდა აისახოს გამომსხივებელი ობიექტების უსაფრთხოდ განლაგების საკითხების გადაწყვეტაში. ამასთან გამოიყენება მოქმედი ნორმატივები და მეთოდური დოკუმენტები, რომლებშიც მოყვანილია ელექტრომაგნიტური ველების ზღვრული დასაშვები დონეები სიხშირის ყველა დიაპაზონისათვის. ტექნიკურ ლიტერატურაში ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისგან დაცვასთან დაკავშირებით გამოიყენება მრავალგვარი ტერმინი და განსაზღვრება, როგორცაა: ელექტრომაგნიტური თავსებადობა, ელექტრომაგნიტური ტერორიზმი, ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობა, ბიოელექტრომაგნიტური ტერორიზმი, ინფორმაციის დაცვა, ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოება და სხვ. დღეისათვის უკვე ცხადია აღნიშნულ სფეროში გამოყენებული ტერმინების უნიფიკაცია.

დღეისათვის ცნობილია, რომ მოსახლეობაზე მოქმედი სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველების ჰიგიენურად მნიშვნელოვანი ყველაზე გავრცელებული წყაროებია 0,4 კვ ელექტრომომარაგების სისტემის არაბალანსირებული დენები (გადინების დენები). ელექტრომომარაგების აღნიშნული სისტემები მოიცავს



ელექტროსადენს, შენობაში მოთავსებულ ელექტროტექნიკურ მოწყობილობას, ტრანსფორმატორებს, საკაბელო ხაზებს, გამანაწილებელ ფარებს.

დღეისათვის დაგროვილია პირველი ორი მიმართულებით მდიდარი სამეცნიერო მასალაა დაგროვილი, თუმცა უკანასკნელ წლებში მწვავედ დადგა სხვადასხვა ტექნიკური საშუალების და პირველ რიგში გარემოში ტელესაკომუნიკაციო რადიოსაშუალებების ელექტრომაგნიტური ველების გავრცელებისანალიზის აუცილებლობა. ეს დაკავშირებულია მრავალრიცხოვან ეკოლოგიურ და სანიტარიულ-ჰიგიენურ ამოცანებთან, რომლებიც უნდა აისახოს გამომსხივებელი ობიექტების უსაფრთხოდ განლაგების საკითხების გადაწყვეტაში. ამასთან გამოიყენება მოქმედი ნორმატივები და მეთოდური დოკუმენტები, რომლებშიც მოყვანილია ელექტრომაგნიტური ველების ზღვრული დასაშვები დონეები სიხშირის ყველა დიაპაზონისათვის.

ტექნიკურ ლიტერატურაში ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისგან დაცვასთან დაკავშირებით გამოიყენება მრავალგვარი ტერმინი და განსაზღვრება, როგორცაა: ელექტრომაგნიტური თავსებადობა, ელექტრომაგნიტური ტერორიზმი, ბიოელექტრომაგნიტური თავსებადობა, ბიოელექტრომაგნიტური ტერორიზმი, ინფორმაციის დაცვა, ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოება და სხვ. დღეისათვის უკვე ცხადია აღნიშნულ სფეროში გამოყენებული ტერმინების უნიფიკაცია.

### 11.13. ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროები

ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინიცირება ხდება ორი სახეობის წყაროებით (ენერგეტიკული მდგენელის რხევის სიხშირის სიდიდისგან დამოკიდებულებით).

ელექტრომაგნიტური ველის ხელოვნური წყაროები შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

– დანადგარები და აპარატები, რომლებიც თვითონ გამოასხივებენ გარემოში ელექტრომაგნიტურ ველს: სხვადასხვა დიაპაზონის და სიხშირის რადიოსატელევიზიო სამაუწყებლო სადგურები; რადიოლოკაციური დანადგარები; ულტრასონოგრაფიული, ფიზიო-ლაზერული დანადგარები; მიკროტალღოვანი ღუმელები; სამრეწველო დიელექტრიკული გახურების და მაღალსიხშირული დენით წრთობის აპარატები და სხვა ანალოგიური დანადგარები და ხელსაწყოები;

– დანადგარები და აპარატები, რომლებშიც გაედინება ელექტრული დენი და გარემოში გამოასხივებენ პარაზიტულ ელექტრომაგნიტურ ველს. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება: ელექტროენერგიის გადაცემის მაღალი ძაბვის ხაზები; გამანაწილებელი აპარატურა, სატრანსფორმატორო, დენის მომხმარებელი ძრავები, ელექტროგამაცხელებლები, ელექტროქურები, ვიდეოდისპლეის ტერმინალები, მაცივრები, ტელევიზორები და ა.შ.

ასეთი დანადგარების მუშაობის შედეგად ადგილი აქვს გარემოში ელექტრო-მაგნიტური ველების წარმოქმნას და მათ გავრცელებას. დანადგარის მუშაობისას გამოსხივების წყაროს წარმოადგენს: ინდუქციური კოჭა, მუშა კონდენსატორი, მაღალი სიხშირის გენერატორი, ტრანსფორმატორი, ანტენები და სხვა კვანძები.

ელექტრომაგნიტური ტალღების ზემოქმედების თვალსაზრისით გარკვეულ საშიშროებას წარმოადგენს მაღალი ძაბვის გადამცემი ელექტროხაზები, ელექტროენერგიის გამანაწილებელი სისტემები, რკინიგზის და საქალაქო ტრანსპორტის, მეტროპოლიტენის საკონტაქტო ქსელები და საყოფაცხოვრებო ელექტრომოწყობილობა. ასეთი ზემოქმედების შედეგი შეიძლება იყოს სწრაფი დაღლილობა, ცენტრალური ნერვული, იმუნური, რეპროდუქციული, ენდოკრინული სისტემების ფუნქციის მოშლა, ავთვისებიანი წარმონაქმნების განვითარება (თავის ტვინის, სარძევე ჯირკვლების), ლეიკოზები და სხვ.

შვედეთში და აშშ-ში ჩატარებულმა (1958-1977) კვლევებმა აჩვენა, რომ ელექტროქვესადგურებიდან, ტრანსფორმატორებიდან 150 მ რადიუსში მაგნიტური ველის ინდუქცია 0,3 მკტლ-ს\* (მიკროტესლა – მაგნიტური ველის ინდუქციის ერთეულია SI სისტემაში) აღემატებოდა. ამ ობიექტებთან მცხოვრებ ადამიანებში სიმსივნეებისა და ლეიკოზების რიცხვი ორჯერ მეტი იყო მოსახლეობის სხვა ნაწილთან შედარებით. 1991 წელს აშშ-ში გამოქვეყნებულმა კვლევის შედეგებმა გამოავლინა ლეიკოზით დაავადების რისკი იმ მოსახლეობისათვის, რომელიც რეგულარულად ხმარობს ელექტროგამათბობლებსა და ელექტრულ საბნებს.

არანაკლებ საშიშროებას წარმოადგენს ელექტრული ტალღების ზემოქმედება ბიოლოგიურ ობიექტებზე რადიო-ტელელოკაციური სადგურების, ენერგეტიკული დანადგარების მახლობლად. ასეთი ზემოქმედების დიდი წილი მოდის ფიჭურ, მობილურ, თანამგზავრულ და სხვა კავშირებზე. ჩვენს ბინებში

ელექტრომოწყობილობები და მის ირგვლივ ელექტროკაბელები, ელექტროფარები, ლიფტების ელექტროკვება ელექტრომაგნიტური ველის წყაროს წარმოადგენს.

ელექტრომაგნიტური ველის ძირითადი წყაროებია:

ელექტროტრანსპორტი (ტრამვაი, ტროლეიბუსი, მატარებელი);

ელექტროგადამცემი ხაზები;

ელექტროსადენი (შენობის შიგნით, ტელეკომუნიკაციის);

საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოები;

ტელე- და რადიოსადგურები (სატრანსლიაციო ანტენები);

თანამგზავრული და ფიჭური კავშირი;

რადარები;

პერსონალური კომპიუტერები.

#### **11.14. ტექნიკური საშუალებების განვითარების ტენდენციები**

ელექტრომაგნიტური ენერჯის გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალებების განვითარებაში არსებობს სამი ტენდენცია, რომელსაც უნდა მიექცეს ყურადღება ელექტრომაგნიტური ეკოლოგიის საკითხების თვალსაზრისით.

პირველი – გამომსხივებელი საშუალებების რაოდენობის ზრდა მათი ტექნიკური ათვისების და სიხშირული დიაპაზონის უფრო მჭიდროდ შევსების, რადიოკავშირის და რადიომაუწყებლობის გაფართოების, ტელემაუწყებლობის არხების და სხვა სამსახურების გაზრდის ხარჯზე.

მეორე – ტექნიკური საშუალებების ენერგეტიკული პოტენციალის გაზრდა ხელსაწყოებისა და გადამცემების სიმძლავრის გაზრდის, სატელეკომუნიკაციო საშუალებების გადამცემი ანტენების ეფექტურობისა და მათი ტერიტორიული კონცენტრაციის გაზრდის გამო.

მესამე – რთული ელექტრონული საყოფაცხოვრებო ტექნიკის, პერსონალური კომპიუტერების და ახალი ტექნოლოგიების სხვა მიღწევათა დანერგვა.

ამჟამად შეიმჩნევა ელექტრომაგნიტური ფაქტორის მხრივ ეკოლოგიური სიტუაციის გაუარესება. ეს უნდა დაეუკავშიროთ, პირველ რიგში, ელექტრომაგნიტური ველების გამოყენების საკითხების მიმართ საუწყებო, ხშირად კომერციული და სამომხმარებლო მიდგომების ზრდას.

გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალებებისა და ობიექტების განლაგება ხდება საცხოვრებელი სახლების სახურავებზე დაადამიანების მასიურად ყოფნის ზონების სიახლივეს უკვე არსებული ელექტრომაგნიტური ვითარების ანალიზის და განსათავსებელი საშუალებების ელექტრომაგნიტური ველების პროგნოზირების გარეშე. როგორც წესი, გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალების განსათავსებლად გამოიყენება ერთიდაიგივე მასიური მომსახურების თვალსაზრისით მოხერხებული ანტენების (ანძები, კოშკები, მალღივი შენობები და ა.შ.) დაყენების ადგილები. მიუხედავად ელექტრომაგნიტური ველების გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალებების გამოყენებაზე არსებული რეგლამენტაციის და შეზღუდვებისა, კომერციული მიზნებით ზოგჯერ ხდება ჰიგიენური პარამეტრებისა და ელექტრომაგნიტური შეთავსებადობის პარამეტრების მიხედვით არასერტიფიცირებული აპარატურა.

ელექტრომაგნიტურ ფაქტორის გამო არახელსაყრელი სიტუაცია დაკავშირებულია აგრეთვე გარემოს ეკოლოგიური ელექტრომაგნიტური მონიტორინგის სუსტ მატერიალურ-ტექნიკურ ბაზასთან. ნორმატიული დოკუმენტაციის მიხედვით (ჩემი ეკოლოგიიდან) ყოველ ობიექტს, რომელიც განკუთვნილია გარემოში ელექტრომაგნიტური ენერჯის გამოსხივებისათვის, უნდა ჰქონდეს სანიტარიული პასპორტი, რომელშიც სხვა მონაცემებთან ერთად უნდა იყოს ელექტრომაგნიტური ველების გამოთვლილი და გაზომილი დონეები და ამ ობიექტების სანიტარიული ზონების საზღვრები. აღსანიშნავია ისიც, რომ ძალიან დაბალია მოსახლეობის ეკოლოგიური აღზრდის, განათლებისა და განვითარების დონე. ეს ეხება ელექტრომაგნიტური ეკოლოგიის საკითხების შესწავლასაც.

გარემოში ელექტრომაგნიტური ველების ძირითადი წყაროა ტელეკომუნიკაციის და რადიოტექნიკური სისტემები, რაც დაკავშირებულია იმასთან, რომ ელექტრომაგნიტური ველების გამოსხივება არის რადიოარხის განუყოფელი მოვლენა. რადიოკავშირის, რადიომაუწყებლობის და ტელევიზიის გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალებები, როგორც წესი, მთელ ტერიტორიაზე თანაბრად განაწილებული. ეს იმისათვის კეთდება, რომ ადამიანების ყოფნის ადგილებში შეიქმნას ელექტრომაგნიტური ველების აუცილებელი ინტენსივობა.

ტექნიკურ საშუალებებს აშენებენ და აყენებენ ისე, რომ მოხერხებული იყოს მისი ექსპლუატაცია, მაგრამ არ ფიქრობენ ეკოლოგიურ შედეგებზე. შედეგად –

გამომსხივებელი ტექნიკური საშუალებები მოექცა ქალაქის ფარგლებში, ტელეცენტრები – ყველაზე მჭიდროდ დასახლებულ ადგილებში და ა.შ. ამის შედეგად კი ტექნიკური საშუალებების მაღალი დონის ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედების ქვეშ აღმოჩნდა არამარტო მომსახურე პერსონალი, არამედ უახლოესი ტერიტორიის მოსახლეობაც. თუმცა რადიოკავშირი, რადიომაუწყებლობა და ტელევიზია – ცივილიზაციის მონაპოვარია და არავინ აპირებს მასზე უარის თქმას. გარდა ტელეკომუნიკაციისა, მრეწველობაში, მეცნიერებასა და მედიცინაში ადამიანისათვის სასარგებლო ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური ეფექტების შესაქმნელად გამოიყენება მოწყობილობა ელექტრომაგნიტური ენერჯის გადასაცემად და კონცენტრაციისათვის. ამ მიზნებისათვის გამოყოფილია სიხშირული დიაპაზონები. კონსტრუქციის არასრულყოფილების გამო ასეთი მოწყობილობიდან თითქმის ყოველთვის ხდება ელექტრომაგნიტური ენერჯის გაჟონვა. თითოეული გენერატორი მოქმედებს როგორც ელექტრომაგნიტური ველების წყარო, რომელიც გამოსხივების სიმძლავრის დონისგან დამოკიდებულებით შეიძლება გახდეს მანე ზემოქმედების მიზეზი. ელექტრომაგნიტური ველების გამომსხივებელი სამრეწველო, სამეცნიერო და სამედიცინო დანადგარების რაოდენობა მსოფლიოში აღირიცხება ასეულ მილიონობით, მათი რიცხვი ყოველწლიურად იზრდება 3 – 7%-ით.

სამრეწველო, სამეცნიერო და სამედიცინო დანადგარების პროექტირება ჩვეულებრივ ხდება მინიმალური ღირებულების გათვალისწინებით აუცილებელ ოპერაციათა შესრულებისას. მუშა ზონაში გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ველების სიხშირული სტაბილურობა და სიმძლავრის სპექტრული სიმკვრივე, როგორც წესი, მთავარ პარამეტრებს არ წარმოადგენს. ამასთან, ოპერატორის სამუშაო ადგილი ჩვეულებრივ იმყოფება გენერატორის ან გამამძლიერებლის ახლოს. დანადგარიდან ელექტრომაგნიტური ენერჯია გამოსხივდება ძირითადად კიდურა მოწყობილობებიდან და მასთან მისაერთებელი სადენებიდან (მაგალითად, რადიოსიხშირული კაბელებიდან). გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ენერჯის რაოდენობა დამოკიდებულია მოწყობილობის კონსტრუქციის თავისებურებაზე და სამუშაო ადგილზე მის განლაგებაზე. შემთხვევით გამოსხივებული ველები წარმოადგენს მოწყობილობის ზედაპირზე და სხვადასხვა გამტარ სტრუქტურებში გამავალი დენების შედეგს.

ყველა მოწყობილობა ჩვეულებრივ მოქმედებს როგორც ერთგვარი ანტენათა სისტემა, რომელიც შედგება ერთმანეთთან ახლოს განლაგებული გამომსხივებელი ზედაპირული ელემენტებისაგან, რომლებიც ზოგიერთ სიხშირეზე რეზონანსში მოდიან.

თუმცა ასეთი სისტემის გამოსხივების ეფექტურობა ძალიან დაბალია, მიუხედავად ამისა, გამოსხივებული სიმძლავრე შეიძლება მნიშვნელოვანი იყოს, თუ დანადგარის ნომინალური სიმძლავრე მაღალია.

უკანასკნელ ხანებში სულ უფრო დიდ ყურადღებას იპყრობს საქმიანობის კიდევ ორი სფერო – ენერგეტიკა და ინფორმატიკა, რომლებიც ქმნიან ელექტრომაგნიტურ დაბინძურებას. ელექტრომაგნიტური ველები, რომლებიც ახლავს ადამიანის მიერ სამრეწველო სიხშირისა ელექტროენერჯისა და კომპიუტერების გამოყენებას, ეკოლოგებსა და ჰიგიენისტებში გარკვეულ შეშფოთებას იწვევს.

უკანასკნელ ხანებში გამოჩნდა სამეცნიერო კვლევების შედეგები, რომელთა მიხედვით დაბალი დონის სამრეწველო სიხშირის მაგნიტურ ველებს მაღალი ბიოლოგიური აქტივობა ახასიათებს.

არსებობს სამეცნიერო კვლევების რეზულტატები, რომლებიც ადასტურებს, რომ ასეთი ველები წარმოადგენს ზოგიერთი ონკოლოგიური დაავადების მიზეზს, განსაკუთრებით ბავშვებში.

საგანგაშოა საყოფაცხოვრებო ტექნიკის რაოდენობის, სახეებისა და სიმძლავრის მკვეთრად ზრდა.

ცივილიზებული ადამიანის ცხოვრების წესი გულისხმობს, რომ ბინის ძალიან შეზღუდულ ფართობზე კონცენტრირდება დიდი რაოდენობის შესაძლო საყოფაცხოვრებო ტექნიკა – ფენიდან და ყავის საფქვავიდან, მძლავრ სარეცხის და ჭურჭლის სარეცხ მანქანამდე. ჩვენს ბინებში ელექტრომაგნიტური ველების გაზრდის შესახებ შეიძლება იმ ფაქტის მიხედვითაც ვიმსჯელოთ, რომ უკანასკნელი ათი – თხუთმეტი წლის მანძილზე ბინებში ძალოვანი ქსელის შესასვლელზე დნობადი მცველებისა და ავტომატების დენის ნომინალები 5-6 ამპერიდან 20-25 ამპერამდე გაიზარდა. ეს ნიშნავს, რომ მოხმარებული სიმძლავრე 10-25-ჯერ გაიზარდა და, როგორც შედეგი, ბინაში ელექტრომაგნიტური ველების დონეები 5-6-ჯერ გაიზარდა.

გარდა ამისა, ენერგეტიკა არის ელექტროგადაცემების სახეები, რომლების გადაჭიმულია მინდვრებზე, ტყეებზე, მდინარეებზე და წყლის ქვეშ.

ბიოლოგებმა დაადგინეს, რომ ელექტროგადამცემი სახებიდან ელექტრომაგნიტური ველები გავლენას ახდენენ მწერების (ჭიანჭველები ტოვებენ ელექტროგადამცემი სახების მიმდებარე ტყის ნაწილებს), თევზების (წყალსატევების გადამკვეთი ელექტროგადამცემი სახებიდან და წყალქვეშა ძალოვანი კაბელებიდან ელექტრომაგნიტური ველები ხშირად აძნელებენ თევზების მიგრაციას).

წარმოებისა და ყოფაცხოვრების მასიურმა კომპიუტერიზაციამ მიგვიყვანა იქამდე, რომ ბევრი ადამიანი, მათ შორის ბავშვები, დიდ დროს ატარებს კომპიუტერთანარამართო როგორც ინფორმაციის წყაროსთან, არამედ როგორც ენერგეტიკული დაბინძურების წყაროსთან, ამასთან მისგან ძალიან ახლოს. არ შეიძლება ელექტრომაგნიტური ველების პანიკური შიში, მაგრამ არც დაუდევარი დამოკიდებულება შეიძლება – ელექტრომაგნიტური ველების მაღალი ბიოლოგიური აქტივობა დადგენილია.

#### 11.15. დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური გამოსხივება (0–3 კჰც)

– ელექტროენერჯის წარმოების, გადაცემის და განაწილების სისტემები: ელექტროსადგურები, ელექტროგადამცემი სახეები, ქალაქის განათების სახეები, საკაბელო სისტემები, სათავსის შიგნით ელექტროგამტარი, ტელეკომუნიკაციები, დისტანციური დაკვირვებისა და კონტროლის საშუალებები;

– საყოფაცხოვრებო ელექტრული და ელექტრონული ტექნიკა: სამზარეულოს ელექტროქურები, მაცივრები, სამზარეულოს გამწოვი; კონდიციონერები და სხვა საყოფაცხოვრებო და სამეურნეო ელექტრული მოწყობილობები. ამ ხელსაწყოებით შექმნილი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სიმძლავრე დამოკიდებულია ხელსაწყოს ან მოწყობილობის სიმძლავრეზე. საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ზრდადი მრავალსახეობა უცილობლად გამოიწვევს ადამიანის გარემოში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დოზის გაზრდას.

– ელექტროტრანსპორტი და მისი ინფრასტრუქტურა, ელექტროტრანსპორტი 0-დან 100 კვ სიხშირის დიაპაზონში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მძლავრ წყაროს წარმოადგენს. ელმავალში მაგნიტური ინდუქციის მაქსიმალური მნიშვნელობა 75 მკტლ-ს აღწევს. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების

ყველაზე დიდი სიდიდე შეიმჩნევა მეტროპოლიტენში. გამგზავრების დროს ელექტრომაგნიტური ველის სიდიდე პლატფორმაზე შეადგენს 50–100 მკტლ და მეტს, ხოლო ვაგონში ამ დროს მაგნიტური ინდუქციის სიდიდე 150–200 მკტლ-ს შეადგენს, ე.ი. 10-ჯერ მეტს ვიდრე ელმაგალში.

– საავტომობილო ტრანსპორტი. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ფორმირებაზე საავტომობილო ტრანსპორტის გავლენა პირდაპირ დამოკიდებულია ქალაქის ტერიტორიის ფარგლებში ავტომობილების რაოდენობის ზრდაზე. ამჟამად ქალაქებში საავტომობილო მოძრაობისგან ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წილი შეადგენს 18-დან 32%-მდე და განუხრელად იზრდება, რასაც ხელს უწყობს ქუჩების შეზღუდულ ვიწრო სივრცეში ავტომობილების სიმკვრივის ზრდა.

#### 11.16. მაღალსიხშირული ელექტრომაგნიტური გამოსხივება (3–300 კჰც)

- რადიომაუწყებლობისა და სატელევიზიო გადამცემი საინფორმაციო მოწყობილობები: ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროები ინფორმაციის გადაცემის ან მიღების ფუნქციით, რადიოსა და ტელევიზიის კომერციული გადაცემები;

- გადამცემი ცენტრები, ტექნიკური შენობები გადამცემებით და ანტენათა ველი, როგორც წესი, იკავებს 1000 კვ- მდე. ეს წყაროები შეიძლება იმყოფებოდეს უშუალო სიახლოვეს ან საცხოვრებელ განაშენიანებაში;

- კავშირის საწარმოო და ინდივიდუალური მოწყობილობები: რადიოტელეფონები, მოძრავი (ფიჭური) რადიოკავშირის საბაზო სადგურები, ავტორადიოტელეფონები, მოყვარული რადიოგადამცემები. მოწყობილობის ეს სახეები ფიჭური კომპანიის საბაზო სადგურებში აღჭურვილია სატრანსლიაციო ანტენებით. ეს სადგურები და მათი გადამცემი ანტენები განლაგებულია ბაღეზე დასახლების ტერიტორიის ფარგლებში. მოძრავი ფიჭური კავშირის სისტემის განვითარებამ დასახლების და საერთო ბიოეკოსისტემის საზღვრებში გაზარდა ელექტრომაგნიტური საფრთხის დონე. ჩატარებული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ფიჭური კავშირისგან ელექტრომაგნიტური გამოსხივებით ბიოსფეროსგაჯერების საერთო სიმკვრივე ასიათასჯერ გაიზარდა, ხოლო ანტენიდან 5 სმ დაშორებით გამოსხივებისნაკადის სიმკვრივე რამდენიმე ათასჯერ აღემატება პრობლემატურ-დასაშვებ ნორმასაც კი;



- მიმართული რადიოკავშირის საშუალებები: კოსმოსური, თანამგზავრული, მიწისზედა რადიოსარელო სადგურები. თანამგზავრული კავშირის სისტემები შედგება მიმღებ-გადამცემი სადგურისგან დედამიწაზე და თანამგზავრისგან ორბიტაზე. ამ ტიპის კავშირის ანტენის მიმართულობას აქვს მკვეთრად გამოსატული ვიწრომიმართული სხივი, რომელშიც გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივემ შეიძლება ძალიან დიდ სიდიდეს მიაღწიოს, მაგრამ გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივე უფრო დიდ მნიშვნელობას აღწევს ანტენის განთავსების ზონაში;

- ნავიგაციისა და რადიოლოკაციის საშუალებები;

- ტექნოლოგიური მოწყობილობა, რომელიც გამოიყენებს ზემოაღნიშნულ სიხშირის გამოსხივებას: საყოფაცხოვრებო და საწარმოო დანიშნულების მოწყობილობები, რომლებსაც ახლავს ზემოაღნიშნული სიხშირის გამოსხივება – ინფორმაციის ვიზუალური გამოსახულების საშუალებები: პერსონალური კომპიუტერის მონიტორი, ტელევიზორი. დადგენილია, რომ კომპიუტერის ყველაზე მაღალი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მოდის არა მონიტორიდან, არამედ უკანა კედლიდან. რაც შეეხება ნოუტბუკს, ელექტრონულ-სხივიური მილაკი და თხევადკრისტალური მილაკი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროს არ წარმოადგენს, მისი გენერირება ხდება ძაბვის გარდამქმნელში, მართვის სქემაში, ინფორმაციის მაფორმირებელ მოწყობილობაში და აპარატურის სხვა ელემენტებში;

- სამედიცინო ტექნიკის მოწყობილობა, რომელიც გამოიყენებს ულტრაბგერითი სიხშირის გამოსხივებას. მათთან მუშაობისას არსებობს გარკვეული საფრთხე მომსახურე პერსონალისათვის;

- ელექტროენერჯის წარმოება მზის ბატერეების დახმარებით. მხედველობაშია პლანეტარული ხასიათის ელექტროენერჯის მძლავრი წყაროების შექმნა. ისინი ელექტრომაგნიტური ენერჯეტიკის თვალსაზრისით ეკოლოგიურად უსაფრთხოდ ითვლება მხოლოდ იმ პირობით, თუ იმუშავენ მუდმივ თანამგზავრულ ორბიტაზე. დანადგარები მოახდენენ მზის ენერჯის აკუმულირებას და გადმოსცემენ დედამიწაზე ელექტრომაგნიტური ბუნების მიკროტალღური სხივების სახით;

- იონოსფეროს გამოყენების და ჰაერსაწინააღმდეგო და რაკეტსაწინააღმდეგო თავდაცვის სისტემები. მრავალრიცხოვანი ანტენისგან შემდგარი სისტემა (აღიასკაზე –180) განკუთვნილია მაღალსიხშირული აქტიური ატმოსფერული

მოვლენების, იონოსფეროს ფიზიკური და ელექტრული თვისებების გამოსაკვლევად, რომლებიც გავლენას ახდენენ კავშირისა და ნავიგაციის სამხედრო და სამოქალაქო სისტემებზე, ჰაერსაწინააღმდეგო და რაკეტსაწინააღმდეგო თავდაცვის განხორციელების პირობებზე. ალიასკაზე არსებული ანტენების სისტემა შეერთებულია პლანეტის სხვადასხვა ნაწილში განლაგებულ 36 სადგურთან. გამომსხივებელი ანტენების ველის სიმძლავრე 1,7 მლრდ ვტ-ს შეადგენს. სისტემა იძლევა მაღალსიხშირულ გამოსხივებას, რომელსაც შეუძლია შეცვალოს ატმოსფეროს ზედა ფენების თვისებები, გაწვიტოს კავშირი, დაარღვიოს ელექტროსისტემის მუშაობა, გამოავლინოს ელექტრომაგნიტური სახიფათო ზემოქმედება ადამიანსა და ბიოეკოსისტემაზე. სავსებით შესაძლებელია, რომ მსგავსი გამოსხივება შეიძლება გამოყენებულ იქნას გეოფიზიკურ იარაღად. კვლევები ადასტურებს, რომ ადამიანის გარემო-ქალაქები და სოფლები, აგრეთვე ეკოსისტემების ტერიტორიები შეიძლება აღმოჩნდეს სხვადასხვა წყაროს მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ქვეშ, რომლის ინტენსივობა გარკვეულ პირობებში სახიფათო ხარისხს აღწევს.

#### **11.17. რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ველები**

გარემოს სხვადასხვა ფიზიკურ ფაქტორს შორის, რომლებსაც შეუძლიათ არახელსაყრელი ზემოქმედება მოახდინოს ადამიანზე და ბიოლოგიურ ობიექტებზე, დიდ სირთულეს წარმოადგენს არამაიონიზირებელი ბუნების ელექტრომაგნიტური ველები, განსაკუთრებით რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ველები, რამდენადაც რადიოტალღებს დიდ მანძილზე გავრცელების უნიკალური უნარი აქვს. თანამედროვე ტექნიკურ პროგრესს ახლავს ტელევიზიისა და რადიომაუწყებლობის, რადიოკავშირისა და რადიოლოკაციის, ზემაღალი სიხშირის გამომსხივებელი ხელსაწყოებისა და ტექნოლოგიების სულ უფრო ფართოდ გამოყენება, რაც ზრდის ადამიანზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ალბათობას. უკანასკნელი ათწლეულის განმავლობაში არამაიონიზირებელი ბუნების ელექტრომაგნიტური გამოსხივებით დაბინძურების ინტენსივობა 2-5-ჯერ გაიზარდა. ადამიანის ჯანმრთელობაზე ამ ტიპის დაბინძურების გავლენა ბოლომდე შესწავლილი არაა.

რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების (ემე) ძირითადი წყაროებია რადიოტექნიკური ობიექტები, სატელევიზიო და რადიოსალოკაციო სადგურები, თერმული საამქროები და უბნები. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების შემოქმედება უფრო ხშირად დამოკიდებულია მაღალი ძაბვის ხაზებთან და სამრეწველო საწარმოებში გამოყენებული მაგნიტური ველების წყაროებთან.

განსაკუთრებით საშიშია ელექტროფიცირებული რკინიგზის მიმდებარე ზონებში აღძრული მაგნიტური ველები. მაღალი ინტენსივობის მაგნიტური ველები შეიძლება ამ ზონების სიახლოვეს მდებარე შენობებშიც.

ყოფაცხოვრებაში ემე-ის და გამოსხივების წყაროებია: ტელევიზორი, დისპლეი, მაღალსიხშირული ღუმელი და სხვა. ტელევიზორის და დისპლეის ეკრანი ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საფრთხეს არ წარმოადგენს, თუ ეკრანიდან დაშორება 30 სმ-ს აღემატება.

სივრცეში ხდება ბუნებრივი მაგნიტური და ელექტრომაგნიტური ველების გადაგვარება ანუ, სხვა სიტყვებით, იცვლება გეოფიზიკური „ლანდშაფტი“. რაც სერიოზულ საფრთხეს უქმნის ჯანმრთელობას.

ხშირად ძალიან დიდ მასშტაბებს აღწევს **გრუნტში მოხეტიალე ელექტრული დენები**, რომელიც ფორმირდება სამრეწველო სისტემებითა და ელექტროტრანსპორტით. ცნობილია შემთხვევები, როდესაც ძლიერი ჰელიოგეოფიზიკური შეშფოთების პირობებში ელექტროგადამცემ ხაზებზე დენების გადინებამ 100%-ს მიაღწია. გადინების შერწყმა ქმნის ლოკალურ **„ელექტრომაგნიტურ ქარიშხალს“** ანუ **მბრუნავ ელექტრომაგნიტურ ველებს** როგორც დედამიწის ზედაპირულ ფენაში, ისე დედამიწისპირა ფენაში. ასეთი „გრივალები“ ჩამოყალიბდება პირველ რიგში შენობის შიგნით და შენობებს შორის. მეცნიერთა აზრით, ასეთ ცვლილებებში დამატებითი და ზრდადი წვლილი შეაქვს არმატურის დამაგნიტებას და გადამაგნიტებას, რომელიც რკინაბეტონის ნაგებობაში მისი რაოდენობის პროპორციულია. ფორმირდება არაერთგვაროვანი მაგნიტური ველები, რომელთა გრადიენტებმა საძინებელი ადგილის სიმაღლეზე შეიძლება მიაღწიოს ისეთ დონეს, რომელიც უცხოა ადამიანის ორგანიზმისათვის. კვლევებით დადგენილია, რომ ლოკალური ელექტრომაგნიტური ანომალიების ადგილებში, მათ შორის დაბალი და ზედაბალი ინტენსივობის გამოსხივების (სუსტი და ზესუსტი) ადგილებში, ფორმირდება ონკოლოგიური პათოლოგიები.

ელექტრომაგნიტური დაბინძურება (ანთროპოგენული წარმოშობის ელექტრომაგნიტური ველი ანუ ელექტრომაგნიტური სმოგი) სხვადასხვა სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველების ერთობლიობაა, რომელიც ნეგატიურად მოქმედებს ადამიანზე. ელექტრომაგნიტური დაბინძურება წარმოადგენს მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების, მსხვილი რადიო- და სატელევიზიო სადგურების, რადარებისა და ლოკატორების მიერ ტალღური ენერჯის გამოსხივების შედეგს. საყოფაცხოვრებო პირობებში ელექტრომაგნიტური დაბინძურების წყაროებია კომპიუტერები და საყოფაცხოვრებო ელექტროტექნიკა. არამაიონიზირებელი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება გარემოს აბინძურებს რადიოს, ტელევიზიის, ფიჭური კავშირგაბმულობის მუშაობისას.

ყოველი ელექტროენერჯის მომხმარებელი ან გამომმუშავებელი ხელსაწყო, ქმნის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, რომელიც კონცენტრირდება ელექტრომაგნიტური ველის სახით დანადგარის ირგვლივ. გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების მასშტაბებმა ისეთ დონეს მიაღწია, რომ ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ ეს პრობლემა კაცობრიობისათვის ყველაზე აქტუალურ პრობლემათა რიცხვს მიაწერა.

ელექტროგადამცემი ხაზები, ძლიერი რადიოგადამცემი მოწყობილობები ქმნიან ელექტრომაგნიტურ ველს, რომლებიც რამდენჯერმე აღემატება დასაშვებ დონეებს. ადამიანის დასაცავად შემუშავებულია სპეციალური სანიტარიული ნორმები, მათ შორის ისეთი ნორმებიც, რომლებიც კრძალავს საცხოვრებელი და სხვა ობიექტების მშენებლობას ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მძლავრი წყაროების სიახლოვეს. მაგრამ ხშირად უფრო საშიშია სუსტი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, რომელიც მოქმედებს დროის ხანგრძლივ მონაკვეთში. ასეთ წყაროებს მიეკუთვნება ძირითადად აუდიო-ვიდეო და საყოფაცხოვრებო ტექნიკა ( მობილური ტელეფონი, ზემაღალი სიხშირის ღუმელი, კომპიუტერი, ტელევიზორი). მიკროტალღური ღუმელი ძირითადად მოკლე დროის განმავლობაში მოქმედებს (საშუალოდ 1-დან 7 წუთამდე), ტელევიზორი მნიშვნელოვნად მოქმედებს ადამიანზე იმ შემთხვევაში, თუ ის ახლოსაა ადამიანთან.

დადგენილია, რომ პლანეტაზე ადამიანის მიერ შექმნილი ყველა ხელსაწყოთა ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მილიონჯერ აღემატება ბუნებრივი გეომაგნიტური ველის დონეს. განსაკუთრებით მკვეთრად იზრდება ველების დაძაბულობა

ელექტროგადამცემი, რადიო-და ტელესადგურების, რადიოლოკაციის და რადიოკავშირის საშუალებების (მათ შორის, მობილური და თანამგზავრული), სხვადასხვა ენერგეტიკული და ენერგოტეკვადი დანადგარების, ელექტროტრანსპორტის სიახლოვეს.

### 11.18. ტელე- და რადიოსადგურები

გადამცემი რადიოცენტრები განლაგებულია სპეციალურად გამოყოფილ ზონებში. რადიოცენტრი მოიცავს ერთ ან რამდენიმე ტექნიკურ შენობას, სადაც მოთავსებულია რადიოგადამცემები, ანტენათა ველი, რომელზეც განთავსებულია რამდენიმე ათეული ანტენა-ფიდერების სისტემა. ეს სისტემა მოიცავს ანტენას და ფიდერის ხაზს, რომლითაც ანტენამდე მიყვანილია მაღალსიხშირული ენერგია. ელექტრომაგნიტური ველის შესაძლო არახელსაყრელი ქმედების ზონა პირობითად შეიძლება ორ ნაწილად დაიყოს.

ზონის პირველი ნაწილია საკუთრივ რადიოცენტრის ტერიტორია, სადაც განთავსებულია ყველა სამსახური, რომლებიც უზრუნველყოფენ რადიოგადამცემებისა და ანტენა-ფიდერების სისტემის მუშაობას. ეს ტერიტორია დაცულია და მასზე დაიშვება მხოლოდ ის პირები, რომლებიც პროფესიულად არიან დაკავშირებული რადიოგადამცემების, კომუტატორების და ანტენა-ფიდერების სისტემის მუშაობასთან.

ზონის მეორე ნაწილი – რადიოგადამცემი ცენტრის მიმდებარე ტერიტორია, სადაც არაა შეზღუდული შესვლა და სადაც შეიძლება განლაგდეს სხვადასხვა საცხოვრებელი ნაგებობა. ამ შემთხვევაში წარმოიქმნება ზონის ამ ნაწილში მყოფი მოსახლეობის დასხივების საფრთხე.

ელექტრომაგნიტური ველის მაღალი დონეები შეიძლება ტერიტორიებზე, და ხშირად დაბალი, საშუალო და მაღალი სიხშირის რადიოგადამცემი ცენტრების განლაგების ფარგლებს გარეთაც.

**გრძელტალღოვანი რადიოსადგური** (30-300 კჰც სიხშირის). ამ დიაპაზონში ტალღის სიგრძე შედარებით დიდია (მაგალითად, 2000 მ 150 კჰც სიხშირისათვის) ტალღის ერთი სიგრძისან უფრო ნაკლებით დაშორებით ელექტრომაგნიტური ველი შეიძლება საკმაოდ დიდი იყოს, მაგალითად, 145 კჰც სიხშირეზე მომუშავე 500 კვტ სიმძლავრის გადამცემის ანტენიდან 30 მ დაშორებით ელექტრული ველის

დაძაბულობა შეიძლება 600 ვ/მ-ზე მაღალი, ხოლო მაგნიტური ველისა – 1,2 ა/მ-ზე მაღალი იყოს.

**საშუალოტალღოვანი რადიოსადგური** (300 კჰც-3 მჰც სიხშირის). ამ ტიპის რადიოსადგურისათვის მონაცემების მიხედვით 200 მეტრის დაშორებით ელექტრული ველის დაძაბულობამ შეიძლება მიაღწიოს 10 ვ/მ-ს, 100 მ დაშორებით – 25 ვ/მ-ს, ხოლო 30 მ დაშორებით –275 ვ/მ ( მონაცემები მოყვანილია 50 კვტ სიმძლავრის გადამცემისათვის).

**მოკლეტალღოვანი რადიოსადგური** (3 -30 მჰც სიხშირის). მოკლეტალღოვანი რადიოსადგურის გადამცემები, ჩვეულებრივ, ნაკლები სიმძლავრისაა. თუმცა ასეთი რადიოსადგურები განთავსებულია ქალაქებში, შეიძლება განლაგებული იყოს 10-100 მ სიმაღლეზე საცხოვრებელი შენობის სახურავზეც კი. 100 კვტ სიმძლავრის გადამცემმა 100 მ დაშორებით შეიძლება შექმნას ელექტრული ველის დაძაბულობა 44 ვ/მ და მაგნიტური ველის დაძაბულობა 0,12 ა/მ.

**სატელევიზიო გადამცემები.** სატელევიზიო გადამცემები განლაგებულია, როგორც წესი, ქალაქებში. გადამცემი ანტენები ჩვეულებრივ განლაგებულია 110 მ-ზე მეტ სიმაღლეზე. ადამიანის ჯანმრთელობაზე მოქმედების შეფასების თვალსაზრისით საინტერესოა ველების დონეები რამდენიმე ათეული მეტრიდან რამდენიმე კილომეტრამდე დაშორებით. 1 მეტ სიმძლავრის გადამცემიდან 1 კმ დაშორებით ელექტრული ველის დაძაბულობის ტიპურმა მნიშვნელობებმა შეიძლება მიაღწიოს 15 ვ/მ-ს. სატელევიზიო გადამცემების ელექტრომაგნიტური ველის დონის შეფასება განსაკუთრებით აქტუალურია სატელევიზიო არხებისა და გადამცემი სადგურების რიცხვის მკვეთრად ზრდასთან დაკავშირებით.

უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ძირითადი პრინციპია – სანიტარიული ნორმებითა და წესებით დადგენილი ელექტრომაგნიტური ველის ზღვრული დასაშვები დონეების დაცვა. ყოველ რადიოგადამცემ ობიექტს გააჩნია სანიტარიული პასპორტი, რომელსაც განსაზღვრულია სანიტარიულ-დამცავი ზონის საზღვრები. სახელმწიფო სანეპიდზედამხედველობის ტერიტორიული ორგანო მხოლოდ ასეთი დოკუმენტის არსებობის შემთხვევაში იძლევა რადიოგადამცემი ობიექტის ექსპლუატაციის ნებართვას. პერიოდულად ეს ორგანოები აწარმოებენ ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის კონტროლს დადგენილ ზღვ-სთან მის შესაბამისობაზე.

### 11.19. თანამგზავრული კავშირი

თანამგზავრული კავშირის სისტემები შედგება მიმღებგადამცემი სადგურებისაგან დედამიწაზე და ორბიტაზე მყოფ თანამგზავრზე. ენერჯის ნაკადის სიმკვრივემ ანტენის ახლოს შეიძლება მიაღწიოს რამდენიმე ასეულ ვტ/მ<sup>2</sup>-ს, ამავე დროს დიდ მანძილზე შეიძლება შექმნას ველის მნიშვნელოვანი დონეები. მაგალითად, 2,38 გჰც სიხშირეზე მომუშავე 225 კვტ სიმძლავრის სადგური 100 კმ დაშორებით ქმნის 2,8 ვტ/მ<sup>2</sup> ენერჯის ნაკადის სიმკვრივეს. თუმცა ძირითადი სხივიდან ენერჯის გაბნევა ძალიან მცირეა და უფრო ხშირად ხდება ანტენის განთავსების რაიონში.

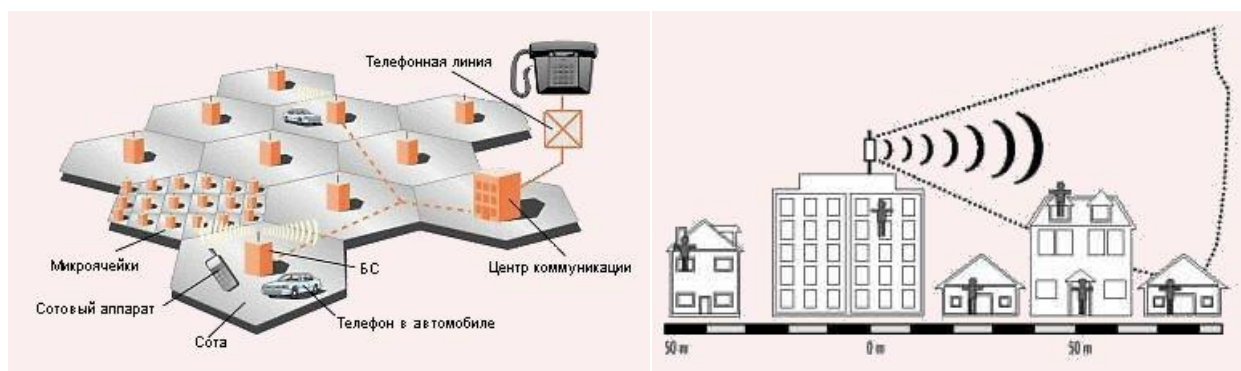


ნახ. 53. თანამგზავრული კავშირის თეფშები

### 11.20. ფიჭური კავშირი

ფიჭური რადიოტელეფონია დღეს ყველაზე ინტენსიურად განვითარებად ტელესაკომუნიკაციო სისტემას წარმოადგენს. მსოფლიოში 200 მილიონზე მეტი აბონენტი სარგებლობს ამ სახის მობილური კავშირით. აბონენტთა რიცხვი ყოველდღიურად მატულობს. ფიჭური კავშირის სისტემის ძირითადი ელემენტებია მრავალრიცხოვანი ანტენები, რადიოსარელეო ხაზები, საბაზო სადგურები და მობილური რადიოტელეფონები, რომლებიც გამოასხივებენ რადიოსიხშირის (30 კჰც-300 გჰც) ელექტრომაგნიტურ ტალღებს. ამ სიხშირეებზე მუშაობს აგრეთვე ტელევიზია, რადიო და მობილური სატელეფონო ქსელი.

საბაზო სადგურები ამყარებენ რადიოკავშირს მობილურ რადიოტელეფონებთან, რის შედეგადაც საბაზო სადგური და მობილური რადიოტელეფონი ულტრამალაღი სიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყარო ხდება. ფიჭური რადიოკავშირის სისტემის მნიშვნელოვანი თავისებურებებია სისტემის სამუშაოდ გამოყოფილი რადიოსიხშირული სპექტრის ძალიან ეფექტურად გამოყენება, რაც მრავალრიცხოვანი აბონენტის სატელეფონო კავშირით უზრუნველყოფის საშუალებას იძლევა. ფიჭური რადიოკავშირის სისტემის მუშაობაში გამოიყენება გარკვეული ტერიტორიის დაყოფა ზონებად, ანუ “ფიჭებად”, ჩვეულებრივ 0,5-10 კილომეტრის რადიუსით.



ნახ. 54. ფიჭური კავშირის სქემა

ფიჭური ტელეფონი მცირეგაბარიტიანი მიმღებ-გადამცემია. ტელეფონის სტანდარტისაგან დამოკიდებულებით გადაცემა მიმდინარეობს 453–1800 მჰც სიხშირის დიაპაზონში.

გამოსხივების სიმძლავრე ცვლადი სიდიდეა, რომელიც მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული “მობილური რადიოტელეფონი – საბაზო სადგური” კავშირის არხის მდგომარეობაზე, ე.ი. რაც უფრო მაღალია მიღების ადგილზე საბაზო სადგურის სიგნალის დონე, მით უფრო ნაკლებია ფიჭური ტელეფონის გამოსხივების სიმძლავრე. მაქსიმალური სიმძლავრე 0,125 – 1 ვტ-ის ფარგლებშია.

მოქმედი დროებითი ნორმების მიხედვით მობილური ტელეფონის მომხმარებელზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივის დონე 100 მკვტ/სმ<sup>2</sup>-ს არ უნდა აღემატებოდეს.



საერთაშორისო მოთხოვნების შესაბამისად ფიჭური ტელეფონის გამოსხივების სიმძლავრის ერთეულია SAR. SAR (**Specific Adsorption Rate**) – ხვედრითი შთანთქმული სიმძლავრე, გამოსახული სხეულის ან ქსოვილის მასის ერთეულზე. SI სისტემაში SAR –ის ერთეულია ვტ/კგ. ეს მაჩვენებელი უნდა განვასხვაოთ ფიჭური ტელეფონის ნომინალური სიმძლავრისგან, რომელიც ჩვეულებრივ მითითებულია ინსტრუქციაში. ევროპაში SAR –ის ზედა ზღვარია 2 ვტ/კგ. მობილური ტელეფონებისათვის მიღებულია SAR –ის სიდიდის შემდეგი გრადაცია.

ცხრილი № 13

ძალიან დაბალი გამოსხივების უნარი	SAR < 0,2 ვტ/კგ
დაბალი გამოსხივების უნარი	SAR 0,2 ÷ 0,5 ვტ/კგ
საშუალო გამოსხივების უნარი	SAR 0,5 ÷ 1 ვტ/კგ
მაღალი გამოსხივების უნარი	SAR > 1,0 ვტ/კგ

SAR-ის სიდიდის გაზომვა ძალიან რთულია. ამისათვის საჭიროა სპეციალური მოწყობილობა და ფანტომები, ე.ი. ადამიანის ორგანიზმის ქსოვილების იმიტატორები. გარდა ამისა, არ არსებობს SAR-ის სიდიდის გაზომვის ერთიანი საერთაშორისო მეთოდიკა.

### 11.21. საბაზო სადგურები

საბაზო სადგური ამყარებს კავშირს მისი მოქმედების ზონაში მყოფ მობილურ რადიოტელეფონთან და მუშაობს სიგნალის მიღებისა და გადაცემის რეჟიმში. საბაზო სადგური გამოასხივებს ელექტრომაგნიტურ ენერგიას 463 ÷ 1880 მჰც სიხშირის დიაპაზონში. მოსახლეობის უსაფრთხოების მიზნით ფიჭური კავშირგაბმულობის საბაზო სადგურს აყენებენ დედამიწის ზედაპირიდან 15-100 მეტრის სიმაღლეზე უკვე არსებულ ნაგებობაზე (საზოგადოებრივ, სამსახურებრივ, საწარმოო და საცხოვრებელ შენობებზე, სამრეწველო საწარმოს საკვამლე მილზე და მისთ.) ან სპეციალურად აგებულ ანძაზე. ანტენის ძირითადი სიმძლავრე ფოკუსირდება 60-იანი სხივის გასწვრივ, რაც უზრუნველყოფს გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ველის ენერგიის გავრცელების თითქმის ვერტიკალურად. გარდა ამისა, შენობის სახურავზე ანტენის დაყენებისას გამოიყენება ე.წ. ტექნიკური სართული. სპეციალური ნორმატივებისა და სტანდარტების მიხედვით დაშორება ანტენიდან საცხოვრებელ სახლამდე უნდა იყოს არანაკლებ 50 მ.

ერთ ადგილზე დაყენებულ საბაზო სადგურების ანტენებს შორის არის როგორც გადამცემი (ან მიმღებგადამცემი), ისე მიმღები ანტენებიც, რომლებიც ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროს არ წარმოადგენს.

ფიჭური კავშირის სისტემის აგების ტექნოლოგიური მოთხოვნებიდან გამომდინარე, ვერტიკალურ სიბრტყეში ანტენის მიმართულობის დიაგრამა ისეა გათვლილი, რომ გამოსხივების ძირითადი ენერგია (90%-ზე მეტი) საკმაოდ ვიწრო “სხივშია” თავმოყრილი. ეს სხივი ყოველთვის მიმართულია ნაგებობიდან, რომელზეც მოთავსებულია საბაზო სადგურის ანტენა და მიმდებარე ნაგებობებზე მაღლა, რაც აუცილებელი პირობაა სისტემის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის.



ნახ. 55. ფიჭური კავშირგაბმულობის საბაზო სადგურები

სხვადასხვა ქვეყნის სპეციალისტების მიერ საბაზო სადგურების მიმდებარე ტერიტორიებზე ჩატარებულ იქნა ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის კვლევა, რომლის საფუძველზეც შეიძლება დასკვნეს გაკეთება, რომ იმ შენობათა სათავსებში, რომლებზედაც დაყენებულია საბაზო სადგურები, ელექტრომაგნიტური მდგომარეობა არ განსხვავდება ფონურისგან, რომელიც დამახასიათებელია მოცემული რაიონისათვის სიხშირის მოცემულ დიაპაზონში. მიმდებარე ტერიტორიაზე შემთხვევათა 91%-ში დაფიქსირდა საბაზო სადგურისთვის დადგენილ ზღვ-ზე 50-ჯერ მცირე ელექტრომაგნიტური ველის დონე.

გაზომვების დროს ელექტრომაგნიტური ველის დონის მაქსიმალური მნიშვნელობა, ზღდ-ზე 10-ჯერ ნაკლები, დაფიქსირდა შენობის ახლოს, რომელზეც მოწყობილია ერთდროულად სხვადასხვა სტანდარტის სამი საბაზო სადგური.



ნახ. 56. ფიჭური კავშირგაბმულობის საბაზო სადგური

არსებული სამეცნიერო მონაცემები და ფიჭური კავშირის საბაზო სადგურების ექსპლუატაციაში გაშვებისას სანიტარიულ-ჰიგიენური კონტროლის არსებული სისტემა იძლევა იმის საშუალებას, რომ ფიჭური კავშირის საბაზო სადგურები კავშირის ყველაზე ეკოლოგიურ და სანიტარიულ-ჰიგიენურად უსაფრთხო სისტემებს მივაკუთვნოთ.

### 11.22. მობილური ტელეფონები

ნებისმიერ სხვა საყოფაცხოვრებო ან საოფისე ტექნიკასთან შედარებით მობილური ტელეფონი ყველაზე მავნეა, მობილური ტელეფონი საუბრის მომენტში ქმნის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მძლავრ ნაკადს, რომელიც მიმართულია უშუალოდ თავისკენ. ამიტომ აშშ-ში, სადაც პირველად გავრცელდა მობილური ტელეფონი, დღეს დაფიქსირებულია თავის ტვინის კიბოს რეკორდული მაჩვენებელი.

სანიტარიული ნორმების მიხედვით დასაშვებად ითვლება 100 მკგტ/სმ სიმძლავრის ნაკადის სიმკვრივის დონე. უახლესი მოდელის მობილური ტელეფონიდან ხუთი სანტიმეტრით დაშორებულ წერტილში ელექტრომაგნიტური ველის ნაკადის სიმკვრივის დონე 7 ვტ/სმ-ს აღწევს, რომელი ყველაზე ძლიერ ზემოქმედებასახდენა თავის ტვინზე.

მეცნიერებმა შეისწავლეს მომუშავე მობილური ტელეფონის ელექტრომაგნიტური ველების ნეგატიური გავლენა თავებისა და ვირთხების თვალის ბროლზე, სისხლის შემადგენლობაზე და სქესობრივ ფუნქციებზე. ამასთან, ეს ცვლილებები 2 კვირაზე მეტი ხნით ზემოქმედების შემთხვევაში უკვე შეუქცევად ხასიათს ატარებდა.

ზოგიერთ შემთხვევაში მობილური ტელეფონის გამოსხივების დონე კიდევ უფრო იზრდება. მაგალითად, თუ ტელეფონი სუსტი მიღების ზონაშია (გადასასვლელზე, სადგურიდან დაშორებით ტყეში, სარდაფში), ავტომატურად იზრდება გამოსხივების სიმძლავრე, კავშირის გაწყვეტის თავიდან აცილების მიზნით. ამიტომ ასეთ შემთხვევაში უმჯობესია საუბრის ხანგრძლივობის შემცირება. იგივე ეხება ტრანსპორტით მგზავრობას, როდესაც ტელეფონი ერთ სადგურს “წყდება” და მეორეს “უერთდება”. რაც შეეხება სახლის რადიოტელეფონებს, მათი გამოსხივების დონე კიდევ უფრო მაღალია, ვიდრე მობილური ტელეფონის. და ასეთი ტელეფონების ბაზა არ უნდა განთავსდეს საცხოვრებელ ოთახში, განსაკუთრებით საძინებელსა და ბავშვების ოთახში.

ყველა თანამედროვე ელექტრომოწყობილობის გამოყენება რეკომენდებულია დამიწებული ქსელიდან.

მობილური ტელეფონის მიერ ადამიანისათვის მიყენებული ზიანიდან განსაკუთრებით უნდა აღვნიშნოთ ადამიანის ფსიქიკურ ჯანმრთელობაზე ზემოქმედება. პირველ რიგში აღსანიშნავია ის, რომ ადამიანი ხდება “მობილურზე ფსიქოლოგიურად დამოკიდებული”, რაც შემდეგნაირად მჟღავნდება:

**აფორიაქება აპარატის არქონის გამო.** ავსტრალიელი მეცნიერების აზრით აპარატის მფლობელის დამოკიდებულება თავის ტელეფონზე გაცილებით უფრო ძლიერია, ვიდრე თამბაქოზე დამოკიდებულება. თავისი ტელეფონის არქონის გამო ადამიანი ვარდება დეპრესიაში, უჩნდება მარტობის შეგრძნება, ძლიერი აფორიაქება. ამ დროს ფიქსირდება არტერიული წნევის ნახტომისებრი

ცელილება. ადამიანებს ეშინიათ იმის, რომ მობილური კავშირის გარეშე დაკარგავენ სიტუაციაზე კონტროლს.

მობილურზე დამოკიდებულების სახეებია: SMS-მანია, ინფორმაციის მანია, "მობილური ფანტომის" მანია, ბგერითი ჰალუცინაციები ანუ "ზარის მანია" და მისთ.

მობილური კავშირი საერთოდ არ არის რეკომენდებული ბავშვებისათვის და 16 წლამდე მოზარდებისათვის, რამდენადაც ბავშვის თავის ქალის ძელები უფრო თხელია, ხოლო მისი ტვინი მხოლოდ ვითარდება.

მობილური ტელეფონის ტარება დასაშვებია ჩანთით, მაგრამ არა შარვლის ჯიბით, ისე, რომ მობილურის ანტენა იყოს რაც შეიძლება ადამიანისგან დაშორებით, მისკენ დისპლეის მხრიდან.

ლოდინის რეჟიმში მობილური თითქმის არ გამოასხივებს, მაგრამ ზონაში, სადაც ქსელის მოქმედებაარ ვრცელდება, მობილური დროდადრო ჩართავს მიძღებს თავისი ქსელის განსაზღვრისათვის, და ასე გრძელდება მანამ,სანამ არ აღდგებამასთან კავშირი, და ამით დამასხივებელ მოქმედებას ახდენს ადამიანზე. მობილურით სარგებლობისას რეკომენდებულიაშეძლებისდაგვარად ჩუმად საუბარი, რამდენადაცხმაძღობის მომატებისას ავტომატურად იზრდება გამოსხივების სიმძლავრე.

რეკომენდებული არაა მობილური ტელეფონით სარგებლობატრამვაიში, ტროლეიბუსში, მაღალი ძაბვის გადამცემი ხაზებისსიახლოვეს, ე.ი. იქ, სადაც შესუსტებულია ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ველი. ასე,მაგალითად იაპონიაშიაკრძალულიამატარებლის კუპეში მობილური ტელეფონით საუბარი. როდესაც ადამიანი მობილური ტელეფონით საუბრობს, ზუსტად ისეთივე ინტენსივობით დასხივდება მისი მეზობელი. გამოძახების მომენტში დაუშვებელია მობილური ტელეფონისმიტანა ყურთან, რადგან ამ დროს ტელეფონის გადამცემის სიმძლავრე მაქსიმალურია. ძილის დროს რეკომენდებულია მობილური ტელეფონის გამორთვა. მობილური ტელეფონი ლოდინის რეჟიმში მუშაობის დროსაც კი მოქმედებს ადამიანზე, არღვევს ძილის სწრაფ და შენელებულ ფაზებს. იმ ადგილებში, სადაც ცუდია ფიჭური კავშირი, მიზანშეწონილია მობილური ტელეფონის საერთოდ გამორთვა.

### 11.23. მობილური რადიოტელეფონები

მობილური რადიოტელეფონი წარმოადგენს ყველაზე მცირეგაბარიტულ მიმღებგადამცემს. ტელეფონის სტანდარტისგან დამოკიდებულებით, გადაცემა წარმოებს 453–1785 მჰც სიხშირის დიაპაზონში. მობილური რადიოტელეფონის გამოსხივების სიმძლავრე წარმოადგენს ცვლად სიდიდეს, რომელიც მნიშვნელოვანწილად არის დამოკიდებული “მობილური რადიოტელეფონი – საბაზო სადგური” კავშირის არხის მდგომარეობაზე, ე.ი. მიღების ადგილზე რაც უფრო მაღალია საბაზო სადგურის სიგნალის დონე, მით უფრო ნაკლებია მობილური რადიოტელეფონი გამოსხივების სიმძლავრე. მაქსიმალური სიმძლავრე მერყეობს 0,125–1 ვტ საზღვრებში, თუმცა რეალურად ის ჩვეულებრივ 0,05–0,2 ვტ-ს არ აღემატება.

ადამიანის ორგანიზმზე მობილური რადიოტელეფონის გამოსხივების ზემოქმედების საკითხი ბოლომდე გადაწყვეტილი არაა. ბიოლოგიურ ობიექტებზე (მათ შორის, მოხალისეებზე) ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა ფაქტი, რომ ადამიანის ორგანიზმი “ეხმიანება” ფიჭური ტელეფონის გამოსხივებას. ამიტომ რეკომენდებულია, რომ მობილური რადიოტელეფონის მფლობელმა დაიცვას უსაფრთხოების ზოგიერთი ღონისძიება:

აუცილებლობის გარეშე არაა რეკომენდებული ფიჭური ტელეფონით სარგებლობა;

რეკომენდებულია, რომ უწყვეტი საუბარი 3 – 4 წუთს არ აღემატებოდეს;

ბავშვებისათვის დაუშვებელია მობილური რადიოტელეფონით სარგებლობა;

ყიდვისას სასურველია გამოსხივების ნაკლები მაქსიმალური სიმძლავრის მქონე ფიჭური ტელეფონის შერჩევა;

ავტომობილში სასურველია მობილური რადიოტელეფონის გამოყენება გარეთა ანტენის მქონე ხმამაღლა მოლაპარაკის სისტემასთან ერთად. გარეთა ანტენის დამაგრება რეკომენდებულია ავტომანქანის სახურავის გეომეტრიულ ცენტრში.

მობილური რადიოტელეფონით მოსაუბრე ადამიანის ირგვლივ მყოფი ადამიანებისათვის მობილური რადიოტელეფონის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველი საფრთხეს არ წარმოადგენს.

მობილური ტელეფონის მუშაობის დროს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ათვისება ხდება არამარტო საბაზო სადგურის მიმღებით, არამედ მომხმარებლის სხეულითაც, და პირველ რიგში მისი თავით. მეცნიერთა ექსპერიმენტებით

დადგინდა, რომ ადამიანის ტვინი არამარტო გრძნობს ფიჭური ტელეფონის გამოსხივებას, არამედ ფიჭური კავშირის სტანდარტებსაც კი განასხვავებს.

#### 11.24. რადარები

რადიოსალოკაციო სადგურები აღჭურვილია, როგორც წესი, სარკის ტიპის ანტენებით და აქვს ოპტიკური ღერძის გასწვრივ მიმართული სხივის სახის გამოსხივების ვიწრო დიაგრამა.



ნახ. 57. რადიოსალოკაციო სადგური

რადიოსალოკაციო სისტემები მუშაობს 500 მჰც-დან 15 გჰც-მდე სიხშირეზე, თუმცა ცალკეული სისტემა შეიძლება 100 გჰც-მდე მუშაობდეს. რადიოსალოკაციო სისტემების მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური სიგნალი პრინციპულად განსხვავდება სხვა წყაროების გამოსხივებისაგან, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ანტენის პერიოდულად სივრცეში გადაადგილება იწვევს გამოსხივების სივრცით წყვეტილობას. გამოსხივების დროში წყვეტილობა განპირობებულია გამოსხივებაზე რადიოლოკატორის მუშაობის ციკლურობით. რადიოტექნიკური საშუალების მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმში ნამუშევარი დრო გამოითვლება რამდენიმე საათიდან დღეღამემდე . ასე, მაგალითად, მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორების ჯამური ნამუშევარი დროითი წყვეტილობით: 30 წუთი—გამოსხივება, 30 წუთი —პაუზა, 12 საათს არ აღემატება, მაშინ როდესაც აეროპორტების რადიოსალოკაციო სადგურები უმეტეს შემთხვევაში დღეღამე მუშაობს.

ჰორიზონტალურ სიბრტყეში მიმართულობის დიაგრამის სიგანე ჩვეულებრივ რამდენიმე გრადუსს შეადგენს, ხოლო გამოსხივების ხანგრძლივობა განხილვის პერიოდში ათეულობით მილიწამს შეადგენს.

მეტროლოგიურ რადარებს 1 კმ დაშორებით გამოსხივების ყოველ ციკლზე შეუძლია შექმნას ენერჯის ნაკადის სიმკვრივე  $\sim 100$  ვტ/მ<sup>2</sup>. აეროპორტების რადიოსალოკაციო სადგურები 60 მ დაშორებით ქმნის ენერჯის ნაკადის სიმკვრივეს  $\sim 0,5$  ვტ/მ<sup>2</sup>. საზღვაო რადიოსალოკაციო მოწყობილობა იდგმება ყველა სომალდზე, ამიტომ ჩვეულებრივ რეჟიმში რამდენიმე მეტრის დაშორებით შექმნილი ენერჯის ნაკადის სიმკვრივის განფენა, არ აღემატება 10 ვტ/მ<sup>2</sup>-ს. სხვადასხვა დანიშნულების რადიოლოკატორების სიმძლავრის ზრდა და წრიული მიმოსხილვის მახვილად მიმართული ანტენების გამოყენება იწვევს ზემოდალი სიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობის მნიშვნელოვნად გაზრდას და ქმნის გარემოში ენერჯის ნაკადის მაღალი სიმკვრივის დიდი დაძაბულობის ზონებს. განსაკუთრებით არახელსაყრელი პირობები შეიქმნევა იმ ქალაქების საცხოვრებელ რაიონებში, რომელთა საზღვრებშია განთავსებული აეროპორტი.

### 11.25. ელექტროტრანსპორტი და ელექტროგადამცემი ხაზები

ელექტროტრანსპორტი – ელექტრომატარებელი (მათ შორის მეტროპოლიტენის მატარებელი), ტროლეიბუსი, ტრამვაი და მისთ. – 0-დან 1000 ჰც სიხშირის დიაპაზონში მაგნიტური ველის შედარებით მძლავრ წყაროს წარმოადგენს.



ნახ. 58. ელექტროგადამცემი ხაზები



ელექტროგადამცემი ხაზების სადენები მიმდებარე სივრცეში ქმნის სამრეწველო სიხშირის ელექტრულ და მაგნიტურ ველებს, რომლებიც ვრცელდება სადენებიდან ათეულობით მეტრის დაშორებით.

ელექტრული ველის გავრცელების სიშორე დამოკიდებულია ელექტროგადამცემი ხაზების ძაბვაზე – რაც უფრო მაღალია ძაბვა, მით უფრო დიდია ელექტრული ველის ამალღებული დონის ზონა. ამასთან ზონის ზომები არ იცვლება ელექტროგადამცემი ხაზების მუშაობის განმავლობაში.

მაგნიტური ველის გავრცელების სიშორე დამოკიდებულია გამავალი დენის ძალის სიდიდეზე ან ხაზის დატვირთვაზე. რამდენადაც ელექტროგადამცემი ხაზების დატვირთვა არაერთგზის იცვლება როგორც დღეღამის, ისე წელიწადის სეზონის ცვლილების მიხედვით, ამდენად იცვლება მაგნიტური ველის ამალღებული დონის ზონის ზომებიც.

#### 11.26. ელექტროსადენი

საცხოვრებელ სათავსებში 50 ჰც სამრეწველო სიხშირის დიაპაზონში ელექტრომაგნიტური ველის შექმნაში ყველაზე დიდი წილი მოდის შენობის ელექტროტექნიკურ მოწყობილობაზე, კერძოდ, საკაბელო ხაზებზე, აგრეთვე გამანაწილებელ ფარებზე და ტრანსფორმატორებზე. ამ წყაროებთან მომიჯნავე სათავსებში ჩვეულებრივ ამალღებულია სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის დონე, რომელიც გამოწვეულია მასში გამავალი ელექტროდენით. ამასთან სამრეწველო სიხშირის ელექტრული ველის დონე არაა მაღალი და არ აღემატება მოსახლეობისათვის ზდდ-ს 500 ვ/მ.

ბევრი სპეციალისტი თვლის, რომ მაგნიტური ინდუქციის ზღვრული დასაშვები სიდიდეა 0,2-0,3 მკტესლა. ამასთან, ითვლება რომ დაავადების-უპირველეს ყოვლისა ლეიკემიის- განვითარება სავარაუდოა უფრო მაღალი დონის ველებით ადამიანის ხანგრძლივი დასხივებისას (დღეში რამდენიმე საათის განმავლობაში, განსაკუთრებით ღამის საათებში, 1 წელზე მეტი პერიოდის განმავლობაში).

#### 11.27. საყოფაცხოვრებო ელექტროტექნიკა

ელექტრული დენის გამოყენებით მომუშავე ყველა საყოფაცხოვრებო ხელსაწყო ელექტრომაგნიტური ველების წყაროს წარმოადგენს. განსაკუთრებით მძლავრი

წყაროებია: ზემაღალი სიხშირის ღუმელები, აეროგრილი, მაცივარი, სამზარეულოს გამწოვი, ელექტროქურა, ტელევიზორი.

ქვემოთ მოყვანილი მონაცემები ეხება სამრეწველო სიხშირის 50 ჰც მაგნიტურ ველს. მაგნიტური ველის სიდიდე მჭიდროდაა დაკავშირებული ხელსაწყოთა სიმძლავრესთან – რაც უფრო მაღალია სიმძლავრე, მით უფრო მაღალია მისი მუსაობის დროს მაგნიტური ველი. პრაქტიკულად ყველა სამრეწველო სიხშირის ელექტროსაყოფაცხოვრებო ხელსაწყოს ელექტრული ველის მნიშვნელობა 0,5 მ დაშორებით რამდენიმე ათეულ ვ/მ-ს არ აღემატება, რაც მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ზღვ-ს 500 ვ/მ.

სამრეწველო სიხშირის საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოების  
მაგნიტური ველის დონე 0,3 მ დაშორებით  
ცხრილი № 14

საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყო	მაგნიტური ველის დონე, მკტესლა
მტვერსასრუტი	0,2 ÷ 2,2
დრელი	2,2 ÷ 5,4
უთო	0,0 ÷ 0,4
მიქსერი	0,5 ÷ 2,5
ტელევიზორი	0,0 ÷ 2,0
ლუმინისცენციური ნათურა	0,5 ÷ 2,5
ყავის სახარში	0,0 ÷ 0,2
სარეცხის მანქანა	0,0 ÷ 0,3
მიკროტალღური ღუმელი	4,0 ÷ 12
ელექტრული ქურა	0,4 ÷ 4,5

**მიკროტალღური ღუმელი.** მიკროტალღური ღუმელი წარმოადგენს საშუალო სიხშირის ტალღების წყაროს. ღუმლის გამოსხივების დასაშვები დონეა 10 მკტლ/სმ<sup>2</sup>. ნახევარი მეტრის დაშორებით გამოსხივება ამ დონეს შეესაბამება, მაგრამ გამოსხივება დონეში იძლება მკვეთრად გაიზარდოს არასწორი ტრანსპორტირების ან საქარხნო წუნის გამო. მაგალითად, ტალღებმა შეიძლება გამოადწიოს ღუმელსა და კორპუსს შორის არსებულ დრეხოდან. ამიტომ დროთა განმავლობაში კარების არამჭიდროდ დახურვის შემთხვევაში აუცილებელია ღუმლის გარემონტება ან უტილიზაცია. ჩართულ მიკროტალღურ ღუმელთან ადამიანის დაშორების უსაფრთხო მანძილი მითითებულია ინსტრუქციაში. პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ერთი მეტრის მანძილით დაშორება სავსებით საკმარისია.

მიკროტალღური ღუმლის ელექტრომაგნიტური ველი მოქმედებს საკვების მოლეკულებზე, ცვლის მათ პოლარობას “+”-დან “-”-ზე წამში მილიონჯერ, მოლეკულები დეფორმირდებიან—ასეთი საკვები ჯანმრთელი არაა. გარდა ამისა, ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მოქმედებს ღუმლის გვერდით მდგარ ადამიანზე. მიკროტალღური ღუმელი (ანუ ზემაღალი სიხშირის ღუმელი) მუშაობისას საკვების გასაცხელებლად გამოიყენებს ელექტრომაგნიტურ ველს, ე.წ. მიკროტალღურ გამოსხივებას. მიკროტალღური ღუმელში ზემაღალი სიხშირის გამოსხივების მუშა სიხშირეა 2,45 გჰც. ზუსტად ეს გამოსხივებაა ადამიანისათვის საშიში. თუმცა, თანამედროვე მიკროტალღური ღუმელი აღჭურვილია საკმაოდ სრულყოფილი დაცვით, რომელიც ელექტრომაგნიტურ ველს მუშა მოცულობის გარეთ გამოდწევის საშუალებას არ აძლევს. გასათვალისწინებელია, რომ დროთა განმავლობაში დაცვის ხარისხი ეცემა კარის გამკვრივებაში მიკრონაპრალების წარმოქმნის გამო. ზემაღალი სიხშირის გამოსხივების გარდა მიკროტალღური ღუმლის მუშაობას ახლავს ინტენსიური მაგნიტური ველი, რომელსაც ქმნის ღუმლის ელექტროკვების სისტემაში გამავალი სამრეწველო სიხშირის (50 ჰც) დენი. ამასთან, მიკროტალღური ღუმელი ბინაში მაგნიტური ველის ერთ-ერთ ყველაზე მძლავრი წყაროა. საყოფაცხოვრებო პირობებში ერთჯერადი ხანმოკლე ჩართვა (რამდენიმე წუთით) არსებით გავლენას არ ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. თუმცა, ხშირად საყოფაცხოვრებო მიკროტალღური ღუმელი გამოიყენება საკვების გასაცხელებლად კაფეებსა და მსგავს საზოგადოებრივი კვების ობიექტებში. ასეთ შემთხვევაში ამ ღუმელთან მომუშავე ადამიანი სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველით ქრონიკული დასხივების სიტუაციაში ხვდება. ამდენად სამუშაო ადგილზე აუცილებელია სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის კონტროლი.

**პერსონალური კომპიუტერები.** ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედების ერთ-ერთი გავრცელებული წყაროა კომპიუტერი.

ადამიანის ორგანიზმზე კომპიუტერის ზემოქმედების კვლევისას იკვეთება სამი პრობლემა:

პირველი – მხედველობის გაუარესება მისი ფოკუსირების გამო მონიტორის ეკრანზე, რომელიც მოთავსებულია ადამიანთან ახლოს;

მეორე – ორგანიზმის უმეტესობა სისტემის ფუნქციის დარღვევა, ადამიანის უმოძრაობის გამო;

მესამე – კომპიუტერის გავლენა ელექტრომაგნიტური გამოსხივების თვალსაზრისით.

უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში მსოფლიოში ათასჯერ გაიზარდა ელექტროხელსაწყოებისა და მოწყობილობების რაოდენობა. ელექტრონიკა (ტელევიზორი, მიკროტალღური ღუმელი, მობილური ტელეფონი, კომპიუტერი და მისთ.) მუდამ ადამიანის გვერდითაა- მუშაობისა და დასვენების დროს. ეს ხელსაწყოები ერთი მხრივ ეხმარება ადამიანს, მაგრამ მეორე მხრივ, მათ მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური სმოგი საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას.

საყოველთაოდაა გავრცელებული აზრი, რომ კომპიუტერი მავნებელია თვალისთვის. თხევადკრისტალური ეკრანი უსაფრთხოა, მაგრამ კომპიუტერის სხვა ელემენტები კი მნიშვნელოვან ზიანს აყენებენ სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ორგანოებს.

კომპიუტერის ელექტრომაგნიტური ველების ძლიერი ნეგატიური გავლენა შეინიშნება როგორც ქალების, ისე მამაკაცების გამრავლების ფუნქციაზე.

როგორც შევედმა მეცნიერებმა გამოიკვლიეს, კომპიუტერთან მომუშავე ფეხმძიმე ქალებში 1,5-ჯერ მეტია ფეხმძიმობის შეწყვეტის შემთხვევები და 2,5-ჯერ მაღალია რისკი იმისა, რომ ახალშობილებს ექნებათ თანდაყოლილი ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებები და გულის დაავადებები. ამიტომ, ფეხმძიმე ქალებისთვის და მეძუძური დედებისთვის, აგრეთვე ქალებისთვის, რომლებიც აპირებენ დაფეხმძიმებას, რეკომენდებულია მინიმუმამდე შეამცირონ კომპიუტერთან მუშაობის ხანგრძლივობა ან საერთოდ უარი თქვან კომპიუტერთან მუშაობაზე.

არსებობს პირდაპირი კავშირი ავთვისებიანი წარმონაქმნების განვითარებაში იმ ადამიანებთან, ვინც მუდმივად მუშაობს ვიდეოდისპლეიან ტერმინალებთან, რადიოტელეფონებთან ან რადიოგადამცემებთან. ასე, ამერიკელ პოლიციელებს შორის დაფიქსირდა ტვინის კიბოთი დაავადების მაღალი რიცხვი, და ამის მიზეზი იყო გავლენა რადიოგადამცემების ელექტრომაგნიტური ველებისა, რომლითაც ისინი მუდმივად სარგებლობენ.

განსაკუთრებით მწვავედ დგას ადამიანის ორგანიზმზე კომპიუტერის მავნე ზემოქმედების საკითხი, რაც შემდეგი მიზეზებით აიხსნება:

1. კომპიუტერს აქვს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ორი წყარო: მონიტორი და სისტემური ბლოკი;

2. პერსონალური კომპიუტერის მომხმარებელს არ აქვს უსაფრთხო მანძილზე მუშაობის საშუალება;

3. კომპიუტერის ზემოქმედების ხანგრძლივი დრო. თანამედროვე მომხმარებლისათვის ეს დრო შეიძლება 12 საათს აღწევდეს, მაშინ როდესაც ოფიციალური ნორმებით აკრძალულია კომპიუტერთან მუშაობა 6 საათზე მეტი დროის განმავლობაში;

გარდა ამისა, არსებობს რამდენიმე მეორადი ფაქტორი, რომელიც კიდევ უფრო ამძიმებს სიტუაციას. ასეთი ფაქტორებია: მუშაობა ვიწრო გაუნიავებელ სათავსში და ერთ ადგილზე მრავალი პერსონალური კომპიუტერის კონცენტრაცია.

**მონიტორი.** მონიტორი, განსაკუთრებით მისი გვერდითი და უკანა კედლები ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მძლავრ წყაროს წარმოადგენს. უკანასკნელი კვლევების მიხედვით ადამიანის ორგანიზმი განსაკუთრებით მგრძობიარეა 40–70 გჰც სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის მიმართ, რამდენადაც ამ სიხშირის ტალღები უჯრედების ზომების თანახმადია და ელექტრომაგნიტური ველის უმნიშვნელო დონეც საკმარისია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მნიშვნელოვანი ზიანის მისაყენებლად.

თანამედროვე კომპიუტერებისათვის განმასხვავებელი თავისებურებაა ცენტრალური პროცესორისა და პერიფერიული მოწყობილობების მუშა სიხშირის გაზრდა, აგრეთვე გამოყენებული სიმძლავრის გაზრდა 400-500 ვტ-მდე. ამის შედეგად სისტემური ბლოკის გამოსხივების დონე 40-70 გჰც სიხშირეზე უკანასკნელ წლებში ათასჯერ გაიზარდა და მონიტორთან შედარებით ბევრად უფრო სერიოზულ პრობლემად იქცა.

ამაღლებული ელექტრომაგნიტური ფონი მნიშვნელოვანწილად უზრუნველყოფს პერსონალური კომპიუტერის გავლენას ადამიანის ჯანმრთელობაზე. რამდენიმე დღის განმავლობაში ხანგრძლივად კომპიუტერთან მუშაობის შედეგად ადამიანი თავს გრძობს დაღლილად, ხდება ძალიან გაღიზიანებული, უნდა დაწოლა და დასვენება. ამ მოვლენამ თანამედროვე საზოგადოებაში ქრონიკული დაღლილობის

სინდრომის სახელწოდება მიიღო და ოფიციალური მედიცინის მონაცემების მიხედვით მკურნალობას არ ექვემდებარება.

კომპიუტერის მომხმარებლის ჯანმრთელობაზე არახელსაყრელი ზემოქმედების ძირითად წყაროს წარმოადგენს ინფორმაციის ვიზუალური გამოსახულების საშუალება. არახელსაყრელი პარამეტრებია:

მონიტორის ელექტრომაგნიტური ველი 20 ჰც–1000 მჰც სიხშირის დიაპაზონში;

მონიტორის ეკრანზე სტატიკური ელექტრული მუხტი;

ულტრაიისფერი გამოსხივება 200 – 400 ნმ დიაპაზონში;

ინფრაწითელი გამოსხივება 1050 ნმ – 1 მმ დიაპაზონში;

რენტგენის გამოსხივება > 1,2 კეე (კილოელექტრონვოლტი).

**კომპიუტერი როგორც ცვლადი ელექტრომაგნიტური ველის წყარო.** პერსონალური კომპიუტერის ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია: სისტემური ბლოკი (პროცესორი) და ინფორმაციის შეყვანა/გამოყვანის სხვადასხვაგვარი მოწყობილობა: მონიტორი (დისპლეი), კლავიატურა, დისკური შემგროვებელი, პრინტერი, სკანერი, და მისთ. ყველა ეს ელემენტი პერსონალური კომპიუტერის მუშაობისას მომხმარებლის სამუშაო ადგილზე ახდენენ რთული ელექტრომაგნიტური მდგომარეობის ფორმირებას.

ცხრილი № 15

წყარო	სიხშირის დიაპაზონი
მონიტორი, კვების ბლოკის ტრანს-ფორმატორი	50 ჰც
კვების იმპულსურ ბლოკში ძაბვის სტატიკური გარდამქმნელი	20- 100 კჰც
კადრის გაშლისა და სინქრონიზაციის ბლოკი	48 – 160 ჰც
სტრიქონის გაშლისა და სინქრონიზაციის ბლოკი	15 – 110 კჰც
მონიტორის ამანქარებელი ანოდური ძაბვა (მხოლოდ ელექტრონულსხივური მილისათვის)	0 ჰც (ელექტროსტატიკა)
სისტემური ბლოკი (პროცესორი)	50 ჰც –1000 მჰც
ინფორმაციის შეტანა/გამოტანის მოწყობილობა	0 ჰც, 50 ჰც
უწყვეტი კვების წყაროები	50 ჰც, 20 – 100 კჰც

პერსონალური კომპიუტერით შექმნილ ელექტრომაგნიტურ ველს აქვს რთული სპექტრული შემადგენლობა 0 ჰც-დან 1000 მჰც-მდე სიხშირის დიაპაზონში. ელექტრომაგნიტურ ველს აქვს ელექტრული (E) და მაგნიტური (H) მდგენელები,

ამასთან მათი ურთიერთკავშირი საკმაოდ რთულია, ამიტომ ელექტრული (E) და მაგნიტური (H) მდგენელების შეფასება უნდა მოხდეს ცალ-ცალკე.

ცხრილი №16

სამუშაო ადგილზე ელექტრომაგნიტური ველის მაქსიმალური დაფიქსირებული მნიშვნელობები

ველის სახე	სიხშირის დიაპაზონი	ველის დაძაბულობის საზომი ერთეული	მონიტორის ირგვლივ ეკრანის ღერძის გასწვრივ დაძაბულობის მნიშვნელობა
ელექტრული ველი	100 კჰც – 300 მჰც	ვ/მ	17,0 24,0
ელექტრული ველი	0,02 – 2 კჰც	ვ/მ	150,0 155,0
ელექტრული ველი	2 – 400 კჰც	ვ/მ	14,0 16,0
მაგნიტური ველი	100 კჰც – 300 მჰც	მა/მ	–
მაგნიტური ველი	100 კჰც – 300 მჰც	მა/მ	–
მაგნიტური ველი	0,02 – 2 კჰც	მა/მ	550,0 600,0
მაგნიტური ველი	2 – 400 კჰც	მა/მ	35,0 35,0

ცხრილი № 17

პერსონალური კომპიუტერის მომხმარებლის სამუშაო ადგილებზე გაზომილი ელექტრომაგნიტური ველების მნიშვნელობათა დიაპაზონი

გაზომილი პარამეტრის დასახელება	სიხშირის დიაპაზონი	სიხშირის დიაპაზონი
	5 ჰც – 2 კჰც	2 – 400 კჰც
ცვლადი ელექტრული ველის დაძაბულობა, ვ/მ	1,0 - 35,0	0,1 - 1,1
ცვლადი მაგნიტური ველის ინდუქცია, ნტლ	6,0 - 770,0	1,0 - 32,0

კომპიუტერი როგორც ელექტროსტატიკური ველის წყარო. მონიტორის მუშაობისას კინესკოპის ეკრანზე გროვდება ელექტროსტატიკური მუხტი, რომელიც ქმნის ელექტროსტატიკურ ველს, რომელიც მერყეობს 8-დან 75 კვ/მ-მდე. ამასთან, მონიტორთან მომუშავე ადამიანები იღებენ ელექტროსტატიკურ პოტენციალს.

როდესაც ელექტროსტატიკური ველი სუბიექტურად შეიგრძნობა, გადამწყვეტ ფაქტორს უსიამოვნო სუბიექტური შეგრძნებების წარმოქმნისას მომხმარებლის პოტენციური წარმოადგენს. საერთო ელექტროსტატიკურ ველში შესამჩნევ ველები შეაქვს ხახუნით დაელექტრობულ კლავიატურისა და თავუნას ზედაპირებს. ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ კლავიატურასთან მუშაობის შემდეგაც კი, ელექტროსტატიკური ველი სწრაფად იზრდება 2-დან 12 კვ/მ-მდე. ცალკეულ სამუშაო ადგილებზე ხელის არეში დარეგისტრირებულია სტატიკური ელექტრული ველის დაძაბულობა 20 კვ/მ-ზე მაღალი.

ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების ცენტრში კომპიუტერის მომხმარებლის ფუნქციური მდგომარეობის კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ კომპიუტერთან ხანმოკლე (45 წუთი) მუშაობის დროსაც კი მონიტორის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებით ორგანიზმში ხდება ჰორმონალური მდგომარეობის მნიშვნელოვანი ცვლილებები და ტვინის ბიოდენების სპეციფიკური ცვლილებები. ეს ეფექტები განსაკუთრებით მკაფიოდ და გამოკვეთილად მულავენდება ქალებში.

აღსანიშნავია, რომ ადამიანთა გარკვეულ ჯგუფში ( ამ შემთხვევაში 20%)

ორგანიზმის ფუნქციური მდგომარეობის უარყოფითი რეაქცია არ გამოიხატებოდა 1 საათის განმავლობაში მუშაობისას.

მიღებული რეზულტატების ანალიზიდან გამომდინარე გაკეთდა დასკვნა, რომ იმ პერსონალის პროფესიული შერჩევისათვის, რომელიც მუშაობის პროცესში გამოიყენებს კომპიუტერს, შესაძლებელია სპეციალური კრიტერიუმების ჩამოყალიბება.

**სტრესი.** დისპლეის მომხმარებლები ხშირად იმყოფებიან სტრესის მდგომარეობაში. აშშ-ის შრომის დაცვისა და პროფდაავადებათა პროფილაქტიკის ნაციონალური ინსტიტუტის მონაცემების მიხედვით დისპლეის მომხმარებლებს მეტწილად, ვიდრე სხვა პროფესიული ჯგუფებს, ავიადისპეტჩერების ჩათვლით, მიდრეკილება აქვთ სტრესული მდგომარეობის განვითარებისაკენ. დადგენილია, რომ სტრესი შეიძლება გამოიწვიოს: საქმიანობის სახემ, კომპიუტერის მახასიათებელმა თავისებურებამ, გამოყენებულმა პროგრამულმა უზრუნველყოფამ, სამუშაოს ორგანიზებამ, სოციალურმა ასპექტებმა.

დისპლეიზე მუშაობას სპეციფიკური სტრესული ფაქტორები ახასიათებს, როგორცაა ადამიანის ბრძანების შესრულებაზე კომპიუტერის პასუხის (რეაქციის) დაგვიანების დრო, მართვის ბრძანებები (დამახსოვრების სიმარტივე, მსგავსება, გამოყენების სიმარტივე და ა.შ.), ინფორმაციის ვიზუალიზაციის მეთოდი და სხვ. სტრესულ მდგომარეობაში ადამიანის ყოფნამ შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანის ხასიათის ცვლილებები, აგრესიულობის მომატება, დეპრესიები, გაღიზიანებულობა. დარეგისტრირებულია ფსიქოსომატიური დარღვევები, კუჭნაწლავის ტრაქტის ფუნქციის დარღვევა, ძილის დარღვევა, პულსის სიხშირის ცვლილება, მენსტრუალური ციკლის ცვლილება. ხანგრძლივად მოქმედი სტრეს-ფაქტორის



პირობებში ყოფნამ შეიძლება გამოიწვიოს გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების განვითარება.

ცხრილი № 18

პერსონალური კომპიუტერის მომხმარებლის ჩივილები და მათი წარმოქმნის შესაძლო მიზეზი

სუბიექტური ჩივილი	შესაძლო მიზეზი
ჭრა თვალში	მონიტორის ვიზუალური ერგონომიკული პარამეტრები, განათება სამუშაო ადგილზე და სათავსში
თავის ტკივილი	სამუშაო ადგილზე ჰაერის აეროიონური შემადგენლობა, მუშაობის რეჟიმი
ამაღლებული ნერვოზულობა	ელექტრომაგნიტური ველი, სათავსის ფერთი გამა, მუშაობის რეჟიმი
ამაღლებული დაღლილობა	ელექტრომაგნიტური ველი, მუშაობის რეჟიმი
მეხსიერების დაზიანება	ელექტრომაგნიტური ველი, მუშაობის რეჟიმი
ძილის დარღვევა	მუშაობის რეჟიმი, ელექტრომაგნიტური ველი
თმის ცვენა	ელექტროსტატიკური ველი, მუშაობის რეჟიმი
მუწუკები და კანის გაწითლება	ელექტროსტატიკური ველი, მუშა ზონაში ჰაერის აეროიონური და მტვრის შემადგენლობა
ტკივილი მუცელში	არასწორი ჯდომა, გამოწვეული სამუშაო ადგილის არასწორი მოწყობით
ტკივილი წელის არეში	არასწორი ჯდომა, გამოწვეული სამუშაო ადგილის არასწორი მოწყობით, მუშაობის რეჟიმი
ტკივილი მაჯაში და თითებში	სამუშაო ადგილის არასწორი კონფიგურაცია, მათ შორის მაგიდის სიმაღლის შეუსაბამობა ადამიანისა და სავარძლის სიმაღლესთან; მოუხერხებელი კლავიატურა; მუშაობის რეჟიმი



ნახ. 59. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების შედეგი – თვალის ფერად გარსზე ყავისფერი ლაქები

თვალზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედების შედეგად თვალის ფერად გარსზე ყავისფერი ლაქები ჩნდება.

მონიტორის გამოსხივებისგან დაცვის ღონისძიებებიდან ძირითადად რეკომენდებულია მონიტორის ეკრანებისათვის დამცავი ფილტრების გამოყენება. დამცავი ფილტრი ამცირებს ეკრანის მონიტორის მხრიდან მავნე ფაქტორებს,

აუმჯობესებს მონიტორის ეკრანის ერგონომიკულ პარამეტრებს და ამცირებს მომხმარებლის მიმართულებით მონიტორის გამოსხივებას.

### 11.28. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების შესაძლო ბიოლოგიური ეფექტები

ადამიანის ორგანიზმი ყოველთვის რეაგირებს ელექტრომაგნიტურ ველზე. თუმცა, იმისათვის რომ ეს რეაქცია არ გადაიზარდოს პათოლოგიაში და არ გამოიწვიოს დაავადება, უნდა მოხდეს მთელი რიგი პირობების, მათ შორის ველის საკმაოდ მაღალი დონისა და დასხივების ხანგრძლივობის, თანხვედრა.

ამიტომ, ველის დაბალი დონის საყოფაცხოვრებო ტექნიკის და/ან ხანმოკლე დროის განმავლობაში გამოყენებისას საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ელექტრომაგნიტური ველი მოსახლეობის ძირითადი ნაწილის ჯანმრთელობაზე არ ახდენს გავლენას. პოტენციური საფრთხე ემუქრება მხოლოდ ელექტრომაგნიტური ველის მიმართ ამალღებული მგრძობიარობის მქონე და ალერგიულ ადამიანებს.

ბევრი სპეციალისტი თვლის, რომ სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველი საშიშია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ადამიანის ხანგრძლივი დასხივებისას 0,2 მკტესლაზე მაღალი დონით (რეგულარულად, დღეღამეში არანაკლებ 8 საათის განმავლობაში, რამდენიმე წლის განმავლობაში).

#### 11.29.1. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი

გარემოში ელექტრომაგნიტური გამოსხივებამ ისეთი მასშტაბები მიიღო, რომ ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციამ ეს პრობლემა კაცობრიობისათვის ყველაზე აქტუალურ პრობლემათა რიცხვში ჩართო, ხოლო ბევრი მეცნიერი ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას ძლიერმოქმედ ეკოლოგიურ ფაქტორებს მიაკუთვნებს, რომლებსაც დედამიწაზე ყოველი ცოცხალისათვის კატასტროფული შედეგის მოტანა შეუძლიათ. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ენერგეტიკული გავლენა შეიძლება იყოს სხვადასხვა ხარისხის და ძალის. ადამიანის მიერ შეუმჩნეველიდან თბურ შეგრძნებამდე მაღალი სიმძლავრის გამოსხივების დროს. ზემოაღნიშნული სიხშირის ელექტრომაგნიტურმა გამოსხივებამ შეიძლება წყობიდან გამოიყვანოს ხელსაწყოები და ელექტროაპარატურა. ზემოქმედების სიმძიმის მიხედვით

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ადამიანმა შეიძლება საერთოდ ვერ აღიქვას ან გამოიწვიოს სრული დაუძლურება ტვინის მოქმედების ფუნქციური ცვლილებებით და ადამიანის სიკვდილი. ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას შეუძლია გამოიწვიოს მამაკაცის ორგანიზმის ჰორმონალური სტატუსის, აგრეთვე რეპროდუქციული სისტემის ცვლილება.

პრობლემის სირთულე მდგომარეობს არამარტო მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე ზემოქმედებაში, არამედ მომავალი თაობის ჯანმრთელობაზე და ინტელექტზე. იზრდება თანდაყოლილ ანომალიათა რაოდენობა.

ექსპერიმენტული მონაცემების მიხედვით ელექტრომაგნიტური ველი ყველა სისწორულ დიაპაზონში მაღალი ბიოლოგიური აქტივობით ხასიათდება.

თანამედროვე თეორიის მიხედვით ელექტრომაგნიტური ველის შედარებით მაღალი დონის შემთხვევაში აღსანიშნავია ზემოქმედების თბური მექანიზმი. ელექტრომაგნიტური ველის შედარებით დაბალი დონის შემთხვევაში აღნიშნავენ ორგანიზმზე ზემოქმედების არათბურ ანუ ინფორმაციულ ხასიათს. მოსახლეობაზე ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების რისკის შეფასებისას აუცილებელია ადამიანის ორგანიზმის ყველაზე კრიტიკული სისტემების (ნერვული, იმუნური, ენდოკრინული და სასქესო) რეაქცია ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებაზე.

ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური ეფექტი ხანგრძლივი მრავალწლიანი ზემოქმედების პირობებში გროვდება, რის შედეგადაც შესაძლებელია შორეული შედეგების განვითარება, ცენტრალური ნერვული სისტემის დეგენერატიული პროცესების, სისხლის კიბოს (ლეიკოზის), ტვინის სიმსივნის, ჰორმონალური დაავადებების ჩათვლით. ელექტრომაგნიტური ველი განსაკუთრებით საშიშია ბავშვებისათვის, ფეხმძიმე ქალებისათვის, ცენტრალური ნერვული სისტემით, ჰორმონალური, გულ-სისხლძარღვთა სისტემით, ალერგიით დაავადებული და დასუსტებული იმუნიტეტის მქონე ადამიანებისათვის.

ელექტრული და მაგნიტური ველები მათი ზემოქმედების ზონაში მოხვედრილი ყველა ბიოლოგიური ობიექტის მდგომარეობაზე მოქმედების ძალიან ძლიერ ფაქტორს წარმოადგენს. მაგალითად, ელექტროგადამცემი ხაზების ელექტრული ველის მოქმედების რაიონში ყველა მწერში მჟღავნდება ცვლილებები ქცევაში: ასე ფუტკრებთან ფიქსირდება ამადლებული აგრესიულობა, აფორიაქება,

შრომისუნარიანობის და პროდუქტულობის დაქვეითება, დედა ფუტკრის დაკარგვისადმი მიდრეკილება; ხოჭოებს, კოლოებს, პეპლებს და სხვა მფრინავ მწერებს ეცვლებათ ქცევითი რეაქციები, მათ შორის მოძრაობის მიმართულების ცვლილება იმ მიმართულებით, სადაც ნაკლების ელექტრული ველის დონე. მცენარეებში გავრცელებულია განვითარების ანომალიები – ხშირად ეცვლებათ ყვავილების, ფოთლების, ღეროების ფორმები და ზომები, უჩნდებათ ზედმეტი ფურცლები.

ჯანმრთელი ადამიანი ზიანდება ელექტროგადამცემი ხაზების ველში შედარებით ხანგრძლივი ყოფნის შემთხვევაში. ხანმოკლე დასხივებას (წუთები) შეუძლია ნეგატიური რეაქცია გამოიწვიოს მხოლოდ ჰიპერმგრძობიარე ადამიანებში ან ალერგიის ზოგიერთი სახით დაავადებულ ადამიანებში. მაგალითად, გასული საუკუნის 90-იანი წლების დასაწყისში ინგლისელი მეცნიერების მიერ დადგენილ იქნა, რომ ელექტროგადამცემი ხაზების ველის მოქმედებით ალერგიულ ადამიანებში ხშირად რეაქცია ვითარდება ეპილეპტიკური ტიპის მიხედვით. ელექტროგადამცემი ხაზების ელექტრომაგნიტურ ველში ადამიანების ხანგრძლივად ყოფნისას (თვეები, წლები) ადამიანის ორგანიზმში შეიძლება განვითარდეს უპირატესად გულ-სისხლძარღვთა და ნერვული სისტემის დაავადებები. უკანასკნელ წლებში შორეული შედეგების რიცხვში ხშირად ასახელებენ ონკოლოგიურ დაავადებებს.

ადამიანის ორგანიზმზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების განხილვისას განასხვავებენ ბიოლოგიურ ცვლილებებს (რომლებიც დამტკიცებულია უჯრედულ დონეზე ექსპერიმენტული დაკვირვებით) და პათოლოგიურ ეფექტებს (დაავადების გაჩენა ან გამწვავება), რომლებიც დამტკიცებულია ეპიდემიოლოგიური კვლევებით.

დადგენილია, რომ პლანეტაზე ადამიანის მიერ შექმნილი ყველა ხელსაწყოთა ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მილიონჯერ აღემატება ბუნებრივი გეომაგნიტური ველის დონეს. განსაკუთრებით მკვეთრად იზრდება ველების დაძაბულობა ელექტროგადამცემი, რადიო-და ტელესადგურების, რადიოლოკაციის და რადიოკავშირის საშუალებების (მათ შორის, მობილური და თანამგზავრული), სხვადასხვა ენერგეტიკული და ენერგოტეკადი დანადგარების, ელექტროტრანსპორტის სიახლოვეს.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის ექსპერტების დასკვნის მიხედვით, ელექტრომაგნიტური ველების, თუნდაც შედარებით დაბალი დონის, ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად ხშირია კიბოს დაავადებები, ქცევის ცვლილება, მესსიერების დაქვეითება, პაკინსონისა და ალცგეიმერის დაავადებები, გარეგნულად ჯანმრთელი ადამიანის უეცარი სიკვდილის სინდრომი (ყველაზე ხშირად ეს შეიმჩნევა მეტროში, ელმავალში და მძლავრიელექტრომალოვანი დანადგარის სიახლოვეს), სქესობრივი ფუნქციის დათრგუნვა, დიდ ქალაქებში თვითმკვლელობათა რაოდენობის გაზრდა და ბევრი სხვა ნეგატიური მდგომარეობა. განსაკუთრებით საშიშია ელექტრომაგნიტური ველების გავლენა დედის საშოში განვითარებად ორგანიზმზე, ბავშვებზე, აგრეთვე ალერგიით დაავადებულ ადამიანებზე.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ყველაზე ძლიერგავლენას ახდენს იმუნურ, ნერვულ, ენდოკრინულდა სასქესო სისტემაზე.

იმუნური სისტემა ამცირებს სისხლში დაცვითი ფუნქციის შემსრულებელი სპეციალური ფერმენტების გადასროლას, რაც იწვევს იმუნიტეტის უჯრედის სისტემის დასუსტებას. ენდოკრინული სისტემა იწვევს სისხლში დიდი რაოდენობით ადრენალინის გამოყოფას, შედეგად იზრდება დატვირთვა ორგანიზმის გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე. ხდება სისხლის შესქელება, რის გამოც უჯრედები ვეღარ იღებენ ჟანგბადის საჭირო რაოდენობას. შეიმჩნევა ადამიანის გაღიზიანებულობა, მალე დაღლა, მესსიერების დაქვეითება, ძილის დარღვევა, საერთო დაძაბულობა და მისთ.

**გავლენა ნერვულ სისტემაზე.** ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისადმი ყველაზე მგრძობიარეა ნერვული სისტემა. ელექტრომაგნიტურ ველთან კონტაქტში მყოფ ადამიანებს ეცვლებათ უმაღლესი ნერვული სისტემა, უქვეითდებათ მესსიერება, უვითარდებათ სტრესორული რეაქციები. ელექტრომაგნიტური ველისადმი ამაღლებული მგრძობიარობა აქვთ თავის ტვინის გარკვეულ სტრუქტურებს. ელექტრომაგნიტური ველისადმი განსაკუთრებით ამაღლებულ მგრძობიარობას ამჟღავნებს ემბრიონის ნერვული სისტემა.

**გავლენა იმუნურ სისტემაზე.** დღეისათვის დაგროვილი მასალა მიუთითებს ორგანიზმის იმუნოლოგიურ რეაქტიულობაზე ელექტრომაგნიტური ველის

უარყოფით გავლენაზე. ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას ირღვევა იმუნოგენეზის პროცესები.

### **გავლენა ენდოკრინულ სისტემაზე და ნეიროგუმორალურ რეაქციაზე**

ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისას იზრდება სისხლში ადრენალინის შემცველობა, ხდება სისხლის შედედების პროცესების აქტივაცია.

**გავლენა სასქესო ფუნქციაზე.** დადგენილია, რომ ელექტრომაგნიტური ველის მიმართ ემბრიონის მგრძობიარობა მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე დედის ორგანიზმისა, ხოლო ელექტრომაგნიტურ ველს შეუძლია ემბრიონის დაზიანება მისი განვითარების ნებისმიერ ეტაპზე. კვლევის შედეგები იძლევა დასკვნის გაკეთების უფლებას, რომ ქალის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან კონტაქტი იწვევს ნაადრევ მშობიარობას, ნეგატიურ გავლენას ნაყოფის განვითარებაზე, თანდაყოლილი სიმახინჯეების განვითარების რისკის ამაღლებას.

### **11.29.2. სხვა სამედიცინო-ბიოლოგიური ეფექტები**

ადამიანზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების შედეგების ყველაზე ადრეული კლინიკური გამოვლენაა ნერვული სისტემის მხრიდან ფუნქციური დარღვევები, რაც მუდგანდება უპირველეს ყოვლისა ნევრასტენიული და ასტენიური სინდრომის ვეგეტატიური დისფუნქციის სახით. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზონაში ხანგრძლივი დროით მყოფი ადამიანები უჩივიან სისუსტეს, გაღიზიანებულობას, სწრაფად დაღლას, მესხიერების დაქვეითებას, ძილის დარღვევას.

გულ-სისხლძარღვთა სისტემის მხრიდან დარღვევები მუდგანდება, როგორც წესი, ლაბილური (ცვლადი) პულსით და არტერიული წნევით, ჰიპოტონიისკენ (სისხლის წნევის დაქვეითებისადმი) მიდრეკილებით, გულის არეში ტკივილით და სხვ. შეიმჩნევა პერიფერიული სისხლის შემადგენლობის ფაზური ცვლილებები, შემდგომი გართულებებით. ძვლის ტვინის ცვლილებები რეგენერაციის რეაქტიული კომპენსატორული დაძაბვის ხასიათს ატარებს. ჩვეულებრივ ეს ცვლილებები შეიმჩნევა ადამიანებში, რომლებიც სამუშაოს თავისებურებიდან გამომდინარე მუდმივად იმყოფებიან საკმაოდ მაღალი ინტენსივობის მოქმედების ზონაში მცხოვრები მოსახლეობა უჩივის გაღიზიანებულობას, ელექტრომაგნიტური

გამოსხივების ზემოქმედების ქვეშ. მაგნიტურ ველთან და ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან მომუშავე, აგრეთვე ელექტრომაგნიტური ველის მოუთმენლობას.

1-3 წლის შემდეგ ზოგიერთს უჩნდება შინაგანი დაძაბულობის გრძნობა, მოუსვენრობა, ყურადღებისა და მესხიერების დაქვეითება, ძილის დარღვევა, და დაღლილობა. ზღვრული დასაშვები ელექტრომაგნიტური გამოსხივების (განსაკუთრებით ტალღების დეციმეტრულ დიაპაზონში) ხანგრძლივი განმეორებად მოქმედებას შეუძლია ფსიქიკური დაზიანებების გამოწვევა.

ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური ეფექტი დამოკიდებულია ელექტრომაგნიტური ტალღების სიხშირის დიაპაზონზე, ინტენსივობაზე, დასხივების ხანგრძლივობაზე, გამოსხივების ხასიათსა და დასხივების რეჟიმზე.

ნებისმიერი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედებაში მიღებულია ორი – თერმული და არათერმული (ინფორმაციული), ეფექტის გამოყოფა.

### 11.29.3. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე

ელექტრომაგნიტური დაბინძურება გარემოს ყველაზე მძლავრი ფაქტორია, რომელიც მოქმედებს თანამედროვე ადამიანზე მსოფლიოს ყველა ქვეყანაში, და პოტენციურად რადიაციულ ავარიაზე უფრო საშიშია.

ელექტრომაგნიტური დაბინძურება მოქმედებს თითქმის მთელ მოსახლეობაზე, ბავშვებისა და მოზარდების, ფეხმძიმე ქალებისა და ავადმყოფების ჩათვლით. ელექტრომაგნიტური დაბინძურება მოქმედებს ფაქტიურად სადღეღამისოდ, მისი დონე განუწყვეტლივ იზრდება. მის მიერ გამოწვეული პათოლოგიები, შორეული შედეგების ჩათვლით, ბოლომდე შესწავლილი არაა.

დადგენილი სანიტარული ნორმებით ფიჭური კავშირის საბაზო სადგურის სიგნალის დონე ბუნებრივ ელექტრომაგნიტურ ფონს ას მილიონჯერ აღემატება.

ცხრილში №19 მოყვანილია სხვადასხვა წყაროს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივის სიდიდეები. ნაკადის სიმკვრივე იზომება ფართობის ერთეულზე ( მ<sup>2</sup>, სმ<sup>2</sup>) მოსული სიმძლავრით (ვტ, მვტ, მკვტ).

ცხრილი №19

წყარო	ნაკადის სიმკვრივი ვტ·მკვტ/სმ <sup>2</sup>	ეფექტი	მობილური ტელეფონი,*	საბაზო სადგური, **	გადაჭარბება

შუმანის რეზონანსი	0,0000001	მოქმედება ტვინზე	25 კმ	900 კმ	–
ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ფონი	0,0000001		2500 მ	90 კმ	10 -ჯერ
ტექნოგენურად-შეცვლილი ფონი  (საშუალო მნიშვნელობა)	0,01	მელატონინის დონის ცვლილება ადამიანის ტვინში, ელექტროენცეფალოგრამის ცვლილება, ДНК-ს შექცევადი დაზიანება	25 მ	900 მ	100 000-ჯერ
რადიოტელეფონების ნაკადის სიმკვრივის ნორმირებული მნიშვნელობა	2	შეიძლება გამოიწვიოს ლეიკოზი ბავშვებში	5 მ	180 მ	20 000 000-ჯერ
ფიჭური კავშირის საბაზო სადგურის ნაკადის სიმკვრივის ნორმირებული მნიშვნელობა	10	ДНК-ს შექცევადი დაზიანება	0,8 მ	30 მ	100 000 000-ჯერ
ფიჭური ტელეფონების ნაკადის სიმკვრივის ნორმირებული მნიშვნელობა	100	2 წუთის განმავლობაში ცვლის ჰემატო-ენცეფალური ბარიერის შეღწევადობას	25 სმ	9 მ	1 000 000 000-ჯერ
თერმული ეფექტი	10 000	უჯრედების არაკონტროლირებადი კვლამა	0,25 სმ	9 სმ	100 000 000 000-ჯერ

\* გრაფაში მითითებულია დაშორება, რომელზეც ფორმირდება მომუშავე ფიჭური ტელეფონიდან ნაკადის სიმკვრივის მითითებული მნიშვნელობა.

\*\* გრაფაში მითითებულია დაშორება, რომელზეც ფორმირდება მომუშავე საბაზო სადგურიდან ნაკადის სიმკვრივის მითითებული მნიშვნელობა.

ნულოვან ნიშნულად აღებულია შუმანის რეზონანსის ნაკადის სიმკვრივე. შუმანის რეზონანსი არის ზედაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური ზემოქმედება (აღმოაჩინა გერმანელმა ფიზიკოსმა თ. შუმანმა), რომლის ზემოქმედების დროსაც მიმდინარეობდა დედამიწაზე ყოველივე ცოცხალის ევოლუცია და რომლის პირობებშიც განვითარდა კაცობრიობა.

ცხრილის მონაცემების მიხედვით ელექტროსმოგის წყაროების ინტენსივობა მილიონჯერ და ტრილიონჯერაც კი აღემატება ბუნებრივ დონეს. ამდენად, ადამიანი ცხოვრობს საგანგებოდ ძლიერი ელექტრომაგნიტური ველის პირობებში, რაც არახელსაყრელად მოქმედებს მის ჯანმრთელობაზე.



ელექტრონულ ხელსაწყოები, ანტენები, ტრანსფორმატორები და ტექნიკის სხვა საგნები ქმნიან ელექტრომაგნიტურ ველს, რომელსაც, თავის მხრივ, აქვს მაგნიტური და ელექტრული დაძაბულობა. ასეთ ველში მოხვედრისას ადამიანზე მოქმედებს უხილავი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება. ზემოქმედება ხდება უშუალოდ სისხლზე, რამდენადაც სისხლი ელექტროლიტია. სისხლში წარმოიქმნება იონური დენები, რომლებიც თავის მხრივ ახურებს ნერვულ ქსოვილებს. ორგანიზმი ღებულობს სითბოს, რომელსაც ის ვერ უმკლავდება – განსაკუთრებით მგრძობიარეა ორგანოები, რომელთაც სუსტად განვითარებული სისხლძარღვოვანი სისტემა აქვთ. ზიანდება ტვინი, კუჭი, მხედველობის ორგანოები, ნივთიერებათა ცვლისა და ნერვული სისტემები. ყველაზე გავრცელებული შედეგებია: სწრაფად დაღლა, გულის არეში ტკივილები, თვალის ბროლის ამღვრევა.

უკანასკნელი 100 წლის განმავლობაში ხდება ცოცხალ ორგანიზმებზე ელექტრომაგნიტური ველების გავლენის შესწავლა, თუმცა ბიოლოგიურ ობიექტებზე ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების საყოველთაოდ მიღებული თეორია დღემდე არ ჩამოყალიბებულა. საყოველთაოდ არის აღიარებული ადამიანის ორგანიზმზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისა და ელექტრომაგნიტური ველების როგორც პოზიტიური (მედიცინაში), ისე ნეგატიური ზემოქმედების არსებობა, რომელიც, როგორც წესი, უკავშირდება სამრეწველო წარმოებას. მიღებულია, რომ ცოცხალ სისტემებზე ზემოქმედების მექანიზმს სწორხაზოვანი ხასიათი აქვს იმ სიხშირულ დიაპაზონში, რომელიც იწვევს ცოცხალი ქსოვილის გახურებას ანუ “თბურ” ზემოქმედებას. რაც უფრო დიდია ზემოქმედების დონე, მით უფრო დიდია ცოცხალი ქსოვილების გახურების ეფექტი. ამ საფუძველზე მიღებულია ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისა და ელექტრომაგნიტური ველების ზღვრული დასაშვები დონეების (ზდდ) სანიტარული ნორმები, ე.ი. განიხილება ნეგატიური მოქმედების დონის ზედა ზღვარი.

ორგანიზმზე ელექტრომაგნიტური დასხივების ხარისხი და ზემოქმედება დამოკიდებულია ელექტრომაგნიტური ნაკადის სიმკვრივეზე, გამოსხივების სიხშირეზე, ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე, დასხივების რეჟიმზე, ზედაპირზე. ორგანიზმის ინდივიდუალურ თვისებებზე, გარემოს ტემპერატურაზე (28<sup>0</sup>-ზე მეტი) და სხვა.

ელექტრომაგნიტური დასხივების ბიოლოგიური ეფექტი ვლინდება სხვადასხვა ფორმით: ორგანიზმში უმნიშვნელო ძვრებიდან – მთლიანობაში სერიოზულ დარღვევამდე.

ელექტრომაგნიტური ტალღის ენერჯის შთანთქმა ვლინდება როგორც თბური ეფექტი. გარკვეული ზღვრიდან დაწყებული ადამიანის ორგანიზმი ვერ ახერხებს ცალკეული ორგანოებიდან ჭარბი სითბოს გადაცემას და ამით ორგანიზმის ტემპერატურა მატულობს. ასეთი ტალღების ზემოქმედება განსაკუთრებულად მავნეა ისეთი ორგანოებისათვის როგორცაა: თვალი, ტვინი, თირკმელი, კუჭი, საშარდე და სანადღვე სადინარები. განსაკუთრებულად საშიშია თვალზე ზემოქმედება, რადგანაც ხდება თვალის ბროლის შემღვრევა – კატარაქტა და ადგილი აქვს რქოვანას დამწვრობას, რომელიც მკვადუნდება დასხივებიდან რამდენიმე დღის ან კვირის შემდეგ. ეს აიხსნება თვალის ცუდი თბოგამტარობით და მისი დაუცველობით, რის გამოც ბროლი გადახურდება. ელექტრომაგნიტური ტალღის ხანგრძლივი ზემოქმედება ზიანს აყენებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას, ნივთიერებათა მიმოცვლის პროცესს, ცვლის სისხლის შემადგენლობას. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ნეგატიური მოქმედება პირველ რიგში აისახება ნერვულ, ენდოკრინულ და გულ-სისხლძარღვთა სისტემებზე. ემგ-ის შეუმჩნეველი მოქმედება ყოველწამიერად მოქმედებს ადამიანის თვალსა და ტვინზე, კუჭნაწლავის ტრაქტზე, იმუნურ და სასქესო სისტემებზე, სისხლწარმომქმნელ ორგანოებზე და აყენებს გამოუსწორებელ ზიანს.

ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების სიმპტომებია – თავის ტკივილი, თავბრუ, არტერიული წნევის ცვლილებები, პულსის აჩქარება ან შენელება, გულის კუნთში ცვლილებები, ნერვულ-ფსიქიკური მოშლილობები, სწრაფად განვითარებადი დაღლილობა, ასევე თმის ცვენა, ფრჩხილების მტვრევადობა, წონის დაკლება. ადრეულ ეტაპზე ასეთი დარღვევები გამოსწორებადია.

ელექტრომაგნიტური ტალღების სიმკვრივის ენერჯია არ უნდა აღემატებოდეს 10 ვტ/მ<sup>2</sup>-ს, ლოკალური დასხივებისას (ხელების მტევნებისათვის) – 50 ვტ/მ<sup>2</sup>.

#### **11.29.4. რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე**

რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღები მავნედ მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, განსაკუთრებით ინტენსიურად კი ისეთ ორგანოებზე, რომლებიც დიდი

რაოდენობით წყალს შეიცავს. ეს მოქმედება განსაკუთრებით მაგნიტური ისეთი ქსოვილებისათვის, რომლებსაც სუსტად განვითარებული სისხლძარღვოვანი სისტემა აქვს და არასაკმარისი სისხლის მოძრაობა ახასიათებს (მაგ. თვალი, ტვინი, თირკმელი, კუჭი, ნაღველა და შარდის ბუშტი).

ზემაღალი სიხშირის ულტრამაგნიტური ველების ბიოლოგიური აქტიურობა დამოკიდებულია ტალღის სიგრძეზე. ყველაზე ძლიერად მოქმედებს დეციმეტრული ტალღები, ყველაზე სუსტად – მილიმეტრული. მილიმეტრული დიაპაზონის ტალღები შთანთქმება კანის ზედა ფენებით, სანტიმეტრული – კანით და კანქვეშა უჯრედისით, დეციმეტრული – შინაგანი ორგანოებით. მოქმედების ეფექტი დამოკიდებულია ელექტრომაგნიტური ველის ინტენსიურობაზე და კონტაქტის ხანგრძლივობაზე.

ორგანიზმის მიერ ენერჯის შთანთქმისას ზემოქმედება მით უფრო გამოკვეთილია, რაც მაღალია ველის სიხშირე. ორგანიზმის სხვადასხვა ქსოვილს სხვადასხვა დიელექტრიკული მუდმივა და სხვადასხვა გამტარობა ახასიათებთ, რის შედეგადაც სხვადასხვა სიხშირის ტალღების შთანთქმა და შესაბამისად, ქსოვილების გახურება არაერთგვაროვანია. მაგალითად, ადამიანის სხეულის ზომები 10 მეგაჰერც-მდე სიხშირის ტალღის სიგრძესთან შედარებით მცირეა და ადამიანის ქსოვილებში მიმდინარე დიელექტრიკული პროცესები სუსტადაა გამოხატული.

ელექტრომაგნიტურმა ტალღებმა შეიძლება გამოიწვიოს მწვავე და ქრონიკული დაზიანება. მწვავე დაზიანება მუდმივად ნერვიული სისტემის, გულ-სისხლძარღვო სისტემის და სისხლწარმოქმნელი სისტემის ფუნქციონალური მოშლილობით, რაც შეიძლება გამომუდგანდეს სხეულის ტემპერატურის, პულსის, გულის გამტარობის, სისხლისა და ცილების შემადგენლობის ცვლილებით, სუნთქვისა და საჭმლის მომნელებელ სისტემაში დარღვევებით. მწვავე დაზიანება იშვიათად გვხვდება. უფრო ხშირია მსუბუქი ქრონიკული დაზიანება, რომელსაც ადგილი აქვს დაბალი ინტენსიურობის ელექტრომაგნიტური ნაკადით ხანგრძლივი დასხივებისას. ასეთი ველის ბიოლოგიური მოქმედება მუდმივად საერთო სისუსტეში, მოთენთილობაში, ალგუნებულობაში, თავის ტკივილში, შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ორგანიზმის გადახურებას. ეს ცვლილებები შექცევადი ხასიათისაა: გამოსხივების მოქმედების შეწყვეტისას პათოლოგიური მოვლენები გაივლის. მაღალი ინტენსიურობის ელექტრომაგნიტური ველის გავლენით აღიძვრება თბური ეფექტი.

მუშაობის სტაჟის გაზრდისას კლინიკური ცვლილებები მკვეთრი ხდება – ადგილი აქვს ელექტრომაგნიტური ეფექტების კუმულაციას.

უნდა აღინიშნოს, რომ უარყოფით ბიოლოგიურ მოქმედებას ძირითადად ელექტრული ველი იწვევს, ხოლო მაგნიტური ველი შესაძინევ ცვლილებებს ვერ იწვევს. ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური მოქმედების ხარისხი დამოკიდებულია ელექტრომაგნიტურ რხევათა სიხშირეზე და ველის ინტენსიურობაზე, დასხივებული ზედაპირის სიდიდეზე და ორგანიზმის ინდივიდუალურ თავისებურებაზე.

ბიოლოგიური მოქმედების გარდა ელექტრული ველი განაპირობებს ადამიანისა და ლითონურ საგნებს შორის მუხტის ალდვრას. განმუხტვის დენმა შეიძლება კრუნხვები გამოიწვიოს.

მაღალი ინტენსივობის ელექტრომაგნიტური ველები ადამიანის ორგანიზმში იწვევს თბურ ეფექტს, რომელიც შეიძლება გამოიხატოს სხეულის, ან მისი ცალკეული ქსოვილების ან ორგანოების გახურებაში. ელექტრომაგნიტური ველები ზემოქმედება განსაკუთრებით მავნეა ორგანოებისა და ქსოვილებისათვის, რომლებსაც ნაკლებად განვითარებული სისხლძარღვოვანი სისტემა აქვთ, როგორცაა თვალი, ტვინი, თირკმელი, კუჭი, საშარდე და ნაღვლის ბუშტი. რადიოტალღების ზემოქმედების მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა ცენტრალური ნერვული და გულ-სისხლძარღვთა სისტემები. ადამიანს ეწყება თავის ტკივილი, გადაღლა, არტერიული წნევის ცვლილება, ნერვულ-ფსიქიკური მოშლილობა, შეიძლება გამოიწვიოს თმების ცვენა, ფრჩხილების მტვრევა, წონაში დაკლება.

არსებობს საფუძვლიანი ვარაუდი, რომ მაღალი ძაბვის კაბელების ელექტრომაგნიტური ველით დაბინძურებულ ზონაში მომუშავე ადამიანებს ლეიკემიით დაავადების 5-8-ჯერ მეტი შანსი აქვთ. რადარების მომსახურე პერსონალში 3-12-ჯერ იზრდება პოლიციტემიით (სისხლის დაავადება, რომელიც ხასიათდება სისხლის წითელი ნაწილაკების სიჭარბით) დაავადების რისკი. დადგენილია, რომ 60 ჰერცი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის დასხივების შედეგად 6-ჯერ უფრო სწრაფად იწყებს ზრდას კიბოს უჯრედები.

ელექტრომაგნიტური ველების ბიოლოგიური მოქმედების პრობლემა მნიშვნელოვანი გახდა საერთაშორისო ორგანიზაციებისა და სახელმწიფო ორგანოების საქმიანობისათვის.

ჯანდაცვის მსოფლიო საერთაშორისო ორგანიზაციამ ცოცხალ ბუნებაზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების პრობლემა პრიორიტეტულ პრობლემათა სიაში შეიტანა. დადგენილია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების სანიტარიულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმატივი, რომლითაც რეგლამენტირებულია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების უსაფრთხო ინტენსივობა, რომლის დროსაც არ გამოძვანდება ორგანოების ფუნქციონირების სისტემის დროებითი დარღვევაც კი და არ გადადის ორგანიზმის დაცვითი მექანიზმების დაძაბვაზე.

### **11.30. სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველები**

სამრეწველო სიხშირის (50 ჰც) ელექტრომაგნიტური ველების ხანგრძლივი მოქმედება იწვევს ცვლილებებს თავის ტვინში და ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში. შედეგად ადამიანს ეწევა თავის ტკივილი საფეთქლისა და კეფის არეში, შეიმჩნევა მოთენთილობა, მესხიერების დაქვეითება, ტკივილები გულის არეში, დათრგუნული ხასიათი, აპათია, ერთგვარი დეპრესია ამაღლებული მგრძობიარობით მკვეთრი სინათლისადმი დაინტენსიური ბგერისადმი, ძილის, გულ-სისხლძარღვთა სისტემის, საჭმლის მომწელებელი სისტემის და სუნთქვის დარღვევა, გაღიზიანებულობა, სისხლის შემადგენლობის ცვლილება და ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციური დარღვევები.

ადგილმდებარეობის და ელექტრომაგნიტური ტალღით დასხივების მიხედვით განასხვავებენ პროფესიულ, არაპროფესიულ, საყოფაცხოვრებო და სამოქალაქო დასხივებას.

### **11.31. პროფესიული ელექტრომაგნიტური დასხივება**

ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების პირობებში მომუშავე ადამიანების კვლევის შედეგად აღმოჩნდა, რომ მოცემული ზემოქმედების მიმართ ყველაზე მგრძობიარეა ნერვული და გულ-სისხლძარღვთა სისტემა. აღწერილია

სისხლწარმოქმნის ცვლილებები, დარღვევები ენდოკრინული სისტემის, მეტაბოლური პროცესების, მხედველობის ორგანოების დაავადებების მხრიდან. დადგენილია, რომ რადიოტალღების ზემოქმედების კლინიკური გამოვლენა ყველაზე ხშირად ასტენიური და ვეგეტატიური რეაქციებით ხასიათდება.

ხანგრძლივი პროფესიული დასხივების პირობებში, როდესაც ადგილი აქვს პერიოდულად ზღვრული დასაშვები დონის ამაღლებას, ზოგიერთ ადამიანში იწვევს საჭმლის მომნელებელ ორგანოებში ფუნქციურ ცვლილებებს, რაც გამოიხატება კუჭის წვენის სეკრეციისა და მუავიანობის ცვლილებაში.

ხანგრძლივი პროფესიული დასხივების დროს გამოვლინდა აგრეთვე ფუნქციური ძვრები ენდოკრინული სისტემის მხრიდან: ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციური აქტივობის ამაღლება, შაქრის მრუდის ხასიათის ცვლილება და ა.შ.

უკანასკნელ წლებში გაჩნდა მოსაზრება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მიერ ავთვისებიანი დაავადებების ინდუქციის შესაძლებლობის შესახებ. არის მონაცემები სისხლწარმოქმნელი ქსოვილების სიმსივნეებით და ლეიკოზით დაავადების შესახებ.

### 11.32. არაპროფესიული ელექტრომაგნიტური დასხივება

სერიოზულ ყურადღებას იმსახურებს ჰიგიენური შეფასების საკითხები ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დონისა, რომელიც მოქმედებს გამოსხივების მოქმედების ზონაში მომუშავე ადამიანებზე, რომლებიც არ ემსახურებიან რადიოტექნიკურ მოწყობილობას. გარემოს დაცვის ამერიკული სააგენტოს მონაცემების მიხედვით, კაცობრიობის დაახლოებით 1% განიცდის 1 მკვტ/სმ<sup>2</sup> ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებას. ამასთან, ინტენსივობის ყველაზე მაღალი მნიშვნელობა დაფიქსირებულია მაღლივ შენობებში, განსაკუთრებით ანტენათა სისტემის განლაგების შესაბამის დონეზე.

ყველაზე საშიში ველებია ზემადილი სიხშირის დიაპაზონის ველები. სანტიმეტრული და მილიმეტრული ტალღები მოქმედებს კანზე, ხოლო დეციმეტრული, აღწევს რა 10-15 სმ სიღრმეზე, – პირდაპირ მოქმედებს შინაგან ორგანოებზე.

აღსანიშნავია, რომ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მავნე ზემოქმედება დაკავშირებულია არამარტო მსხვილმასშტაბური გამოსხივების წყაროებთან.

ცნობილია, რომ ელექტრულ დენზე მომუშავე ნებისმიერი საგნის ირგვლივ აღიძვრება მაგნიტური ველი.

### 11.33. საყოფაცხოვრებო და სამოქალაქო დასახლება

აშშ-ისა და შვედეთის მეცნიერებმა დაადგინეს ბავშვებში სიმსივნის განვითარების ფაქტი მათზე რამდენიმე დღის და საათის განმავლობაშიც კი 60 ჰც სიხშირისა და მაღალი ძაბვის ნაგნიტური ველების მოქმედების შემთხვევაში. მაგნიტურ ველს გამოასხივებს ტელევიზორი, პერსონალური კომპიუტერი. მდგომარეობას ამძიმებს ავტოტრანსპორტის სწრაფი განვითარება. თანამედროვე ქალაქების ტერიტორიაზე ელექტრომაგნიტური ველის 18-20% ფორმირდება საავტომობილო მოძრაობის შედეგად. ტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად წარმოქმნილი ელექტრომაგნიტური ტალღები დაბრკოლებას უქმნის ტელე- და რადიომიღებას. ყოველივე ამასთან, და რაც უფრო მნიშვნელოვანია, ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მავნე გავლენას ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე.

ადამიანის ორგანიზმის სისტემებიდან განსაკუთრებით მგრძობიარეა ე.წ. კრიტიკული სისტემები: ნერვული, იმუნური, ენდოკრინული და სასქესო სისტემები. ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური ეფექტი ხანგრძლივი მრავალწლიანი ზემოქმედების პირობებში კუმულირდება, შედეგად შესაძლებელია შორეული შედეგების განვითარება, ცენტრალური ნერვული სისტემის გადაგვარების პროცესების, ლეიკოზის, ტვინის სიმსივნის, ჰორმონალური დაავადებების ჩათვლით.

აღსანიშნავია, რომ ბინაში არსებული კაბელები. ელექტროსადენები, როზეტები და საყოფაცხოვრებო ტექნიკა გამოასხივება ელექტრომაგნიტურ ტალღებს, რომლის ინტენსივობა არაფრით ჩამორჩება მძლავრ გარეთა წყაროსგან შექმნილ ელექტრომაგნიტურ ველს, რამდენადაც ბინაში არსებული წყაროები ახლოსაა განლაგებული ადამიანთან. ამდენად, სახლში ავეჯისა და ხელსაწყოების, განსაკუთრებით დასვენების ადგილებისა და ბავშვის კუთხის, განლაგებისას აუცილებელია ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების მოთხოვნების გათვალისწინება. კვლევებით დადგენილია, რომ ზონა ადამიანის ხანგრძლივად ყოფნისათვის იწყება როზეტიდან და ნათურიდან 50-60 სმ დაშორებით, 1-1,5 მ დაშორებით მაცივრებიდან, ზემოდალი სიხშირის ღუმელებიდან, სარეცხი და წურჭლის სარეცხი მანქანებიდან, ტელევიზორებიდან ( 1 მ – გამორთული ელექტროხელსაწყოდან, 1,5 მ დაშორებით

მომუშავე ხელსაწყოდან), და 2 მ დაშორებით დღის ნათების ნათურებიდან. ამასთან, კედელი არ წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისათვის ეკრანს, და თუ კედლის ერთი მხრიდან ოთახში დგას ტელევიზორი, ხოლო კედლის მეორე მხარეს სამზარეულოში – სასადილო მაგიდა, სამზარეულოს მთელი კუთხე ამადლებული ელექტრომაგნიტური ველების ზონას წარმოადგენს. ამრიგად, უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად ყველა ელექტროხელსაწყო უნდა მოგროვდეს სამზარეულოს ერთ კუთხეში, რომელიც არ ესაზღვრება ოთახს. ხოლო სასადილო მაგიდა და გაზქურა, ე.ი. ადგილები, სადაც ადამიანი ყველაზე მეტ დროს ატარებს, მათგან 1,5 – 2 მეტრით უნდა იყოს დაშორებული. ბინაში ნებისმიერი მეტალური კონსტრუქცია მუშაობს როგორც მიმღები ანტენა. ამიტომ მითითებული დაშორებები მათზეც ვრცელდება. თანამედროვე კომპიუტერები უსაფრთხოა მონიტორიდან 20 სმ დაშორებით და სისტემური ბლოკიდან 30 სმ დაშორებით, ძველი კომპიუტერებისათვის ეს მანძილი მერყეობს 50 სმ-დან 1,5 მეტრამდე. გასათვალისწინებელია, რომ კომპიუტერისა და ტელევიზორის გამოსხივებას სივრცითი მიმართულობა აქვს, განსაკუთრებით საშიშია სისტემური ბლოკის უკანა გვერდი და ტელევიზორის უკანა გვერდი, და ჩართვა-გამორთვის მომენტები.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს საწოლის, განსაკუთრებით ბავშვების, განლაგებას. სახლის დაგეგმარებისა და ავეჯის განლაგებისას გასათვალისწინებელია კედელში კაბელისა და სადენის გაჭიმვის ადგილები. სახლში ტექნოგენური ველები განსაკუთრებით საშიშია ბავშვებისა და ფეხმძიმე ქალებისათვის, აგრეთვე ცენტრალური ნერვული სისტემით, ჰორმონალური, გულ-სისხლძარღვთა სისტემით დაავადებული ადამიანებისათვის და დაქვეითებული იმუნიტეტის მქონე ადამიანებისათვის.

ახალი მასალებისა და ტექნოლოგიების საყოველთაო გავრცელებამ კარდინალურად შეცვალა უარესობისაკენ კაცობრიობის საცხოვრებელი ტექნოგენური და სამრეწველო ველების ხანგრძლივი ნეგატიური ზემოქმედება ანგრევს ბიოლოგიურ სისტემას, იწვევს მუტაციას.

ადამიანზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ერთ-ერთი თავისებურებაა ის, რომ ვიზუალურად უხილავია და დიდი ხნის განმავლობაში ზემოქმედების გარეგნული ნიშნები არ შეიმჩნევა. უშუალოდ დიდი სიმძლავრის წყაროს სიახლოვეს შესაძლებელია მხოლოდ თბური შეგრძნება.



ელექტრომაგნიტური გამოსხივების პარამეტრებისგან (სიმძლავრე, სიხშირე, დაძაბულობა) დამოკიდებულებით მისი ზემოქმედება ადამიანზე შეიძლება მოხდეს რამდენიმე მეტრიდან რამდენიმე კილომეტრის მანძილზე.

დადგენილია, რომ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ყველა დიაპაზონი მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე და შრომისუნარიანობაზე, ამასთან ამ ზემოქმედების შედეგები მაშინვეარ მუდავნდება. უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ ადამიანის ორგანიზმში მიმდინარე პროცესების უმრავლესობა დაკავშირებულია ბუნებრივ ელექტრულ დამაგნიტურ ველებთან, და თითოეული ორგანო განიცდის გარკვეული ინტენსივობის და ინდივიდუალობის თავისი ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედებას. ეს ველები გარკვეულწილად დადებითად მოქმედებს ორგანოების მუშაობაზე. სხვადასხვა ინტენსივობის გარეშე ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ჩარევა, როგორც წესი, ორგანიზმს სახიფათო პირობებში აყენებს, “ამოაგდებს” ნორმალური ფუნქციონირების რეჟიმიდან და ბიოქიმიური პროცესების მუშაობას “გადააწყობს” უჯრედულ დონეზე.

ამასთან, ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მოქმედებს მართვის პროცესებზე და სისტემებს, უჯრედებს და მოლეკულებს შორის ურთიერთკავშირზე, ხდება ჩვეულებრივი ბიოლოგიური რითმის ცვლილება, ორგანიზმის ცალკეულ სისტემებში ნორმალური ინფორმაციული დონის დამახინჯება. ეს განსაკუთრებით აისახება თავის ტვინის უჯრედების მდგომარეობაზე, რომელზეც ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს იმუნიტეტის საერთო დაქვეითება და ნერვულ-ფსიქიკური, გულ-სისხლძარღვთა, რეპროდუქციული, ონკოლოგიური დაავადებები.

დადგენილია, რომ ადამიანისათვის ყველაზე საშიშია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სუსტი და ზესუსტი მდგენელები მაღალი სიხშირის დიაპაზონში (10 გჰც-დან ზევით). ასეთი მდგენელები გენერირდება უმეტესობა თანამედროვე ელექტროსაყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების, უკანასკნელი მოდიფიკაციის კომპიუტერების, ფიჭური ტელეფონების და სხვ. მიერ. ადამიანის ჯანმრთელობაზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების უარყოფითი ზემოქმედების პირველი ნიშნებია: სწრაფად დაღლა, გაღიზიანებულობა, ცალკეული ორგანოების მიდრეკილება დაავადებებისადმი, საერთო შრომისუნარიანობის დაქვეითება, ქრონიკული დაღლილობის სინდრომის გაჩენა. ზემოქმედების შედეგებს დაგროვებისა და ზრდის

უნარი გააჩნია. ყველაზე საშიშად ითვლება ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციის დათრგუნვა თავის ტვინის უჯრედების და ორგანოებსა და კანის საფარში ნერვულ-რეცეპტორული მგრძობიარე დაბოლოებების გაღიზიანებით.

ეს დარღვევები ქრება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების შეწყვეტიდან 2-3 კვირის შემდეგ. სისტემატური ზემოქმედება იწვევს არამარტო მდგრად შედეგებს, არამედ იწვევს საშიშ დაავადებებს.

ადამიანზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების გამოვლენის კვლევები ადასტურებს შემდეგ ფაქტებს:

- ელექტრომაგნიტურმა გამოსხივებამ შეიძლება გამოიწვიოს: გულისცემის რითმის შენელება და სისხლის წნევის დაცემა, თავის ტკივილი, საერთო სისუსტე, შფოთიანი ძილი, კეფის არესა და საფეთქლების ნაწილში პულსაციისა და ბგერითი იმპულსების გაჩენა; ემოციური განწყობის ცვლილება, გაღიზიანებულობის მატება, აზროვნების ცვლილება და მესხიერების ნაწილობრივი დაკარგვა; მოულოდნელი აგრესიულობისა და სხვა ადამიანებთან უმიზეზოდ ურთიერთობის გარკვევის სურვილის გაჩენა და სხვ. არსებობს ჰიპოტეზა, რომ, თავდაპირველად ადამიანის ორგანოების გარემოსადმი ნეიტრალური ზოგიერთი ვირუსი გარემოს ფაქტორების ( გამოსხივება, რადიაცია და სხვ.) ზემოქმედებით ძალიან საშიში ინფექციების ვირუსად გარდაიქმნებიან.

- ადამიანზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ყველა ნეგატიური შედეგი ბოლომდე შესწავლილი არ არის. მაგალითად, ზუსტად არ არის დადგენილი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გავლენის ხარისხი მიკროორგანიზმების საერთო ბიოლოგიური აქტივობის ცვლილებაზე მათი დამასნებოვნებელ აგრესიულ შესაძლო გარდაქმნამდე, რომელიც საშიშია არამარტო ცალკეული ინდივიდუმებისათვის, არამედ მთელი ცივილიზაციისათვის. შემუშავებული არ არის ადამიანის მიერ გამოყენებული ყველა სავარაუდო წყაროს გამოსხივების საერთო, ინტეგრირებული, ზღვრული დასაშვები დონეები, რომლებიც მოქმედებს დასახლებული სივრცის სხვადასხვა ზონაში. დეტალურ დამუშავებას მოითხოვს დასახლებული სივრცეების (ქალაქებისა და სოფლების, აგრეთვე ყოველი შენობისა და ბინის) დაცვის მეთოდების სისტემები, აგრეთვე ადამიანის დაცვის ინდივიდუალური საშუალებები და უზრუნველყოფის მეთოდები.

ადამიანის ორგანიზმზე ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების შესწავლის შედეგად ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ ელექტრომაგნიტური ველები ადამიანის ჯანმრთელობისა და სიცოცხლისათვის საფრთხედ აღიარა. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ 0,2 მიკროტესლაზე ძლიერ მაგნიტურ ველში მყოფი 15 წლამდე ასაკის ბავშვები, 2,7-ჯერ უფრო ხშირად ავადდებიან ლეიკემიით, ხოლო თუ მაგნიტური ველი 0,3 მიკროტესლაზე ძლიერია, ბავშვები ავადდებიან 3,8-ჯერ უფრო ხშირად. ელექტროგადამცემი ხაზების ელექტრომაგნიტური ველების გავლენა იწვევს ბავშვებსა და მოზრდილებში სისხლისა და ტვინის კიბოს რიცხვის ზრდას. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის სტატისტიკა გვიჩვენებს, რომ კომპიუტერთან მუშაობისას ბავშვების მხედველობა უარესდება. 10 წლის ბავშვის სისხლსა და შარდში ნეგატიური ცვლილებები ჩნდება კომპიუტერთან მუშაობის დაწყებიდან 15-20 წუთის შემდეგ, 16 წლის ბავშვის შემთხვევაში 30-40 წუთის შემდეგ, ხოლო მოზრდილი ადამიანის შემთხვევაში— 2 საათის შემდეგ, ამასთან, მათი სისხლის შემადგენლობა ონკოლოგიურ ავადმყოფთა სისხლის შემადგენლობას უახლოვდება. ნეგატიური ცვლილებები ხდება აგრეთვე იმუნურ, ენდოკრინულ და ცენტრალურ ნერვულ სისტემებში.

არსებობს პირდაპირი კავშირი ავთვისებიანი წარმონაქმნების განვითარებაში იმ ადამიანებთან, ვინც მუდმივად მუშაობს ვიდეოდისპლეიან ტერმინალებთან, რადიოტელეფონებთან ან რადიოგადამცემებთან. ამერიკელ პოლიციელებს შორის დაფიქსირდა ტვინის კიბოთი დაავადების მაღალი რიცხვი, და ამის მიზეზი იყო გავლენა რადიოგადამცემების ელექტრომაგნიტური ველებისა, რომლითაც ისინი მუდმივად სარგებლობენ.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ყველაზე ძლიერ გავლენას ახდენს იმუნურ, ნერვულ, ენდოკრინულ და სასქესო სისტემაზე.

იმუნური სისტემა ამცირებს სისხლში დაცვითი ფუნქციის შემსრულებელი სპეციალური ფერმენტების გადასროლას, რაც იწვევს იმუნიტეტის უჯრედის სისტემის დასუსტებას. ენდოკრინული სისტემა იწვევს სისხლში დიდი რაოდენობით ადრენალინის გამოყოფას, შედეგად იზრდება დატვირთვა ორგანიზმის გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე. ხდება სისხლის შესქელება, რის გამოც უჯრედები ვეღარ იღებენ ჟანგბადის საჭირო რაოდენობას. შეიმჩნევა ადამიანის

გადიზიანებულობა, მალე დაღლა, მესხიერების დაქვეითება, ძილის დარღვევა, საერთო დაძაბულობა და მისთ.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის ექსპერტების დასკვნის მიხედვით, ელექტრომაგნიტური ველების, თუნდაც შედარებით დაბალი დონის, ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად ხშირია კიბოს დაავადებები, ქცევის ცვლილება, მესხიერების დაქვეითება, პარკინსონისა და ალცჰეიმერის დაავადებები, გარეგნულად ჯანმრთელი ადამიანის უეცარი სიკვდილის სინდრომი (ყველაზე ხშირად ეს შეიმჩნევა მეტროში, ელმავალში და მძლავრი ელექტროძალგის დანადგარის სიახლოვეს), სქესობრივი ფუნქციის დათრგუნვა, დიდ ქალაქებში თვითმკვლელობათა რაოდენობის გაზრდა და ბევრი სხვა ნეგატიური მდგომარეობა. განსაკუთრებით საშიშია ელექტრომაგნიტური ველების გავლენა დედის მუცელში განვითარებად ორგანიზმზე, ბავშვებზე, აგრეთვე ალერგიით დაავადებულ ადამიანებზე.

50 ჰც სიხშირის ელექტრული ველის მოქმედება მულავენდება ელექტრული განმუხტვისას მტკივნეული შეგრძნებით, თუ გადინების დენი 50 მკა-ს აღემატება. დაბალი სიხშირის ელექტრული ველის ქრონიკული ზემოქმედებისას მულავენდება როგორც სუბიექტური მოშლილობა (თავის ტკივილი, მოთენთილობა, ძილიანობა ან უძილობა, გადიზიანებულობა, გულის არეში ტკივილი), ისე პერიფერიული სისხლის ფუნქციური დარღვევები. სამწუხაროდ, ქალაქარეთ მაცხოვრებელი ადამიანებიც ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ქვეშ იმყოფებიან. დედამიწის ზედაპირი თავის თავში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ბევრ წყაროს მოიცავს, რომლებიც გავლენას ახდენს ცოცხალი ორგანიზმების ჯანმრთელობაზე. ასეთ ბუნებრივ წყაროებს გეოპათოგენური ზონები ეწოდება. ასეთ ზონებში ადამიანის დიდხანს ყოფნა ისეთივე შედეგს იწვევს, როგორსაც ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროსთან ახლოს. გეოპათოგენური ზონების სტრუქტურა რთულია და პოლიმორფული. დადგენილია მათი წარმოქმნის რამდენიმე მიზეზი: სხვადასხვა დონეებზე გამავალი წყალქვეშა წყლების ნაკადების გადაკვეთა, გეოლოგიური გადანატეხები, სასარგებლო და უსარგებლო წიაღისეულის ბუდობი.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია თვლის, რომ თანამედროვე ელექტრომაგნიტური გამოსხივება და მისი მოქმედება მოსახლეობაზე უფრო

საშიშა, ვიდრე ნარჩენი ბირთვული მაიონიზირებელი გამოსხივება. საკითხი აღიარებულია იმდენად აქტუალურად, რომ "ელექტრონული სმოგის" პრობლემა ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ ადამიანის ჯანმრთელობაზე ზემოქმედების საშიშროების მიხედვით პირველ ადგილზე დააყენა.

ევროკავშირის ქვეყნების არაიონიზირებელი გამოსხივებისგან დაცვის საერთაშორისო კომისია ყველა სახელმწიფოს მთავრობას აძლევს რეკომენდაციას ყველაზე ეფექტური პროფილაქტიკური და ტექნიკური საშუალებები და ღონისძიებები "ელექტრომაგნიტური სმოგის" მოქმედებისაგან მოსახლეობის დაცვისათვის.

ემგ-ის ნეგატიური მოქმედება პირველ რიგში აისახება ნერვულ, ენდოკრინულ და გულ-სისხლძარღვთა სისტემებზე. ემგ-ის შეუმჩნეველი მოქმედება ყოველწამიერად მოქმედებს ადამიანის თვალსა და ტვინზე, კუჭნაწლავის ტრაქტზე, იმუნურ და სასქესო სისტემებზე, სისხლწარმოქმნელ ორგანოებზე და აყენებს გამოუსწორებელ ზიანს.

**კანში ცილის ცვლილებები.** კვლევაში მონაწილე მოხალისე ქალები ერთი საათის განმავლობაში დასხივდნენ ფიჭური ტელეფონის საშუალებით ელექტრომაგნიტური გამოსხივებით 900 მილიჰენრი (ჰენრი – ინდუქტიურობის საზომი ერთეული SI სისტემაში). ექსპერიმენტის შემდეგ მეცნიერებმა მათი კანიდან ამოიღეს კანის უჯრედები გამოსაკვლევად რაიმე სტრესული რეაქციის აღმოჩენის მიზნით. მათ გამოიკვლიეს 580 სხვადასხვა ცილა და იპოვეს 2, რომლებსაც არსებითად შეესო დასხივება ( ერთი იყო 89%-ით გაზრდილი, მეორე კი 32%-ით შემცირებული). წყარო – ჟურნალი «NewScientist» 23.02.2008.

**თავის ტვინის უჯრედების გაღიზიანებულობა.** მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ფიჭური ტელეფონების მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ველი იწვევს ტვინის ქერქში ზოგიერთი უჯრედის ( თავის იმ მხარის მოსაზღვრე ნაწილში, სადაც გამოიყენება ტელეფონი) ძლიერ აღგზნებას 1 საათით, მაშინ როდესაც სხვა უჯრედები ითრგუნება. წყარო – «Health24». 27.06.2006.

**თავის ტვინის უჯრედების დაზიანება.** ვირთხის ტვინზე ფიჭური ტელეფონის სისშირის ეფექტების კვლევამ აჩვენა ტვინის სხვადასხვა ნაწილებში, ქერქის ჩათვლით, ნეირონების ( თავის ტვინის უჯრედები) დაზიანება. წყარო – ბიულეტენი «Перспективы Экомедицины», 2003 წ. იენისი.

**ДНК-ს დაზიანება.** გერმანელმა მეცნიერებმა შეისწავლეს ცხოველებისა და ადამიანის უჯრედებზე რადიაციის ეფექტი. მას შემდეგ, რაც უჯრედები მოათავსეს ფიჭური ტელეფონის ელექტრომაგნიტურ ველში – მათ ДНК-ში მოხდა წყვეტების გაზრდა, რომლებიც ყველა შემთხვევაში ვერ აღდგა. ეს დაზიანებები შეიძლება გადაეცეს მომავალ უჯრედებს, რომლებიც, თავის მხრივ, შეიძლება გადაიზარდოს ავთვისებიანში. წყარო - «USA Today», 21.12.2004.

ადამიანის უჯრედებს გააჩნია მექანიზმები, რომლებიც ДНК-ზე მიყენებული ზიანის ნაწილობრივად ანაზღაურების საშუალებას იძლევა, მაგრამ ელექტრომაგნიტური გამოსხივება აზიანებს ამ მექანიზმებს. დაზიანებული ДНК იწვევს ერთდროულად რამდენიმე დაავადებას, სხვადასხვა ტიპის კიბოს ჩათვლით.

**ლეიკოზის უჯრედების აგრესიული ზრდა.** იტალიელმა მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ლეიკოზის უჯრედები 48 საათის განმავლობაში ფიჭური ტელეფონის სიხშირის (900 მჰ) ელექტრომაგნიტური სხივების ზემოქმედებით უფრო აქტიურად იწყებს გამრავლებას. წყარო-«NewScientist», 24 .10. 2002.

### **სისხლის მაღალი წნევა.**

გერმანელი მკვლევარები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ ფიჭური ტელეფონის ერთჯერად გამოყენებას 35 წუთის განმავლობაში შეუძლია სისხლის წნევის მომატება 5-10 მმ-ით.

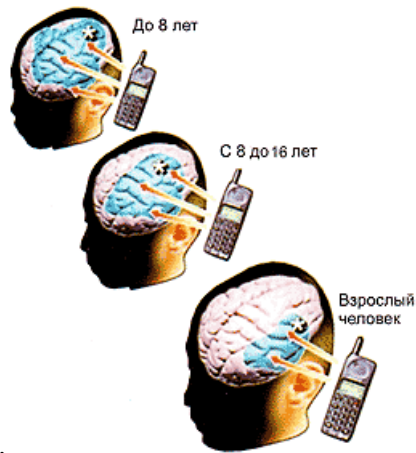
წყარო –”ლანცეტი”, 20.06.1998.

### **ელექტრომაგნიტური გამოსხივების არახელსაყრელი ზემოქმედება**

ჩამოთვლილია ზოგიერთი პათოლოგიური (ავადმყოფობის გამომწვევი) ეფექტი, რომელსაც იწვევს ელექტრომაგნიტური გამოსხივება.

**სანერწყვე ჯირკვლის კიბო.** ისრაელის მკვლევარებმა დაადგინეს, რომ ადამიანები, რომლებიც თვეში 22 საათის ან მეტი დროის განმავლობაში იყენებენ ფიჭურ ტელეფონს, 50%-ზე მეტი ალბათობით დაავადდებიან სანერწყვე ჯირკვლის კიბოთი, ვიდრე ისინი, ვინც ფიჭურ ტელეფონს იშვიათად ან საერთოდ არ ხმარობს. წყარო-«Health24»,19.02.2008.

**ტვინის სიმსივნე.** მეცნიერთა აზრით ფიჭური ტელეფონის გამოყენება 10 წელზე მეტი დროის განმავლობაში ამაღლებს გარკვეული ტიპის ტვინის სიმსივნის წარმოქმნის რისკს. წყარო - «News24»,3.10.2007.



ნახ. 60. ფიჭური ტელეფონის ზემოქმედება ტვინის ბიორითმებზე ორგანიზმის ქსოვილები არაა ერთგვაროვანი. მაგალითად, თავის ტვინში არის ქსოვილის უბნები, რომლებსაც მაღალი გამტარობის გამო ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მნიშვნელოვნად მაღალი ენერჯის შთანთქმის უნარი გააჩნია, ვიდრე მეზობელ ქსოვილებს.

**ლიმფური სისტემის კიბო და ძვლის ტვინის კიბო.** ტასმანიის უნივერსიტეტისა და ბრისტოლის უნივერსიტეტის მკვლევარებმა შეისწავლეს ავადმყოფობის ისტორიები 850 პაციენტისა, რომლებსაც დადგენილი ჰქონდათ ძვლის ტვინის ან ლიმფური სისტემის სიმსივნური წარმონაქმნების დიაგნოზი. შესწავლის შედეგად მივიდნენ დასკვნამდე, რომ ადამიანებისათვის, რომლებიც ცხოვრობენ დიდი ხნის განმავლობაში ( განსაკუთრებით ბავშვობაში) ცხოვრობენ მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზებიდან 300 მეტრის საზღვრებში, 5-ჯერ მაღალია მოგვიანებით აღნიშნული დაავადებების განვითარების ალბათობა. წყარო - «Журнал внутренних болезней», 2007 წ. სექტემბერი, «Physorg.com», 24.08. 2007.

**თვითმკვლელობა.** ამერიკელმა მკვლევარებმა აღმოაჩინეს ელექტრობასთან დაკავშირებული ტექნიკური ობიექტების მომსახურე 5000 მუშას შორის, რომლებიც განიცდიდნენ ზემოქმედებას სისხლის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებას, თვითმკვლელობის ტემპის ზრდა ორჯერ უფრო მაღალი იყო, ვიდრე იგივე რაოდენობის საკონტროლო ჯგუფის წევრებში. ეფექტი განსაკუთრებით ძლიერია ახალგაზრდა მუშებში. წყარო - «Журнал Профессиональной и Экологической Медицины», 15.03. 2000.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებით გამოწვეულ დაავადებათა ჩამონათვალი: ალცგიმერის დაავადება, ტვინის კიბო (მოზრდილიდა ბავშვი), სარძევე ჯირკვლის კიბო, დეპრესია (სუიციდური მიდრეკილებებით), გულის დაავადებები, მუცლის მოშლა, ალერგია, აუტიზმი, სისხლისმალაღი წნევა, ელექტრომგრძობიარობა, თავის ტკივილები, ჰორმონალური ცვლილებები, იმუნური სისტემის დაზიანება, ნერვული სისტემის დაზიანება, ძილის დარღვევა.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივება მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმში მელატონინის წარმოქმნის პროცესზე. დადგენილია, რომ მელატონინის დაბალი დონე რამდენიმე დაავადებასთან (მათ შორის სიმსივნურ წარმონაქმნებთან ) არის დაკავშირებული. ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ასევე მოქმედებს ორგანიზმში სერატონინის წარმოქმნაზე.

ადამიანის ორგანიზმის სომატური უჯრედები ერთმანეთს ელექტრული სიგნალებით უკავშირდებიან. ელექტრომაგნიტური გამოსხივება სხეულში ელექტრული ნაკადების წარმოქმნით ცვლის ამ სიგნალებს, რითაც იწვევს ცვლილებებს როგორც უჯრედების საქმიანობაში (არღვევს უჯრედებს შორის კავშირს), ისე უჯრედების სტრუქტურაში.

ჯანმრთელობაზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების მექანიზმი სრულად არ არის შესწავლილი.

ადამიანის ჯანმრთელობაზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მავნე ზემოქმედება დამოკიდებულია:

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობაზე, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედების კუმულაციაზე, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედების ხანგრძლივობაზე, ელექტრო-მამოძრავებელი ძალის სიხშირეზე.

ადამიანზე ძლიერ მოქმედებას იწვევს ძლიერი ელექტრომაგნიტური ტალღების მოქმედების ზონაში ხანმოკლე მოხვედრაც კი. დღის განმავლობაში სხვადასხვა ელექტროსელსაწყოსთან მუშაობისას მათი ელექტრომაგნიტური ველების კომბინაცია ამცირებს სხეულის დაცვითუნარიანობას და აზიანებს დაცვის მექანიზმებს. სხვადასხვა სიხშირის ელექტრომაგნიტური ტალღა სხვადასხვა ნეგატიურ ეფექტს იწვევს.



ჯანმრთელობისთვის ადამიანის მიერ შექმნილი მაღალი დონის ელექტრომაგნიტური ველების მიერ შექმნილი საფრთხეები რეალობას წარმოადგენს.

#### **11.34. რისკის ჯგუფები ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებისას**

ყველა, ვინც განიცდის ელექტრომაგნიტურ დასხივებას, გარკვეულწილად, ჯანმრთელობისათვის რისკის ჯგუფს მიეკუთვნება.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების უსაფრთხო დონე არ არსებობს, არც დაბალი სიხშირებისათვის და არც რადიო/მიკროტალღური ველებისათვის. ელექტრომაგნიტური დასხივების ერთი და იგივე დოზის მიღებისას ბიოლოგიური თავისებურებების გამო სხვადასხვა ორგანიზმი სხვადასხვანაირად ზიანდება.

**ბავშვები** ამადლებული რისკის ჯგუფს რამდენიმე მიზეზის გამო მიეკუთვნება. ბავშვები ბიოლოგიურად უფრო მგრძობიარენი არიან – მათი თავის ქალა უფრო თხელია, ქსოვილები კი, ტვინის ჩათვლით – ბოლომდე განვითარებული არაა. ბავშვები ზრდასრული ადამიანებთან შედარებით ელექტრომაგნიტური რადიაციის უფრო მაღალ დოზებს ღებულობენ და აგროვებენ, რამდენადაც ქვეყანას იმ დროს მოეგლინენ, როდესაც ელექტრომაგნიტური დაბინძურების დონე გაცილებით მაღალია, ვიდრე მათი მშობლების ახალგაზრდობის დროს. ბავშვები დამატებითი საფრთხის ქვეშ არიან, რადგანაც ვერ აკონტროლებენ ფიჭური ტელეფონის გამოყენებას, კომპიუტერზე თამაშის ან ტელევიზორის ყურების ხანგრძლივობას. გარდა ამისა ბავშვები ახლოს სხდებიან ტელევიზორის ეკრანთან.

**ფეხმძიმე ქალები** ელექტრომაგნიტური ველებისგან თავისი რისკის შეფასებისას განსაკუთრებულად კონსერვატულნი უნდა იყვნენ, რამდენადაც ემბრიონში ნებისმიერმა უჯრედულმა დაზიანებამ შეიძლება გაზარდოს ბავშვისათვის ნეგატიური შედეგები. ფეხმძიმე ქალმა მაქსიმალურად უნდა აარიდოს თავი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზონაში მოხვედრას.

**დიეტაზე მყოფი ადამიანები.** ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ბიოლოგიური სტრესის მსგავსად იზოლირებულად არ მოქმედებს. ელექტრომაგნიტური დაძაბულობის ჯამური ეფექტი უერთდება ბიოლოგიურ სტრესებსა და ცხოვრების წესის ფაქტორებს. კვების რეჟიმი და ყოველდღიური რაციონი ძალიან მნიშვნელოვანია, რამდენადაც ელექტრომაგნიტური რადიაციით გამოწვეული ზიანი

დიდია, და იმისათვის, რომ სხეულს შეეძლოს აღდგენა, აუცილებელია სწორი, სრულფასოვანი კვება.

**ადამიანები, ქრონიკული დეგენერაციული დაავადებებით.**  
ქრონიკული დაავადების შემთხვევაში სხეული ცდილობს მთელი თავისი რესურსები და ენერჯია გამოიყენოს განკურნებისათვის, ამიტომ ის ვერ შეძლებს საკმარისი ენერჯიის დაზოგვას ელექტრო- მაგნიტური გამოსხივებით მიყენებული ზიანის აღსადგენად.

**მაღალი რისკის ჯგუფი.** ამ ჯგუფს მიეკუთვნებიან ადამიანები, რომლებიც პროფესიის სპეციფიკისა და სამუშაოს პირობების გამო სხვებთან შედარებით მეტად განიცდიან ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებას. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება:

- ელექტრომანქანების ( კომპიუტერი, ნოუტბუქი, ელექტროღუმელი, საკერავი მანქანა) უშუალო სიახლოვეს მომუშავე ადამიანები;

ადამიანები, რომლებიც მუშაობენ ძლიერ ელექტრომაგნიტური ველებთან – შემდუღებლები, ელექტრიკოსები, მეტრის მუშები, ფიჭური კავშირისკომპანიის ტექნიკური მუშაკები, ელექტრომატარებლის მძღოლები, რამდენადაც ისინი იმყოფებიან შრომის საშემ პირობებში და მკაცრად უნდა დაიცვან უსაფრთხოების ტექნიკის ყველა ინსტრუქცია.

**საყოფაცხოვრებო ელექტროტექნიკის აქტიური მომხმარებლები.**

ადამიანები, რომლებიც ფიჭურ ტელეფონზე (ყურთან მიჭერისას) საუბარს დღეში 10 წუთზე მეტს ანდომებს, ან დგას მიკროტალღური ღუმლის ან მაღალი ინტენსივობის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მქონე სხვა ელექტროხელსაწყოთა გვერდით, განსაკუთრებით თუ ამას აკეთებს ყოველდღიურად მრავალი წლის განმავლობაში.

**ადამიანები, რომლებიც ცხოვრობენ მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების სიახლოვეს.** ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ყველა, ვინც რამდენიმე (ხუთი) ან მეტი წლის (განსაკუთრებით ბავშვები) ცხოვრობს ელექტროგადამცემი ხაზების ან ფიჭური კავშირის ანძის მოქმედების დიაპაზონის ფარგლებში. დიაპაზონი დამოკიდებულია ელექტრომაგნიტური ველის ძალაზე დაგავრცელების ზონაზე. ელექტროგადამცემი ხაზების უმეტესობისათვის უსაფრთხო დაშორებაა 400მ და მეტი. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების დონის გამზომი ხელსაწყოა ფლუქსმეტრი.

ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედებას რადიაციის ზემოქმედების მსგავსად ადამიანი ვერ გრძნობს, თუმცა ეს ზემოქმედება საკმაოდ ძლიერია – “ელექტრომაგნიტური სმოგი” 5 წლით მაინც ამცირებს ელექტრომაგნიტური ველის ზონაში მცხოვრები ადამიანის სიცოცხლეს.

ადამიანის ორგანიზმი ყოველთვის რეაგირებს ელექტრომაგნიტურ ველზე. თუმცა, იმისათვის, რომ ეს რეაქცია გადაიზარდოს პათოლოგიაში და გამოიწვიოს დაავადება, უნდა მოხდეს თანხვედრა მთელი რიგი პირობების – მათ შორის, ველის მაღალი დონისა და დასხივების ხანგრძლივობა. ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური ეფექტი ხანგრძლივი, მრავალწლიანი ზემოქმედების პირობებში გროვდება, შედეგად შესაძლებელია შორეული შედეგები, ცენტრალური ნერვული სისტემის დეგენერაციული პროცესების, ლეიკოზის, ტვინის სიმსივნის, ჰორმონალური დაავადებების ჩათვლით.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების შეუმჩნეველი გავლენა ყოველწამიერად გამოუსწორებელ ზიანს აყენებს ადამიანის თვალებსა და ტვინს, კუჭნაწლავის ტრაქტს, იმუნურ, შარდსადენ და სასქესო სისტემებს, სისხლწარმომქმნელ ორგანოებს.

### 11.35. რეკომენდაციები

ბინაში სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის პოტენციურ არახელსაყრელ წყაროებს მიეკუთვნება: ზოგიერთი ტიპის “თბილი იატაკი”, გამახურებლები, ტელევიზორები, სიგნალიზაციის ზოგიერთი სისტემა, სხვადასხვა დამმუხტავი მოწყობილობა, დენის გამმართველები და გარდამქმნელები. საძინებელი ადგილი არანაკლებ 2 მ-ით უნდა იყოს დაშორებული ამ ხელსაწყოებიდან იმ შემთხვევაში, თუ ისინი ჩართულია.

ბინაში საყოფაცხოვრებო ტექნიკის განთავსებისას საჭიროა შემდეგი პრინციპებით ხელმძღვანელობა:

საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოები უნდა განთავსდეს დასვენების ადილებიდან შეძლებისდაგვარად დაშორებით;

საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოები არ უნდა განლაგდეს ერთმანეთთან ახლოს;

დაუშვებელია საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოების ერთიმეორეზე დადება.

ელექტრონულ ხელსაწყოები, ანტენები, ტრანსფორმატორები და ტექნიკის სხვა საგნები ქმნიან ელექტრომაგნიტურ ველს, რომელსაც, თავის მხრივ, აქვს მაგნიტური და ელექტრული დაძაბულობა. ასეთ ველში მოხვედრისას ადამიანზე მოქმედებს უხილავი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება. ზემოქმედება ხდება უშუალოდ სისხლზე, რამდენადაც სისხლი ელექტროლიტია. სისხლში წარმოიქმნება იონური დენები, რომლებიც თავის მხრივ ახურებს ნერვულ ქსოვილებს. ორგანიზმი დებულობს სითბოს, რომელსაც ის ვერ უმკლავდება – განსაკუთრებით მგრძობიარეა ორგანოები, რომელთაც სუსტად განვითარებული სისხლძარღვოვანი სისტემა აქვთ. ზიანდება ტვინი, კუჭი, მხედველობის ორგანოები, ნივთიერებათა ცვლისა და ნერვული სისტემები. ყველაზე გავრცელებული შედეგებია: სწრაფად დაღლა, გულის არეში ტკივილები, თვალის ბროლის ამღვრევა.

საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოების ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედებისაგან უნდა დავიცვათ პირველ რიგში ბავშვები და ფეხმძიმე ქალები: მოზარდები და სუსტი ორგანიზმები ბევრად უფრო მგრძობიარენი არიან ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედების მიმართ. ირგვლივმყოფნი რომ დავიცვათ ელექტრომაგნიტური ველებისგან, კომპიუტერიანი სამუშაო მაგიდა უმჯობესია კედელთან დაიდგას, მიკროტალღურ ღუმელზე კი უარი უნდა ვთქვათ და შევამციროთ მობილური ტელეფონით საუბრის ხანგრძლივობა.

### **11.36.1. ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის წესები**

**წესი 1.** ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის ყველაზე მნიშვნელოვანი წესია გამოსხივების წყაროდგე მანძილის გაზრდა. რეკომენდებული დაშორების მანძილი დამოკიდებულია წყაროს ინტენსივობაზე. მაგალითად:

- ელექტროგადამცემი ხაზისათვის და ფიჭური კავშირის ანძისათვის რეკომენდებულია 25 მ;
- კომპიუტერის მონიტორიდან 30 სმ;
- ელექტრული საათიდან 5 სმ;
- ფიჭური ტელეფონიდან 2,5 სმ

**წესი 2.** თუ ვერ აიცდენთ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედებას, შეეცადეთ მის მაქსიმალურად შეზღუდვას!

**წესი 3.** ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის ზოგადი წესი:

თუ ნამდვილად არ არის ხელსაწყოთა ჩართვის აუცილებლობა, ნუ ჩართავთ!  
ელექტროგადამცემი ხაზიდან დაშორება უნდა იყოს არანაკლებ 400 მ;  
სატრანსფორმატორო შენობიდან, ტექნიკური ქვესადგურიდან არანაკლებ 5-10 მ.  
ოპტიმალური დაშორება ფიჭური კავშირის ანძიდან 400 მ;

### 11.36.2. საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების გამოსხივებისაგან დაცვა

ზოგიერთ საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ძალიან გავრცელებულ სახეს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების საკმაოდ მაღალი დონე აქვს. ისინი უნდა დაიდგას ადამიანებისგან შეძლებისდაგვარად მოშორებით, ხოლო მათთან კონტაქტი უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად ხანმოკლე. მაგალითად, გადასატან ფენს აქვს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მაღალი დონე, მაგრამ ფენით დღეში მხოლოდ ერთი წუთის განმავლობაში სარგებლობის შემთხვევაში ადამიანი სერიოზულ ზემოქმედებას არ განიცდის, მაგრამ პარიკმახერი, რომელიც მთელი დღის განმავლობაში ერთი საათი მაინც სარგებლობს ფენით, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ძლიერ ზემოქმედებას განიცდის. იგივე შეიძლება ითქვას ელექტროსაკერავ მანქანაზე.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მაგნიტური მდგენელი (ნაწილი) ადვილად გააღწევს კედელში. ამიტომ ყურადღება უნდა მიექცეს იმას, თუ რა იმყოფება კედლის მეორე მხარეს.

### 11.36.3. რეკომენდაციები მობილური ტელეფონით სარგებლობისას

მობილური კავშირი საერთოდ არ არის რეკომენდებული ბავშვებისათვის და 16 წლამდე მოზარდებისათვის, რამდენადაც ბავშვის თავის ქალის ძვლები უფრო თხელია, ხოლო მისი ტვინი მხოლოდ ვითარდება.

მობილური ტელეფონის ტარება დასაშვებია ჩანთით, მაგრამ არა შარვლის ჯიბით, ისე, რომ მობილურის ანტენა იყოს რაც შეიძლება ადამიანისგან დაშორებით, მისკენ დისპლეის მხრიდან.

ლოდინის რეჟიმში მობილური თითქმის არ გამოასხივებს, მაგრამ ზონაში, სადაც ქსელის მოქმედება არ ვრცელდება, მობილური დროდადრო ჩართავს მიძღებს თავისი ქსელის განსაზღვრისათვის, და ასე გრძელდება მანამ, სანამ არ აღდგებამასთან კავშირი, და ამით დამასხივებელ მოქმედებას ახდენს ადამიანზე.

მობილურით სარგებლობისას რეკომენდებულია შეძლებისდაგვარად ჩუმად საუბარი, რამდენადაც ხმაამაღლობის მომატებისას ავტომატურად იზრდება გამოსხივების სიმძლავრე.

რეკომენდებული არაა მობილური ტელეფონით სარგებლობა ტრამვაიში, ტროლეიბუსში, მაღალი ძაბვის გადამცემი ხაზების სიახლოვეს, ე.ი. იქ, სადაც შესუსტებულია ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ველი. ასე, მაგალითად იაპონიაში აკრძალულია მატარებლის კუპეში მობილური ტელეფონით საუბარი. როდესაც ადამიანი მობილური ტელეფონით საუბრობს, ზუსტად ისეთივე ინტენსივობით დასხივდება მისი მეზობელი. გამოძახების მომენტში დაუშვებელია მობილური ტელეფონის მიტანა ყურთან, რადგან ამ დროს ტელეფონის გადამცემის სიმძლავრე მაქსიმალურია. ძილის დროს რეკომენდებულია მობილური ტელეფონის გამორთვა. მობილური ტელეფონი ლოდინის რეჟიმში მუშაობის დროსაც კი მოქმედებს ადამიანზე, არღვევს ძილის სწრაფ და შენელებულ ფაზებს. იმ ადგილებში, სადაც ცუდია ფიჭური კავშირი, მიზანშეწონილია მობილური ტელეფონის საერთოდ გამორთვა.

#### **11.36.4. საყოფაცხოვრებო ტექნიკა და ექსპლუატაციისას უსაფრთხოების ღონისძიებები**

საყოფაცხოვრებო ტექნიკის ექსპლუატაციისას რეკომენდებულია შემდეგი დაშორება:

მიკროტალღური ღუმელი – 1,5 მ;

მტვერსასრუტი – 60 სმ;

ელექტროქურა – 30 სმ;

მაცივარი – 30 სმ – 1,5 მ;

ელექტრული ჩაიდანი – 25 სმ;

სარეცხი მანქანა – 40 – 60 სმ;

ჭურჭლის სარეცხი მანქანა – 40 სმ;

ტელევიზორი – 1,5 – 2 მ;

ელექტროუთო – 20 სმ;

კონდიციონერი – 1,5 მ.

რეკომენდებულია შემდეგი ღონისძიებების გატარება:

1. განსაკუთრებით მავნე ხელსაწყოების განთავსება მაქსიმალურად უსაფრთხო დაშორებით ადამიანების ხანგრძლივად ყოფნისა და დასვენების ადგილებიდან, განსაკუთრებით ბავშვების. ვერც კედლები და ვერც ტიხრები ვერ დაიცავს ადამიანს ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან. მხოლოდ დაშორება იცავს ადამიანს ემგ-გან.

2. თავის შეკავება მძლავრი ელექტროხელსაწყოების შექენისგან. რაც უფრო დაბალია ელექტროხელსაწყოს სიმძლავრე, მით უფრო სუსტია მისი გამოსხივება.

3. არაა რეკომენდებული რამდენიმე მძლავრი ელექტროხელსაწყოს, მაგალითად, სარეცხი მანქანის, მიკროტალღური ღუმლის და მტვერსასრუტის ერთდროულად ჩრთვა.

4. არაა რეკომენდებული მძლავრი ელექტროხელსაწყოების ჩასართავად დამაგრძელებლის გამოყენება. ყურადღება უნდა მიექცეს, რომ დამაგრძელებლის სადენები არდაეწყოს რგოლებად და მარყუებად.

5. საძინებელ ოთახში ყველა ელექტროხელსაწყოს გამორთვა.

ემგ-ის შესუსტება რამდენადმე შეუძლია ეკრანებს, მაგრამ მეტალისაგან დამზადებული ეკრანი არღვევს ბუნებრივ ელექტრომაგნიტურ ფონს, რომელსაც ადამიანი შეეგუა მრავალი მილიონი წლის განმავლობაში.

### **11.37. მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პრინციპები**

უკანასკნელ ხანებში აქტუალური გახდა ადამიანზე ელექტრომაგნიტური ველების– ელექტრომაგნიტური სმოგის აგრესიული ზემოქმედების პრობლემა. ბიოლოგიურ ორგანიზმს, რომელსაც გენეტიკურად არ აქვს შესაბამისი ადაპტაციური მექანიზმი, არ შეუძლია ტექნოგენურ გამოსხივებასთან ადაპტირება. ყველა შესაძლო საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებმა, ფართოდ გავრცელებულმა ინდივიდუალურმა მობილურმა კავშირმა, უსადენოინტერნეტმა, ტელემაუწყებლობამ ადამიანის ცხოვრება არამარტო კომფორტული და ინფორმაციულად გაჯერებული გახადა, არამედ ძალზე ნეგატიური ზეგავლენაც მოახდინა მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე. ეს თვალთ უხილავი დაამიტომ კიდევ უფრო საშიში საფრთხი ადამიანის ცხოვრების განუყოფელი ნაწილი გახდა. ყველაზე მეტად ეს ეხება მეგაპოლისების მაცხოვრებლებს. განსაკუთრებულ საფრთხეს

ქმნის მობილური ტელეფონი, ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გენერატორი, რომელიც გამოყენების შემთხვევაში უშუალო კონტაქტშია ადამიანის ორგანიზმთან.

ელექტროგადამცემი ხაზების ელექტრომაგნიტური ველისგან მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის ძირითადი პრინციპი მდგომარეობს ელექტროგადამცემი ხაზებისათვის სანიტარიულ-დამცავი ზონების დადგენაში და საცხოვრებელს შენობებსა და ადამიანების შესაძლო ხანგრძლივად ყოფნის ადგილებში ელექტრული ველის დაძაბულობის შემცირებაში დამცავი ეკრანების გამოყენების გზით.

ელექტროგადამცემი ხაზებისათვის სანიტარიულ-დამცავი ზონების საზღვრები განისაზღვრება ელექტრული ველის დაძაბულობის კრიტერიუმის მიხედვით- 1კვ/მ. ულტრამაღალი ძაბვის (750 და 1150 კვ) საჰაერო ხაზების განთავსებას დამატებითი მოთხოვნები წაყენება მოსახლეობაზე ელექტრული ველის ზემოქმედების პირობების მიხედვით. ასე, მაგალითად, დაპროექტებისას 750 და 1150 კვ ძაბვის საჰაერო ხაზების ღერძიდან დასახლებული პუნქტის საზღვრამდე მანძილი, როგორც წესი, უნდა იყოს არანაკლებ 250 და 300 მ შესაბამისად.

**ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოება** არის ორგანიზაციულ და ტექნიკურ ღონისძიებათა სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ადამიანთა დაცვას ელექტრომაგნიტური ველის მავნე და საშიში მოქმედებისაგან. ამ სისტემაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ელექტრომაგნიტური ველების ზღვრული დასაშვები დონეების დაცვას. ნორმირების მეთოდოლოგია მოიცავს ჰიგიენურ კვლევას, კლინიკურ დაკვირვებას, დროებითი შრომისუუნარობით ავადმყოფობის ანალიზს, მოზიდულ მოხალისეთა კვლევას და ცხოველებზე ექსპერიმენტებს.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ბიოლოგიურად დაფუძნებული ზღვრული დასაშვები დონის დადგენა ხანგრძლივი პროცესია. ტექნიკის განვითარების ტემპის გათვალისწინებით შეიძლება პროგნოზირება, რომ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროების განვითარება წინ გაუსწრებს ზდდ-ის რეგლამენტირების პროცესს.

ცხრილი № 20

ელექტროგადამცემი ხაზის ელექტრული ველის ზემოქმედების დასაშვები დონეები

ზდდ, კვ/მ	დასხივების პირობები
0,5	საცხოვრებელი შენობის შიგნით
1,0	საცხოვრებელი განაშენიანების ზონის ტერიტორიაზე
5,0	საცხოვრებელი განაშენიანების ზონის გარეთ დასახლებულ ადგილზე



	(ქალაქის საზღვრებში მოქცეული მიწები 10 წლის პერსპექტიული განვითარების ფარგლებში, ქალაქის გარეუბნები და მწვანე ზონები, კურორტები, ქალაქის ტიპის დაბების და სოფლის მიწები ამ პუნქტების ფარგლებში), აგრეთვე ბოსტნებისა და ბაღების ტერიტორიაზე;
10,0	I–IV კატეგორიის საავტომობილო გზებთან ელექტროგადამცემი საჰაერო ხაზების გადაკვეთის უბნებზე;
15,0	დაუსახლებელ ადგილზე (გაუშენებელი ადგილები, სადაც შეიძლება ხშირად იმყოფებოდნენ ადამიანები და ტრანსპორტი, და სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები
20,0	ძნელადმისაწვდომი ადგილები ( ტრანსპორტისა და სასოფლო-სამეურნეო მანქანებისათვის მიუწვდომელი) და უბნებზე, რომლებიც სპეციალურად არის შემოღობილი მოსახლეობის შესვლის თავიდან აცილების მიზნით

საჰაერო ხაზების სანიტარიულ-დამცავი ზონის ფარგლებში აკრძალულია:

საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობებისა და ნაგებობის განლაგება;  
 ყველა სახის ტრანსპორტისათვის სადგომისა და გასაცვრებელი ბაქნის მოწყობა;  
 ავტომობილების მომსახურების საწარმოებისა და ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების საწყობების განლაგება;  
 საწვავთან ოპერაციების, მანქანებისა და მექანიზმების სარემონტო სამუშაოების ჩატარება.

სანიტარიულ-დამცავი ზონის ტერიტორიის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულად გამოყენება ნებადართულია, თუმცა ამ ტერიტორიაზე ნებადართულია ისეთი კულტურების მოყვანა, რომელიც არ მოითხოვს ხელით შრომას.

იმ შემთხვევაში, თუ სანიტარიულ-დამცავი ზონის ფარგლებს გარეთ რომელიმე უბანზე ელექტრული ველის დაძაბულობა ზღვრულ დასაშვებ დონეს აღემატება 0,5 კვ/მ შენობის შიგნით და 1 კვ/მ –ზე მაღალი საცხოვრებელი ზონის ტერიტორიაზე, საჭიროა ღონისძიებების გატარება დაძაბულობის შესამცირებლად. ამისათვის არამეტალური ბურულის შენობის სახურავზე უნდა განთავსდეს პრაქტიკულად ნებისმიერი მეტალური ბადე, რომელიც ჩამიწებული უნდა იყოს არანაკლებ ორ წერტილში.

მეტალური სახურავიან შენობაში საკმარისია ბურულის ჩამიწება არანაკლებ ორ წერტილში. საკარმიდამო ნაკვეთზე და ადამიანთა ყოფნის სხვა ადგილებში სამრეწველო სიხშირის ველის დაძაბულობა შეიძლება შემცირდეს დამცავი ეკრანების, მაგალითად რკინაბეტონის, მეტალის ღობეების, გვარლური ეკრანის, ხეების ან არანაკლებ 2მ სიმაღლის ბუჩქების სახით.

### 11.38. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სანიტარიულ-ჰიგიენური ნორმირება

სანიტარიულ-ჰიგიენური ნორმების თანახმად ელექტრული ველით დასხივება რეგლამენტირდება დაძაბულობის სიდიდისა და მოქმედების ხანგრძლივობის მიხედვით.

ცხრილი №21

ელექტრულ ველში დაცვის საშუალებების გარეშე მომუშავეთა ყოფნის დასაშვები ხანგრძლივობა და ველის დაძაბულობის დონე

№	ელექტრული ველის დაძაბულობა, კვ/მ	დღე-ღამის განმავლობაში ელექტრულ ველში ადამიანის ყოფნის დასაშვები ხანგრძლივობა, წთ
1.	5	შეუზღუდავად
2.	10	180
3.	15	90
4.	20	10
5.	25	5

შენიშვნა: 2,3,4 და 5 პუნქტების შესაბამისი ნორმატივები სამართლიანია, თუ:

- ა) დანარჩენი დროის განმავლობაში ადამიანი იმყოფება ადგილებში, სადაც ელექტრული ველის დაძაბულობა  $\leq 5$  კვ/მ;
- ბ) გამორიცხულია ადამიანზე ელექტრული მუხტის ზემოქმედება.

იმ შემთხვევაში, თუ სამუშაო ადგილზე ელექტრული ველის დაძაბულობა 25 კვ/მ-ს აღემატება, სამუშაო უნდა ჩატარდეს დაცვის საშუალებების გამოყენებით.

უნდა აღინიშნოს, რომ სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველის ბიოლოგიური ზემოქმედების დამახასიათებელი ძირითადი პარამეტრია ელექტრული დაძაბულობა. მაგნიტური მდგენელი ორგანიზმზე შესამჩნევ გავლენას ვერ ახდენს, რამდენადაც სამრეწველო სიხშირის მოქმედ მოწყობილობებში მაგნიტური ველის დაძაბულობა არ აღემატება 25 ა/მ, ხოლო მაგნიტური ბიოლოგიური ზემოქმედება მულაგნდება 150-200 ა/მ დაძაბულობის დროს.

მაღალი, ულტრამაღალი და ზემოდალი სიხშირის ელ. მაგნიტური ველების წყაროებთან მუშაობისას სანიტარიული ნორმებით და წესებით დადგენილია ჰიგიენური ნორმატივები.

0,06 – 300 მეგაჰც სიხშირის დიაპაზონში ელექტრული და მაგნიტური ველების ზღვრული დასაშვები დაძაბულობები (სახ.სტ. 12.1.006-84).

სიხშირე, მეგაჰც	0,06 – 1,5	1,5 – 3,0	3 – 30	30 – 50	50 – 300
E, ვ/მ	50	50	20	10	5
H, ვ/მ	5	-	-	0,3	-

ინდუქციური სადნობი ღუმლებისა და გამახურებელი ინდუქტორებისათვის, გამონაკლისის სახით, დასაშვებია ელექტრული ველის დაძაბულობა 10 ვ/მ.

300 მეგაჰც სიხშირის დიაპაზონში მიკროტალღებისათვის გამოსხივების ინტენსიურობის დასაშვები სიდიდეები (სიმძლავრის ნაკადის სიმკვრივე) დიფერენცირებულია დროის ფაქტორის გათვალისწინებით:

ა). მთელი სამუშაო დღის განმავლობაში დასხივებისას – არა უმეტეს 10 მკვტ/სმ<sup>2</sup>;

ბ). სამუშაო ცვლის განმავლობაში 2 სთ დასხივებისას – არა უმეტეს 100 მკვტ/სმ<sup>2</sup>;

გ). სამუშაო ცვლის განმავლობაში 15-20 წთ დასხივებისას – არა უმეტეს 1000 მკვტ/სმ<sup>2</sup> (აუცილებელია დამცველი სათვალის გამოყენება).

დანარჩენი სამუშაო დროის განმავლობაში გამოსხივების ინტენსიურობა  $\leq 10$  მკვტ/სმ<sup>2</sup>

ზემაღალი სიხშირის დიაპაზონში იმ პირებისათვის, რომლებიც პროფესიით არ არიან დაკავშირებული გამოსხივებასთან, აგრეთვე მოსახლეობისათვის გამოსხივების ინტენსიურობა  $\leq 1$  მკვტ/სმ<sup>2</sup>.

მაქსიმალურად უნდა შეიზღუდოს პერსონალის გაჩერება ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედების ზონაში.

მიუხედავად იმისა, რომ მთელ მსოფლიოში ჯანმრთელობისათვის ყველაზე საშიშად ითვლება მაგნიტური ველი, მოსახლეობისათვის მაგნიტური ველის ზღვრული დასაშვები სიდიდე ბევრ ქვეყანაში არ ნორმირდება და ელექტროგადამცემი ხაზების დიდი ნაწილი ამ საშიშროების გათვალისწინებით არ ხდება.

შვედი და ამერიკელი სპეციალისტების მიერ ელექტროგადამცემი ხაზების მაგნიტური ველებით დასხივების პირობებში მაცხოვრებელი მოსახლეობის ეპიდემიოლოგიური გამოკვლევის საფუძველზე ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად რეკომენდებულია მაგნიტური ინდუქციის ნაკადის სიმკვრივის სიდიდე 0,2-0,3 მკტესლა. ეს სიდიდე მიღებულია ხანგრძლივი დასხივების პირობებისათვის როგორც უსაფრთხო ანუ “ნორმალური” დონე, რომელიც არ იწვევს ონკოლოგიურ

დაავადებებს. აშშ-ში პროფესიული დასხივებისათვის მიღებულია ზღვ 10 მკტ/სმ<sup>2</sup>, რუსულში 0,01 მკტ/სმ<sup>2</sup>.

### **11.39. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების საშიში მოქმედებისაგან დაცვის პროგრამული და პრაქტიკული ღონისძიებები**

ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია გარემოს დაბინძურების საფრთხის ზოგადი შეფასების მიზნით სიტუაციის პროგნოზირება ისეთი ტექნოლოგიების გამოყენებისას, რომლებიც გამოიყენებენ ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას.

ბიოეკოსისტემის უსაფრთხოება განისაზღვრება იმით, თუ რამდენად ახლოსაა მათი მდგრადობა ბუნებრივი ელექტრომაგნიტური ფონის დროს მდგრადობის საზღვრებთან. ეს სიახლოვე განისაზღვრება ნორმატიული მაჩვენებლების დადგენით, მაგრამ ბუნებრივი ფონის გათვალისწინებით მიდგომა ითვალისწინებს ტექნოგენური წყაროების მაჩვენებლების მატებას. მეორეს მხრივ, თუ გაითვალისწინებთ ნორმებს, რომლებიც ეფუძნება მხოლოდ ტექნიკური რეგლამენტის დაცვას ცოცხალ ორგანიზმებზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების გათვალისწინების გარეშე, მაშინ ზღვრული დასაშვები სიდიდეები ბიოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად ამაღლებული იქნება. გარემოზე სუსტი და ძლიერი ინტენსივობის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ზოგადი ნორმების დადგენა, რომლებიც გაითვალისწინებს ბიოლოგიურად დაფუძნებულ დონეებს, გაძნელებულია და დღეისათვის ერთგვაროვანი მნიშვნელობა დადგენილი არაა.

### **11.40.1. ელექტრომაგნიტური საფრთხის შესამცირებელი პროგრამული ღონისძიებები**

ელექტრომაგნიტური საფრთხის შესამცირებელი პროგრამული ღონისძიებები ემყარება მთელ რიგ ობიექტურ დებულებებს და ფიზიკური, კონსტრუქციული და დაგეგმარებითი ხასიათის პოზიციებს, რომლებიც ხორციელდება გარემოს ტერიტორიის საზღვრებში. ასე, მაგალითად, გასათვალისწინებელია, რომ ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობა სწრაფად მცირდება წყაროდან დაშორების გაზრდით. მეორეს მხრივ, თანამედროვე სამყაროში მკვეთრად იზრდება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ახალი წყაროების რაოდენობა და მრავალსახეობა, ფართოვდება მათი გამოყენების სფერო. დასახლებული

ტერიტორიების ფარგლებში ყოველთვის მოქმედებს წყაროების მთელი ქსელი, რომლებიც ქმნიან საშიში გამოსხივების “ქსელს” და ამით ართულებენ ელექტრომაგნიტური საფრთხის შემცირების მეთოდების განხორციელებას.

- ყოველ რეგიონში აუცილებელია სპეციალური სტრუქტურის შექმნა, რომელიც შეძლებს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გამომყენებელი ტექნოლოგიების მდგომარეობის გაკონტროლებას; სიტუაციების შეფასების მეთოდის, აპარატურის, საშიში მოვლენების შესწავლის პრინციპების შესამუშავებლად სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების შესრულებას; ელექტრომაგნიტური დაბინძურების მდგომარეობაზე მუდმივი დაკვირვების ჩატარებას; ექსპერტიზის შესრულებას; რეგიონული პირობების გათვალისწინებით უსაფრთხოების ნორმების შემუშავებასა და კორექტირებაში მონაწილეობის მიღებას.

- კონტროლის განხორციელება განაშენიანების არქიტექტურულ-ქალაქმშენებლობის პროექტებში, სადაც საგულისხმოა ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროს გამოყენება, ოპტიმალურ გადაწყვეტათა მიღებაზე კონტროლის განხორციელება;

- განსახილველი დასახლებული ტერიტორიის, სანიტარულ-დამცავი ზონის და ბუნებრივი გარემოს საზღვრებში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობის დონეზე მუდმივი ინსტრუმენტული კონტროლის სისტემის ორგანიზება და აწყობა;

#### **11.40.2. დასახლებული ტერიტორიების სივრცეში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების საფრთხის შემცირების არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი და სამშენებლო სისტემები**

წყაროდან დაშორების გაზრდით გამოსხივების ინტენსივობა მცირდება.

- აუცილებელია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროების (ყველა სახის კავშირისა და ელექტრომაგნიტური ენერჯის გადამცემი მოწყობილობები) ქსელის შექმნისა და განვითარების სპეციალური პროექტების შემუშავების უზრუნველყოფა, როგორც უკვე მოქმედი, ისე დასაგეგმარებელი და შესამჭიდროებელი განაშენიანებისათვის;

- ახალი ტერიტორიების განაშენიანების ან არსებულის შემჭიდროების არქიტექტურულ-დაგეგმარებით პროექტებში გათვალისწინებულ უნდა იქნას მომავალში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროების სისტემებისა და

ქსელების შექმნა დაგანვითარება და მათი ზუსტი და რაციონალური განლაგება ადგილის რელიეფის, განაშენიანების სიმკვრივის, შენობათა ორიენტაციის, მათი სართულიანობის და შემინვის ფართობის გათვალისწინებით. მიზანშეწონილია განაშენიანების ელემენტის (კვარტალი, დაბა) საზღვრებში ელექტრო- და რადიოდაფარვის თანაბარი ზონის შექმნა, დაუშვებელია გარკვეულ უბნებზე ინტენსიური გამოსხივების ზონის შექმნა;

- მიზანშეწონილი არაა განაშენიანების პროექტში ტერიტორიის ჩართვა, რომელიც ესაზღვრება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების (განსაკუთრებით მაღალი სიმძლავრის) განლაგების ზონას;

- განაშენიანების დაგეგმარებითი გადაწყვეტის შემუშავებისას მიზანშეწონილია უშუალოდ საცხოვრებელ ზონაში (საცხოვრებელი კომპლექსები, კოტეჯური დასახლებები და სხვ.) ავტომობილების მასიურად შესვლის და პარკირების შეზღუდვა.

- მრავალდონიანი ავტოფარეხების და სადგომების მოწყობა უფრო რაციონალურია საცხოვრებელი ზონის საზღვარზე.

- უნდა შეიზღუდოს საცხოვრებელი შენობების განლაგება ელექტრიფიცირებული ტრამვაის, ტროლეიბუსის და რკინიგზის ხაზების უშუალო სიახლოვეს. გზების გასწვრივ უფრო მისაღებია საზოგადოებრივი დანიშნულების შენობების განლაგება. საცხოვრებელი შენობები ასეთ შემთხვევაში უნდა განლაგდეს კვარტლის შიგნით. არსებულ დასახლებაში შესაძლებელია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ნაწილობრივი შეზღუდვა ქვედა სართულების გადაკეთებით საზოგადოებრივ, საოფისე და სავაჭრო სათავსებად; საავტომობილო ტრასების გასწვრივ ექვობა ხმაურსაწინააღმდეგო ეკრანები ადგილებში, სადაც გზა ახლოს გადის დასახლებასთან. გოფირებული რკინაბეტონის ფილების ასეთი ეკრანები შეიძლება აღიჭურვოს მეტალური ბადეებით ავტომობილებით შექმნილი ელექტრომაგნიტური გავლენისგან დაცვის მიზნით;

- ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროების – საყოფაცხოვრებო მოწყობილობათა მრავალსახეობის, რაოდენობისა და სიმძლავრის გაზრდასთან დაკავშირებით მიზანშეწონილია ბინებსა და სასადილო დაწესებულებებში (განსაკუთრებით ბავშვებისათვის განკუთვნილი) სამზარეულო სათავსების

დაგეგმარებაში ცვლილებების შეტანა მოქმედი საყოფაცხოვრებო მოწყობილობათა განლაგებისათვის (ზემაღალი სიხშირის დუმელი, ელექტროდუმელი, ტოსტერი, ელექტროგამწოვი და სხვ.) სპეციალური ზონის გამოყოფით. ზონა შეიძლება გამოყოფილ იქნას სათავსის დანარჩენი ნაწილისგან მეტალიზირებული ქსოვილის ფარდებით, რომელიც ხელსაწყოების მოქმედების მომენტში შეამცირებს გამოსხივების დონეს;



ნახ. 61. ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისგან დამცავი მინაპაკეტები

- სათავსების (სამრეწველო, ადმინისტრაციული, საცხოვრებელი) პროექტირების, მშენებლობისა და დიზაინერული გაფორმების დროს აუცილებელია ამაღლებული მაიზოლირებელი თვისებებისა და მაკრანირებელი პარამეტრების მქონე მასალების შერჩევა და კომპლექტაცია. ასე, მაგალითად, შეიძლება ბათქაშის ქვეშ მეტალური ბადის, მეტალიზირებული შპალერის გამოყენება.

ურბანიზებულ ტერიტორიებზე მოსახლეობის ჯანმრთელობის კომპლექსური უსაფრთხოების სისტემის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია ადამიანის ორგანიზმზე ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისა და ელექტრომაგნიტური ველების როგორც ფაქტორის ზემოქმედების ხარისხისა და როლის გათვალისწინება. ცოცხალი ორგანიზმის შემადგენელი წყალი წარმოადგენს ძირითად ობიექტს (“სამიზნეს”) სხვადასხვა ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისა და ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედებისათვის, რომელსაც შეუძლია მისი ფიზიკური თვისებების (სტრუქტურა, ელექტრომაგნიტური სპექტრი, ელექტროგამტარობა და სხვ.) შეცვლა. ამ ცვლილებების შედეგია ადამიანის ორგანიზმის უჯრედშორისი ურთიერთქმედების და მეტაბოლური პროცესების დარღვევა.

### 11.40.3.

#### 11.40.4. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედებისგან დაცვის პრაქტიკული ღონისძიებები

ელექტრომაგნიტური ველის მავნე მოქმედებისაგან ადამიანის დაცვის მიზნით გამოიყენება საორგანიზაციო, საინჟინრო-ტექნიკური და სამკურნალო-პროფილაქტიკური ღონისძიებები.

საორგანიზაციო ღონისძიებები ითვალისწინებს დამასხივებელი და დასხივებული ობიექტების ურთიერთოპტიმალურ განლაგებას, აგრეთვე შრომისა და დასვენების ისეთი რეჟიმის შემუშავებას, რომლის დროსაც შესაძლებელი იქნება ელექტრომაგნიტური დასხივების ქვეშ ადამიანების ყოფნის ხანგრძლივობის მინიმუმამდე შემცირება და გამორიცხული იქნება ადამიანის მოხვედრა მაღალი დაძაბულობის ელექტრომაგნიტური ველის ზონაში. მნიშვნელოვანი ჰიგიენური ღონისძიებებია სხვადასხვა დანიშნულების საანტენო ნაგებობის ირგვლივ სანიტარიულ-დამცავი ზონის შექმნა.

საინჟინრო-ტექნიკური დაცვის ღონისძიებებია:

მოწყობილობათა სქემების, ბლოკების, კვანძების, ელემენტების და მთლიანად დანადგარის ელექტროპერმეტიზაცია;

სამუშაო ადგილის დაცვა დასხივებისაგან;

გამოსხივების წყაროდან სამუშაო ადგილის დაშორება უსაფრთხო მანძილზე; დაცვის ინდივიდუალური საშუალებების გამოყენება.

50 ჰც სიხშირის ელექტრული ველის მოქმედებისგან დასაცავად გამოიყენება სტაციონარული ან გადასატანი დამცავი მოწყობილობა და ინდივიდუალური მაკრანებელი ტანსაცმელი.

პრაქტიკული ღონისძიებები, რომლებიც ხელს უწყობს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედებისგან სუბიექტების ინდივიდუალური დაცვას, პირდაპირ კავშირშია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედების ქვეშ ადამიანის დაყოვნების დროსთან, გამოსხივების წყაროსა და სუბიექტს შორის დაშორებასთან, აგრეთვე სიცოცხლისთვის აუცილებელ საგნებთან(ტანსაცმელი, ფეხსაცმელი და მისთ.);

- კომპიუტერის მონიტორის წინ უწყვეტად ყოფნის დრო უნდა შეიზღუდოს 2 საათამდე;



- საყოფაცხოვრებო ტექნიკის შეზღუდული დროის რეჟიმში გამოყენებისას შეიძლება ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, თუ მომხმარებელი წყაროს მუშაობის დროს არანაკლებ 0,5 მ (ზემაღალი სიხშირის ღუმელთან - 1 მ) დაშორებით ან დამცავი ეკრან-ფარდის უკან იქნება;

- ინტერიერის პროექტებში და პროექტის შემდგომ განხორციელებისას ყურადღება უნდა მიექცეს სათავსებში ელექტრორობოების განლაგებას. საწოლთან ახლოს განლაგებული რობეტი საფრთხეს უქმნის 7-10 საათის განმავლობაში გამოსხივების ქვეშ მძინარე ადამიანს;

- ფიჭური ტელეფონით სარგებლობა რეკომენდებულია ერთ ჩართვაზე არაუმეტეს 2 წუთის განმავლობაში, და დღე-ღამეში არაუმეტეს 2 საათის განმავლობაში. რეკომენდებული არაა ჩართული მობილური ტელეფონის ტარება სხეულთან ახლოს, მიზანშეწონილია მისი მოთავსება ჩანთაში, პორტფელში და მისთ. ძილის დროს ტელეფონი მომხმარებელი დაშორებული უნდა იყოს 1,5-2,0 მეტრით;

- ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედების ზონაში მაცხოვრებელი ადამიანები უნდა მოერიდონ სინთეზური ქსოვილისგან დამზადებული ტანსაცმლის ტარებას, რადგან ასეთი ტანსაცმელი სხეულზე ქმნის სტატიკურ ელექტრობას. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედება ქმნის ელექტრიზაციის დონის დამატებით ზრდას. იგივე ხდება სინთეზური ფეხსაცმლის ტარების და პლასტმასის საყოფაცხოვრებო ნაკეთობის გამოყენებისას;

- გასეირნების, ტურისტული სვლის და მოგზაურობის დროს უნდა მოვერიდოთ ელექტროგადამცემი ხაზების ქვეშ ან მასთან ახლოს დიდი ხნით გაჩერებას და განაკუთრებით ღამის გათევას;

- მიზანშეწონილია ყველა სახის ელექტროფიცირებული ტრანსპორტის გაჩერებაზე და ბაქანზე გაჩერების დროის შეზღუდვა. ზემოქმედების საშიშროება მნიშვნელოვნად მცირდება ხაზიდან არანაკლებ 12 მ დაშორებისას;

- ჩამოთვლილი დონისძიებები არაა საკმარისი და სრულად რადიკალური, რომელიც მოხსნის ელექტრომაგნიტური “დაბინძურების” და ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვის პრობლემას. იმ ტექნოლოგიების განვითარებისა და მატების ტენდენცია, რომელიც გამოიყენებს ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, ითვალისწინებს ერთდროულად ახალი და ეფექტური დამცავი დონისძიებების

შემუშავებას, რომლის საფუძველსაც წარმოადგენს ადამიანისა და ეკოსისტემის უსაფრთხოება.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის ღონისძიებებად ითვლება: სუფთა ჰაერზე გასეირნება, სათავის განიავება, სპორტი, კომპიუტერთან მუშაობის წესების დაცვა, მუშაობა ისეთ ტექნიკასთან, რომელიც აკმაყოფილებს უსაფრთხოების არსებულ სტანდარტებს. მაგნიტური ითვლება 0,2 მიკროტესლაზე (მკტლ) მაღალი დაძაბულობის ელექტრომაგნიტური ველი. ქსელური ტელეფონის ელექტროკვების ბატარეაში ამ ველის პიკური სიდიდე შეადგენს დაახლოებით 6 მკტლ (30-ჯერ აღემატება დასაშვებს), ელმაგვალში – საშუალოდ 150 მკტლ (750-ჯერ მაღალი), ტროლეიბუსსა და ტრამვაიში – 250 მკტლ (1250-ჯერ მაღალი), მეტროს ვაგონში – 350-450 მკტლ (1750-2250 –ჯერ მაღალი). ელმაგვლების მაშინისტები უფრო ხშირად არიან დაავადებული ჰიპერტონიით, გულის იშემიური დაავადებებით და ორგანიზმის სხვა დაავადებებით, ვიდრე სხვა, არანაკლებ “დაძაბული” პროფესიის მუშაკები.

**ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის პროფილაქტიკური ღონისძიებები:** გამოსხივების სიმძლავრის შემცირება; გამოსხივების წყაროდან მანძილის გაზრდა; გამოსხივების ზონაში ყოფნის ხანგრძლივობის შემცირება; გამოსხივების წყაროს სექტორული ბლოკირება; გამოსხივების წყაროს ეკრანირება; ეკრანების დამიწება; სათავსში საერთო ცვლითი ენტილაციის მოწყობა (სათავის ზედა ზონიდან ჰაერის გაწოვით და სამუშაო ზონაში სუფთა ჰაერის მიწოდებით), გამოსხივების წყაროს ირგვლივ სანიტარიულ-დამცავი ზონის შექმნა, შრომისა და დასვენების რეჟიმის შემუშავება. წინასწარი და პერიოდული სამედიცინო შემოწმება (წელიწადში ერთხელ). დამატებითი შვებულება, 6 საათიანი სამუშაო დღე.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის ღონისძიებებად ითვლება: სუფთა ჰაერზე გასეირნება, სათავის განიავება, სპორტი, კომპიუტერთან მუშაობის წესების დაცვა, მუშაობა ისეთ ტექნიკასთან, რომელიც აკმაყოფილებს უსაფრთხოების არსებულ სტანდარტებს. მაგნიტური ითვლება 0,2 მიკროტესლაზე (მკტლ) მაღალი დაძაბულობის ელექტრომაგნიტური ველი. ქსელური ტელეფონის ელექტროკვების ბატარეაში ამ ველის პიკური სიდიდე შეადგენს დაახლოებით 6 მკტლ (30-ჯერ აღემატება დასაშვებს), ელმაგვალში – საშუალოდ 150 მკტლ (750-ჯერ მაღალი), ტროლეიბუსსა და ტრამვაიში – 250 მკტლ (1250-ჯერ მაღალი), მეტროს

ვაგონში – 350-450 მკტლ (1750-2250 –ჯერ მაღალი). ელმავლების მაშინისტები უფრო ხშირად არიან დაავადებული ჰიპერტონიით, გულის იშემიური დაავადებებით და ორგანიზმის სხვა დაავადებებით, ვიდრე სხვა, არანაკლებ “დაძაბული” პროფესიის მუშაკები.

დაცვის ძირითადი ღონისძიებაა – გაფრთხილება. აუცილებლად უნდა გამოირიცხოს სამრეწველო სიხშირის მაგნიტური ველის ამადლებული ღონის ადგილებში ადამიანის ყოფნა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში (რეგულარულად დღეში რამდენიმე საათის განმავლობაში);

საწოლი მაქსიმალურად უნდა იყოს დაშორებული ხანგრძლივი დასხივების წყაროებიდან, განმანაწილებელ კარადამდე, ძალურ ელექტროკაბელამდე დაშორება უნდა იყოს 2,5 – 3 მ;

თუ სათავსში ან მომიჯნავეში არის რაიმე უცნობი კაბელი, განმანაწილებელი კარადა ან ტრანსფორმატორის ქვესადგური, დასორება უნდა იყოს შეძლებისდაგვარად მაქსიმალური.

საყოფაცხოვრებო ელექტროხელსაწყოების ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედებისაგან უნდა დავიცვათ პირველ რიგში ბავშვები და ფეხმძიმე ქალები: მოზარდები და სუსტი ორგანიზმები ბევრად უფრო მგრძობიარენი არიან ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედების მიმართ. ირგვლიმყოფნი რომ დავიცვათ ელექტრომაგნიტური ველებისგან, კომპიუტერიანი სამუშაო მაგიდა უმჯობესია კედელთან დაიდგას, მიკროტალღურ ღუმელზე კი უარი უნდა ვთქვათ და შევამციროთ მობილური ტელეფონით საუბრის ხანგრძლივობა.

მსოფლიოს მრავალი კვლევითი ჯგუფი ეძებს თანამედროვე ტექნოლოგიების ნეგატიური მოქმედებისაგან ადამიანის დაცვის საშუალებებს. შექმნილი დამცავი საშუალებებიდან აღსანიშნავია კომპიუტერის ეკრანის დამცავი ეკრანები, რომლებიც 50-70%-ით ამცირებენ ელექტრომაგნიტური ველების ინტენსივობას. შექმნილია მოწყობილობები, რომლებიც ელექტრომაგნიტურ ტალღებს ფილტრავენ 30-40%-მდე ("Радуга", «РадугаАвто»).

კოლექტიური დაცვის მოწყობილობა მონტაჟდება საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოებსა და ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან წყაროებზე და ასუფთავებს სატავსში სივრცეს ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან. ამ

ხელსაწყოების საშუალებით შესაძლებელია ელექტრომაგნიტური ველების დაძაბულობის დონის შემცირება ოფისებში, ბინებში.

მაგრამ მხოლოდ ოფისებისა და ბინების დაცვა არაა საკმარისი, ვინაიდან შენობის გარეთაც ადამიანი გარეგანი ელექტრომაგნიტური ველის მოქმედების ქვეშემყოფება.

ქალაქის ელექტრომაგნიტური სმოგისგან ადამიანის დასაცავად, დინამიკური საზოგადოების თავისებურებების გათვალისწინებით, შემუშავებულია ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების ინდივიდუალური კომპლექტი, რომლის შემადგენლობაში შედის ორი სპეციალური დამცავი მოწყობილობა: “Энергодоктор Плюс” და “Бон Телефон “.



ნახ. 62. ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისგან დამცავი “Энергодоктор Плюс”

დღეს ადამიანის დაცვა ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური და ენერგეტიკული ველებისაგან მარტივად და საიმედოდ შეიძლება მოწყობილობის “Энергодоктор Плюс” საშუალებით, რომელიც მავნე გამოსხივების ნაკადს, რომელიც მოედინება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ნებისმიერი წყაროდან, გარდაქმნის უსაფრთხო ფონად, რომელიც არამარტო უვნებელია ადამიანისათვის, არამედ მთელ ორგანიზმზე მასტაბილიზირებელ ზემოქმედებას ახდენს. “Энергодоктор Плюс” ტექნიკური თვალსაზრისით რთული მოწყობილობაა, რომელშიც არახელსაყრელი გამოსხივების ზონაში მოხვედრისას აღიძვრება მძლავრი ელექტრომაგნიტური ველი, რომელიც მიმართულია ადამიანისათვის საშიში სიხშირის დიაპაზონის (40-70 გჰც) არახელსაყრელი გამოსხივების ჩასაქრობად. ამასთან, ხელსაწყო

მოქმედების რადიუსში არამარტო ქრება “მავნე” გამოსხივება, არამედ მის საპირისწონედ იქმნება”სასარგებლო” გამოსხივება, რომელიც ადამიანის შინაგან ენერგოსისტემას მოიყვანს ჰარმონიულ მდგომარეობაში.

#### 11.40.4. ფიჭური ტელეფონების გამოსხივებისგან დაცვა

ფიჭური ტელეფონი წარმოადგენს ძლიერ ბიოლოგიურ საფრთხეს, ამიტომ დაუშვებელია მისი გამოყენება ხანგრძლივი საუბრებისათვის. ბავშვები სრულად უნდა იყვნენ დაცული ფიჭური ტელეფონით სარგებლობისგან, რადგან მათი განვითარებადი ტვინი განსაკუთრებით მგრძობიარეა ფიჭური ტელეფონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მიმართ, ხოლო თავის ქალა – ჯერ კიდევ თხელი. სპეციალისტების აზრით, 10 წლამდე ბავშვები საერთოდ არ უნდა სარგებლობდნენ ფიჭური ტელეფონით.



ნახ. 63. სპეციალური ჩაფხუტი მობილური კავშირის მომხმარებლისათვის **СИЗ ЭМИН**

საწარმოში ან ოფისში მუშაობისას რეკომენდებული არაა ნებისმიერ ელექტრომოწყობილობასთან (მაგალითად, გამახურებელთან ან კონდიციონერთან, სერვერებთან ან პრინტერებთან) 1,5 მეტრზე უფრო ახლოს ყოფნა. ასეთივე დაშორებაა რეკომენდებული ნეონის ნათურებისგან ან ელექტროსადენების შეერთების კვანძებისგან.

კომპიუტერთან ხანგრძლივად მუშაობის შემთხვევაში კომპიუტერი უნდა განთავსდეს ადამიანისგან (განსაკუთრებით მისი თავიდან) შეძლებისდაგვარად დაშორებით. უპირატესობა უნდა მიენიჭოს თხევად-კრისტალურ მონიტორს. შეუფერხებელი კვების წყაროს ელექტრომაგნიტური გამოსხივება გაცილებით

მაღალია, ვიდრე თვით კომპიუტერისა, ამიტომ ასეთი მოწყობილობა უნდა განთავსდეს ადამიანისგან 1,5 მ დაშორებით.



ნახ. 64. მონიტორის გამოსხივებისგან დამცავი სათვალე და ფილტრი

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების განსაკუთრებით მაღალი დონე ახასიათებს უსადენო მოწყობილობებს ( მობილური, რადიოტელეფონი და მისთ.). რადიო- და მიკროტალღური გამოსხივება კიდევ უფრო საშიშია, ვიდრე დაბალსიხშირული.

**10.40.5. ელექტრომაგნიტური ველების მავნე ზემოქმედებისაგან დაცვის საშუალებები**

ელექტრომაგნიტური ველების მავნე ზემოქმედებისაგან ადამიანის დაცვის საშუალებებია:

- წყაროდან გამოსხივების შემცირება;

- გამოსხივების წყაროსა და სამუშაო ადგილის ეკრანირება;
- სანიტარიულ-დამცავი ზონის დადგენა;
- სტატიკური ელექტრობის მუხტების შთანთქმა ან მათი წარმოქმნის შექცევა;
- სტატიკური ელექტრობის მუხტების თავიდან აცილება;
- ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენება;
- ელექტრომაგნიტური ენერჯის შთანთქმელების გამოყენება;
- გამოსხივების ბლოკირება.



ნახ. 65. ელექტრომაგნიტური ენერჯის შთანთქმელი **Shield H405**,

ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისგან დამცავი საშუალებებიდან აღსანიშნავია მეტალიზირებული ქსოვილები (ტიპი “მეტაკრონი”, რადიოშთანთქმელი მასალების სერია), ფირმების “ფერატის” და “ფორპოსტის” რადიოშთანთქმელი მასალები, ფირმა “ტიკოს” ელექტრომაგნიტური ველებისაგან დამცავი საღებავები. შექმნილია რადიოდამცავი მინები, რომლებიც ასუსტებენ ზემოაღნიშნული სიხშირის გამოსხივებას.

ელექტრომაგნიტური ველების წყაროებისა და სამუშაო ადგილების ეკრანირება შეიძლება განხორციელდეს მეტალის ფურცლებისგან, ბადისგან ან მათი შესამებოთ რადიოშთანთქმელ მასალასთან შესრულებული ამრეკლავი ეკრანებით. უნდა აღინიშნოს, რომ ხშირად სპეციალური მასალები გამოიყენება დაეკრანებული კამერებისა და სათავსების დასამზადებლად.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისგან დაცვის ტექნოლოგიურად განპირობებული ამოცანების გადაჭრას ხშირად ახლავს პერსონალის შრომის პირობების გაუარესება. ასე, მაგალითად, უარყოფითად მოქმედებს ადამიანებზე ეკრანირებულ სათავსში მუშაობა დედამიწის ბუნებრივი მაგნიტური ველის შესუსტების პირობებში. მეორე მაგალითი— ელექტრონულ-გამომთვლელი ტექნიკის ინფორმაციის გაუონვისგან აქტიურად დასაცავად გამოიყენება ელექტროკვებისა და დამიწების ხაზებში ხმაურის გენერატორი. წინასწარმა ჰიგიენურმა კვლევამაჩვენა, რომ აღნიშნული მოწყობილობების ექსპლუატაციის დროს აუცილებელია ადამიანების ელექტრომაგნიტური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, რამდენადაც სამუშაო ადგილზე ფართოხოლიანი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობამ შეიძლება მაღალ მნიშვნელობას მიაღწიოს.

**ელექტრომაგნიტური ენერჯის შთანთქმა** ხორციელდება შთანთქმელი მასალებით ელექტრომაგნიტური ენერჯის თბურ ენერჯიაში გარდაქმნის გზით. ასეთ მასალად გამოიყენება კაუჩუკი, პოროლონი, პენოპოლისტეროლი, ფერომაგნიტური ფხვნილი შემკვრელი დიელექტრიკით.

**გამოსხივების წყაროსა და სამუშაო ადგილის ეკრანირება** ხდება სპეციალური ეკრანებით. ეკრანი შეიძლება იყოს სრული ან ნაწილობრივი, მშთანთქმელი ან ამრეკლავი, სტაციონარული ან გადასატანი. სტაციონარული მაეკრანებელი დანადგარი კონსტრუქციულად ფორმდება მცირე საფარის, ფარდულის, ტიხრის, კარვის ან ფარის სახით. მას უნდა ჰქონდეს ანტიკოროზიული დაფარვა და უნდა იყოს ჩამიწებული. ეკრანის კონსტრუქციის შერჩევა დამოკიდებულია ტექნოლოგიური პროცესის ხასიათზე, წყაროს სიმძლავრეზე, ტალღების დიაპაზონზე.

ამრეკლავი ეკრანი გამოიყენება ძირითადად პარაზიტული (ქსელიდან გადაცემის ხაზებში განაპარი ზემადალი სიხშირის ტალღების) გამოსხივებისგან დასაცავად, აგრეთვე იმ შემთხვევაში, რიდესაც ელექტრომაგნიტური ენერჯია არ წარმოადგენს დაბრკოლებას საგენერატორო დანადგარის ან რადიოსალოკაციო სადგურის მუშაობისათვის. დანარჩენ შემთხვევაში, როგორც წესი, გამოიყენება შთანთქმელი ეკრანი.

ამრეკლავი ეკრანის დასამზადებლად გამოიყენება მაღალი ელექტროგამტარობის მქონე მასალა. მაგალითად, ლითონები (სპილენძი, თითბერი,



ალუმინი, ფოლადი, თუთია და მათი შენადნობები), ფოლადის ფურცლოვანი მასალები, ლითონის ბადეები ან ლითონის ქსელიანი ბამბის ქსოვილი. უფრო ეფექტურია მთლიანი ლითონური ეკრანი, რომელიც 0,01 მმ სისქის შემთხვევაში უზრუნველყოფს ელექტრომაგნიტური ველის შესუსტებას 100 000-ჯერ. ეკრანი შეიძლება იყოს მთლიანი ან ბადისებრი. ეკრანზე წარმოქმნილი მუხტების განდინების უზრუნველსაყოფად ეკრანი უნდა იყოს დამიწებული.

შთამნთქმელი ეკრანის დასამზადებლად გამოიყენება დაბალი ელექტროგამტარობის მქონე მასალები. შთამნთქმელი ეკრანების დასამზადებლად გამოიყენება რადიოტალღების შთამნთქმელი მასალები: ელასტიური ან ხისტი პენოპლასტები, რეზინის ხალიჩები, სპეციალური ხსნარით დამუშავებული პოროლონის ან ბოჭკოვანი მერქნის ფურცლები, აგრეთვე ფერომაგნიტური ფირფიტები სპეციალური შემადგენლობის რეზინის დაპრესილი ფურცლების სახით, კარბონილური რკინით შევსებული ფოროვანი რეზინის ფირფიტები. ასეთი მასალა მიეწეება კარკასზე ან გამომსხივებელი მოწყობილობის ზედაპირზე.

სამუშაო ადგილზე გამოსხივების წყაროს ეკრანი ბლოკირებული უნდა იყოს გამომრთველ მოწყობილობასთან, რაც ეკრანის გახსნის შემთხვევაში გამორიცხავს გამომსხივებელი მოწყობილობის მუშაობას.

მეზობელ სათავსებში მეორადი ელექტრომაგნიტური ველის გამოსხივების აღძვრის თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის ელექტრული ფილტრები, რომლებიც უნდა ჩამონტაჟდეს მაღალი სიხშირის დანადგარის ეკრანიდან გამტარების გამოსვლის ადგილებში.

სტაციონარულ და გადასატან მაეკრანირებელ მოწყობილობებთან ერთად გამოიყენება ინდივიდუალური მაეკრანირებელი კომპლექტები, რომლებიც განკუთვნილია 60 კვ/მ-ზე მაღალი დაძაბულობის ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედებისაგან დასაცავად. ინდივიდუალური მაეკრანირებელი კომპლექტების გამოყენება ნებადართულია იმ შემთხვევაში, როდესაც გამორიცხულია დენგამტარ ნაწილებთან შეხების შესაძლებლობა და ჰაერის ტემპერატურა არ აღემატება 42<sup>0</sup>C-ს. მათი გამოყენება აკრძალულია პანელებზე, ელექტროამპრავებთან, 1000 ვ-მდე ძაბვის ქსელებში მუშაობისას, აგრეთვე პროფილაქტიკური გამოცდების და ელექტროსაშემდუღებლო სამუშაოების დროს.

სტატიკური ელექტრობის მუხტის თავიდან ასაცილებლად გამოიყენება მოწყობილობის ნაწილების დამიწება, ჰაერის დატენიანება.

საწარმოებში ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვა ძირითადად ხდება:

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროებთან კონტაქტის ხანგრძლივობის მკვეთრად შემცირებით; ფოლადის ან ტყვიის მძლავრი ეკრანების შექმნით, რომლებიც საკმარისად ეფექტურია, მაგრამ ძალიან დიდი და მოსახმარად მოუხერხებელია.

ინდუქციური გახურების აგრეგატებში მაღალსიხშირული ელექტრო-მაგნიტური ველის წყაროს წარმოადგენს ინდუქტორი. კოჭის შიგნით შექმნილი ველი სასარგებლო სამუშაოს შესასრულებლად გამოიყენება, კოჭის გარეთა ველი კი გაცილებით სუსტია. დიელექტრიკების გასახურებელ აგრეგატებში მაღალსიხშირული ველის წყაროს წარმოადგენს მუშა კონდენსატორი. აქაც გარეთა ველის ინტენსიურობა, რომელმაც შეიძლება იმოქმედოს პერსონალზე, ბევრად დაბალია ფირფიტებს შორის ველის ინტენსიურობასთან შედარებით.

ელექტრომაგნიტური ველის წყარო შეიძლება გახდეს გენერატორის ცალკეული ელემენტები: კონტურის კოჭი, კავშირის კოჭი, კონდენსატორები, მიმყვანი ელემენტები და სხვ.

მაღალსიხშირულ დანადგართა გამართვისა და გამოყენებისას ელექტრომაგნიტური ველებისაგან დაცვის გარდა აუცილებელია ელექტრული დენით დაზიანებისაგან დაცვაც. ამ დანადგარებზე ვრცელდება შესაბამისი ძაბვის ელექტროდანადგარის უსაფრთხოებისა და ექსპლუატაციის წესები. მაღალსიხშირული დანადგარის ლითონურ ნაწილებს უკეთდება დამცავი დამიწება, ხოლო მთლიანად დანადგარი უნდა იყოს შემოღობილი და ბლოკირებული.

რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის ძირითადი დანიშნულებაა ველის დაძაბულობის შემცირება დასაშვებ სიდიდემდე და, შეძლებისდაგვარად, ნულამდე. ამას შეიძლება მივაღწიოთ ორი გზით: ელექტრომაგნიტური ველის წყაროში გამოსხივების სიმძლავრის შემცირებით და აპარატურის მაღალსიხშირული ელემენტების ეკრანირებით.

ელექტრომაგნიტური ველის წყაროს სიმძლავრე დამოკიდებულია სამრეწველო პროცესის მოთხოვნებზე. წყაროს სიმძლავრე არ შეიძლება იყოს აუცილებელზე დაბალი და ამავე დროს, არც უნდა აჭარბებდეს მას.

ეკრანირებამ გარეგანი ველის ინტენსიურობა დასაშვებ სიდიდემდე უნდა შეასუსტოს. ეკრანირების ეფექტურობა გამოითვლება ფორმულით:

$$\mathcal{D} = \frac{E_1 - E_2}{E_1}$$

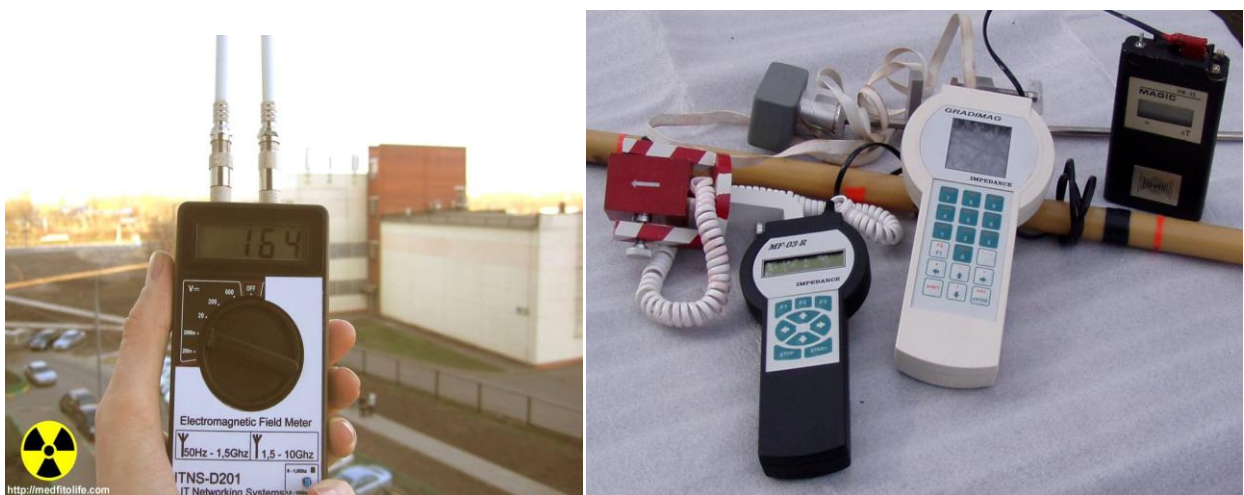
სადაც  $E_1$  და  $E_2$  არის ველის დაძაბულობა ეკრანირებამდე და ეკრანირების შემდეგ (ვ/მ). (განისაზღვრება ექსპერიმენტულად).

მცირე ინტენსიურობის შემთხვევაში ელექტრომაგნიტური ველისგან დასაცავად საკმარისია ლითონის ბადისებრი ეკრანი.

გენერატორის მაღალსიხშირული ელემენტების ეკრანირებისათვის გამოიყენება 0,5 მმ სისქის ალუმინის ან ფოლადის ფურცლები. სათვალთვალო ფანჯრის ეკრანირებისათვის გამოიყენება თითბერის წვრილფეხრედოვანი ბადე კარგი ელექტრული კონტაქტით ფანჯრის მთელ პერიმეტრზე.

მაღალსიხშირული გამახურებელი დანადგარის ეკრანირება საკმარისი არაა და დამატებით დამცავ საშუალებებს საჭიროებს. სადნობი და საწრთობი ინდუქტორის ეკრანირების საკითხი კონსტრუქციულად გადაწყვეტილი არაა. დამაკმაყოფილებელ შედეგს იძლევა ინდუქტორის ეკრანირებისათვის სპილენძისა და ალუმინის ფურცლების გამოყენება, ხოლო ამ მიზნით ფოლადის გამოყენება მიზანშეწონილი არაა. ეკრანი უნდა მოეწყოს ინდუქტორიდან საკმაოდ დაშორებით.

საშიში ზონიდან მომუშავის გამოსაყვანად მიზანშეწონილია დეტალების დისტანციური მიწოდება.



ნახ. 66. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების საზომი აპარატურა

მაღალსიხშირული ველებისაგან დაცვის საიმედო ღონისძიებაა მაღალსიხშირული დანადგარის მოთავსება ეკრანირებულ ოთახში ანუ მისი სრული ეკრანირება, ინდუქტორი და მართვის პულტი კი ეკრანის გარეთ უნდა იყოს გამოტანილი. დაუშვებელია იმ სათავსის ეკრანირება, რომელშიც თერმული დამუშავების მაღალსიხშირული დანადგარია მოთავსებული (რამდენადაც ეს აუარესებს შრომის პირობებს).

ულტრამაღალი სიხშირის შემთხვევაში გამოიყენება ფერადი ლითონის წვრილბადიანი ეკრანი.

ზემაღალი სიხშირის დიაპაზონში ელექტრომაგნიტური ენერგიის ნაკადის სიმკვრივის შემცირება ზღვრულ დასაშვებ სიდიდემდე შესაძლებელია რამდენიმე გზით:

1. ზემაღალი სიხშირის ენერგიის შთანთქმით სპეციალური შთანთქმელების გამოყენებით უშუალოდ გამოსხივების წყაროსთან;
2. გამოსხივების წყაროს ეკრანირებით (ამ მიზნით გამოიყენება ლითონის მთლიანი ან ბადისებრი ეკრანები, აგრეთვე მშთანთქმელზედაპირიანი ეკრანები);
3. სამუშაო ადგილის ეკრანირებით (თუ შესაძლებელია გამოსხივების წყაროს ეკრანირება ან მისი ინტენსიურობის შემცირება);
4. თუ საწარმოო სათავსში შეუძლებელია გამოსხივების ინტენსიურობის შემცირება დასაშვებ სიდიდემდე, ასეთ შემთხვევაში დასაშვებია დღეში 15-20 წუთით მუშაობა  $100 \div 1000$  მკვტ/სმ<sup>2</sup> გამოსხივების ინტენსიურობის პირობებში სპეციალური სათვალის გამოყენებით.

სათავსში, სადაც მოთავსებულია ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყარო, აუცილებელია საერთო ვენტილაციის მოწყობა (სათავსის ზედა ზონიდან ჰაერის გაწოვით და სამუშაო ზონაში სუფთა ჰაერის მოდენით). აგრეგატებიდან მავნე გამონაბოლქვების შემთხვევაში აუცილებელია ადგილობრივი გამწოვის მოწყობა. მაგალითად, ინდუქციური ღუმლის თავზე უნდა მოეწყოს გამწოვი ქოლგა. გაწოვ ქოლგაში ჰაერის მოძრაობის სიჩქარე უნდა იყოს არანაკლებ 1,5 მ/წმ; საწრთობ კონტურთან – 2,4 მ/წმ. ადგილობრივი გამწოვი მოწყობილობა მზადდება არალითონური მასალისაგან (აზბოცემენტი, ტექსტოლიტი და სხვ.). სათავსი არ უნდა იყოს ჩახერგილი ლითონური საგნებით.

დაავადებათა პროფილაქტიკა. ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები. პროფესიულ დაავადებათა თავიდან აცილების მიზნით საწარმოებში, სადაც ადგილი აქვს რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედებას, დადგენილია წინასწარი და პერიოდული სამედიცინო შემოწმება. სპეციფიური პათოლოგიური ცვლილებების აღმოჩენის შემთხვევაში მომუშავე უნდა იქნეს გადაყვანილი ისეთ სამუშაოზე, რომელიც არაა დაკავშირებული ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროსთან სამუშაოდ დაუშვებელია 18 წლამდე ასაკის პირების მიღება.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის ინდივიდუალური საშუალებები მისი ფუნქციური მოქმედების გარდა უნდა იყოს კომპაქტური და მოხერხებული, არ უნდა ზღუდავდეს ადამიანს მოძრაობაში.

მაღალსიხშირულ დანადგარებთან მუშაობისას გამოიყენება დიელექტრიკულ-სახელურიანი ინსტრუმენტები და სტაციონარული, გადასატანი მაკრანირებელი მოწყობილობა;

დამცველ ტანსაცმელს (ხალათი, კომბინეზონი, კაპიშონი და სხვ.) ამზადებენ სპეციალური ამრეკლავი ქსოვილისაგან.

გამოსხივების წყაროსთან ხანმოკლე მუშაობისას გამოიყენება ლითონიზირებული დენგამტარი ქსოვილისგან დამზადებული დამცველი, მაკრანებელი კოსტიუმი- კომბინეზონი ან ქურთუკი შარვლით. ფეხების დასაცავად გამოიყენება სპეციალური ელექტროგამტარი ლანჩიანი, ლითონის ძირიანი ტყავის ფეხსაცმელი. თავის დასაცავად გამოიყენება თავის დამაეკრანირებელი თავსახურავი, ლითონის ჩაჩქანი. სპეცტანსაცმლის ყველა ლითონური ნაწილი ელექტრულად უნდა იყოს დაკავშირებული ერთმანეთთან . კოსტიუმი უნდა დამიწდეს. ასეთი კომპლექტის გამოყენება აკრძალულია იმ შემთხვევაში, თუ მუშაობის დროს შესაძლებელია დენგამტარ ნაწილებთან შეხება.

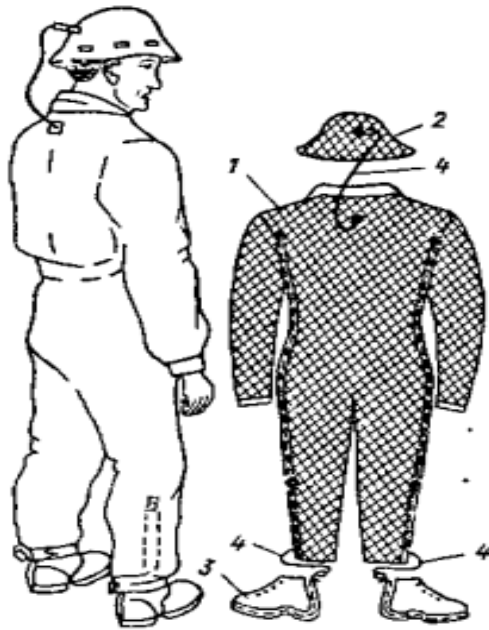


Рис. 11-2. Экранирующая одежда  
 1 — сетка; 2 — шлем; 3 — ботинки с проводящей подошвой; 4 — перемычка, связывающая части одежды



ნახ. 67. ლითონიზირებული დენგამტარი მაეკრანებელი კოსტიუმი და დამცველი სათვალე – OP3-5

თვალების დასაცავად გამოიყენება სპეციალური რადიოდამცველი სათვალე, რომლის მინის ფირფიტები კალის (IV) ოქსიდის ან ოქროს თხელი დენგამტარი აფსკით არის დაფარული. ამ ფირფიტებს საკმარისი შუქგამტარობა უნდა ჰქონდეს (არანაკლებ 74%). სათვალის ბუდე დამზადებულია ფორებიანი ღრუბლოვანი რეზინისაგან, რომელსაც გარეთა მხრიდან მაეკრანირებელი თვისებების მქონე ქსოვილი აქვს დაწებებული.



ნახ. 68. მაკრანებელი კოსტიუმები

თვალის დასაცავად – სპეციალური დამცველი სათვალე – OP3-5 ტიპის, რომლის მინა დაფარულია ნახევარგამტარი კალის ოქსიდის ფენით, რომელიც 0,8-150 სმ სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების სიმძლავრეს 30 დბ-ით (1000-ჯერ) ამცირებს.

მილიმეტრული, სანტიმეტრული , დეციმეტრული და მეტრული ტალღების დიაპაზონში ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დამცავი სათვალე OP3-5

ადამიანის ორგანიზმის დასაცავად ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გარე წყაროებისგან და ადამიანის ბიოენერგეტიკული ველის აღსადგენად შემუშავებულია სპეციალური ქსოვილისგან «СКРИНТЕКС» დამზადებული ზეწარი, რომლის დაფარებისას იქმნება ბიორეზონანსის ეფექტი ორგანიზმის საკუთარი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სისწირეებზე. ხდება ცენტრალურ ნერვულ სისტემაში აღზნებისა და დამუხრუჭების პროცესების სინქრონიზაცია, მეტაბოლიზმის ოპტიმიზაცია.



ნახ. 69. ხელსაწყო **КФС**



ნახ. 70. პერსონალური დაცვა – “ფარაონი 31”

ხელსაწყო **KDC** იცავს აგრესიული ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისგან (მობილური ტელეფონის, უსადენო ინტერნეტის, კომპიუტერის და მისთ.)

#### 11.40.6. ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემის გადაწყვეტა

გარემოში ელექტრომაგნიტური გამოსხივებამ ისეთი მასშტაბები მიიღო, რომ ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციამ ეს პრობლემა კაცობრიობისათვის ყველაზე აქტუალურ პრობლემათა რიცხვში ჩართო, ხოლო ბევრი მეცნიერი ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას ძლიერმოქმედ ეკოლოგიურ ფაქტორებს მიაკუთვნებს, რომლებსაც დედამიწაზე ყოველი ცოცხალისათვის კატასტროფული შედეგის მოტანა შეუძლიათ.

ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ენერგეტიკული გავლენა შეიძლება იყოს სხვადასხვა ხარისხის და ძალის. ადამიანის მიერ შეუმჩნეველიდან თბურ შეგრძნებამდე მაღალი სიმძლავრის გამოსხივების დროს. ზემოაღნიშნული სისხლის ელექტრომაგნიტურმა გამოსხივებამ შეიძლება წყობიდან გამოიყვანოს ხელსაწყოები და ელექტროაპარატურა. ზემოქმედების სიმძიმის მიხედვით ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ადამიანმა შეიძლება საერთოდ ვერ აღიქვას ან გამოიწვიოს სრული დაუძლურება ტვინის მოქმედების ფუნქციური ცვლილებებით და ადამიანის სიკვდილი. ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას შეუძლია გამოიწვიოს მამაკაცის ორგანიზმის ჰორმონალური სტატუსის, აგრეთვე რეპროდუქციული სისტემის ცვლილება.

პრობლემის სირთულე მდგომარეობს არამარტო მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე ზემოქმედებაში, არამედ მომავალი თაობის ჯანმრთელობაზე და ინტელექტზე. იზრდება თანდაყოლილ ანომალიათა რაოდენობა.

გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემის გადაწყვეტა კომპლექსური ამოცანაა, რომელიც მოიცავს სოციალურ, ეკონომიკურ და სხვადასხვა უწყებებისა და სამრეწველო კორპორაციების პოლიტიკურ ინტერესებსაც კი, მოითხოვს სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოებისა და პროექტების კოორდინირებას. ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებისაგან ეკოლოგიური გარემოს უსაფრთხოების კონცეფციაში მთავარია ორგანიზმის მდგრადობისა და ეკოსისტემის სტაბილურობის შესანარჩუნებლად ინტენსივობის ზღვრული დასაშვები ნორმატიული მნიშვნელობის დადგენა.



ამდენად, კაცობრიობის ბედი მნიშვნელოვნად იქნება დამოკიდებული იმაზე, თუ რამდენად ეფექტურ მეთოდს მოძებნის მეცნიერება ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებასთან საბრძოლველად.

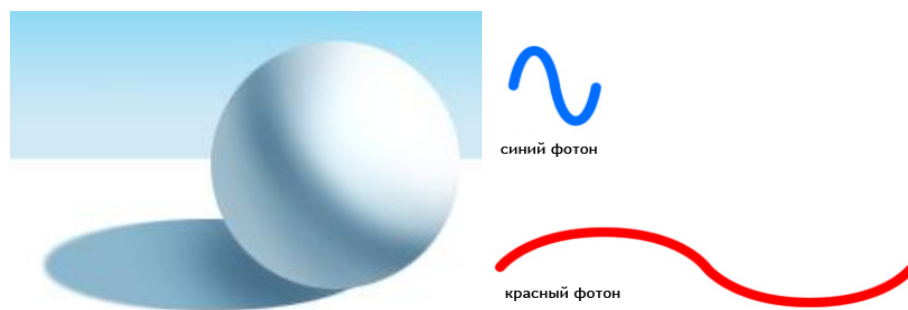
## თავი 12

### 12.1. გარემო და სინათლე

სინათლის ბუნების გაგება მიშვნელოვანია, რამდენადაც ამას ეფუძნება ადამიანის მიერ სხვადასხვა ფერის აღქმა. სინათლის ყველაზე კაშკაშა წყაროა მზე, რომელიც იძლევა მკვეთრ საზღვრიან ჩრდილს. სინათლის მეორე წყაროა ლურჯი ცა და იძლევა ძალიან რბილ ჩრდილებს (რომელიც ყველა შემთხვევაში შენიღბულია მზიდან მოსული პირდაპირი სინათლით. რამდენადაც ცა იძლევა ბევრ ლურჯ ფერს, ჩრდილს აქვს ლურჯი შეფერილობა, რადგან ამ ადგილზე ვერ ხვდება მზისგან გამოსხივებული პირდაპირი სინათლე. ნახაზზე ბურთის ნაწილი, რომელსაც მზის პირდაპირი სინათლე არ ხვდება, ლურჯ შეფერილობას ღებულობს, რამდენადაც მას ანათებს ლურჯი ცა.

სინათლე, რომელსაც ჩვენ ვხედავთ, შედგება უმცირესი ნაწილაკების – ფოტონებისაგან, რომლებიც განსხვავდებიან ტალღის სიგრძით: ლურჯ სინათლეს მოკლე ტალღა აქვს, წითელს უფრო გრძელი.

მზის თეთრი სინათლე ფერების უწყვეტი სპექტრისგან შედგება: იისფერი, ინდიგო, ლურჯი, მწვანე, ყვითელი, ნარინჯისფერი და წითელი.



ნახ. 71. სინათლის სორმაგი ბუნება

ატმოსფეროში გავლისას სინათლის მოკლე ტალღები განიბნევა. ატმოსფერო შედგება აირებისაგან, რომლის გავლითაც აღწევს დედამიწამდე მზის სხივები. ფოტონები აირების მოლეკულებთან შეჯახებისას აირეკლება და გარდატყდება.

შედარებით გრძელი ტალღები შემოიჭრებიან რა ატმოსფეროში, ცას ლურჯ ფერს აძლევს. უფრო გრძელი ტალღები, როგორცაა წითელი, ატმოსფეროს გავლით აღწევს დედამიწამდე. სადამოს მზე წითელ ფერს ღებულობს – სხივები ატმოსფეროს უფრო სქელ შრეს გაივლის და სინათლის დიდი ნაწილი განიბნევა.



ნახ. 72. აისის ფერები

„ლურჯი ფერის არეკვლის ეფექტი იმით აიხსნება, რომ მთელი ატმოსფერო გაჯერებულია ლურჯი ფერით, რომელიც იმდენად ძლიერია, რომ ანათებს იმ ადგილებს, რომელიც მიუწვდომელია მზის სხივებისათვის.

ადამიანის ტვინს შეუძლია “გაფილტროს” აუცილებელი ფერები და ძალიან კაშკაშა განათების დროსაც კი ადამიანი განასხვავებს ფერებს.

**სინათლის კორპუსკულარული-ტალღური დუალიზმი.** თანამედროვე ფიზიკა სინათლეს განიხილავს როგორც მატერიალურ ობიექტს, რომელსაც აქვს როგორც ტალღური, ისე კორპუსკულარული თვისებები. სხვადასხვა ფიზიკურ პროცესებში ეს თვისებები სხვადასხვა ხარისხით ვლინდება. სინათლეს ორმაგი ბუნება აქვს, რომელმაც სინათლის კორპუსკულარულ-ტალღური დუალიზმის სახელწოდება მიიღო.

რაც უფრო დაბალია რხევის სიხშირე, მით მეტად მულავენდება ელექტრომაგნიტური რხევის ტალღური ბუნება, ხოლო რაც უფრო მაღალია რხევის სიხშირე, მით მეტად მულავენდება სხივური ბუნება. ამრიგად, დაბალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური რხევები ტალღების მსგავსია, ამიტომ რადიოტალღებს

წინააღმდეგობის შემოვლის და დიდ მანძილზე ინფორმაციის გადატანის უნარი აქვს, მიუხედავად იმისა, რომ სიგნალის წყარო და სიგნალის მიმღები ხედვის საზღვრებში არ იქნებიან. მაღალი სიხისრის რხევები, პირიქით, სხივის მსგავსად, ე.ი. სწორხაზოვნად ვრცელდება, ამიტომ სინათლეს წინააღმდეგობის გარეშე მოვლა არ შეუძლია.

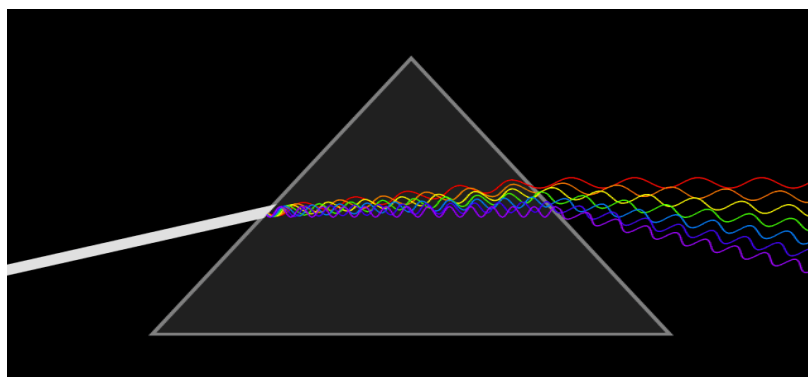


ნახ. 73. ელექტრომაგნიტური სპექტრის ხილული ნაწილი

ელექტრომაგნიტური სპექტრის ხილული ნაწილი იწყება იისფერით და მთავრდება წითლით. აღნიშნული შუალის ხილული სპექტრიდან ერთ მხარეს (მარჯვნიდან) არის გამოსხივების ინფრაწითელი (780 ნმ 1მმ) დიაპაზონი (ინფრა – “ქვედა”), ხოლო მეორე მხრიდან (მარცხნიდან) (10 380 ნმ) – ულტრაიისფერი (ულტრა – “ზევით”). (1 ნმ =  $10^{-9}$  მ). ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი გამოსხივება იგივე სინათლეა, მხოლოდ არ აღიქმება თვალით – მის მიმართ თვალი არ არის მგრძობიარე. ამიტომ დიაპაზონს, რომელსაც ადამიანის თვალი აღიქვამს, “ხილული” სინათლე ეწოდება.

ფერად სპექტრში ადამიანი ხედავს ცისარტყელას ყველა ფერს. თეთრი სინათლე (სინათლე, და არა ფერი), შედგება სპექტრის ყველა ფერის შეხამებისაგან. ე.ი. სინათლის წითელი, მწვანე და ლურჯი სხივების შერევით მიიღება თეთრი სინათლე. ღ(რედ) – წითელი, (გრენ) – მწვანე, (ბლუ) – ლურჯი – აქედან წარმოდგება ცნება ღ - პალიტრა.

ბგერა არის გარემოს რხევა, ხოლო სინათლე – ელექტრომაგნიტური რხევა.

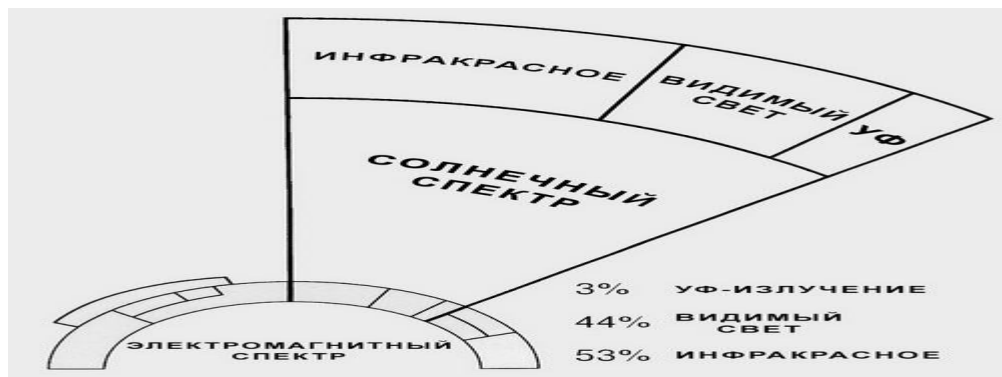


ნახ. 74. სინათლის დისპერსიის შედეგად ცისარტყელას წარმოქმნა

## 12.2. გარემოს დაბინძურება ოპტიკური გამოსხივებით

სინათლე, ტალღის სიგრძისგან დამოკიდებულებით, იყოფა 3 ჯგუფად:

- 2% ულტრაიისფერი გამოსხივება;
- 40% ხილული გამოსხივება;
- 58% ინფრაწითელი გამოსხივება.



ნახ.75. მზის გამოსხივების სპექტრი

გამოსხივების სპექტრის ოპტიკურ არეს ქმნის ხილული, ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი გამოსხივება. ასეთი არის გამოყოფა განპირობებულია არამარტო სპექტრის შესაბამისი უბნების სიახლოვით, არამედ იმ ხელსაწყოების მსგავსებით, რომლებიც გამოიყენება მათი კვლევისას და რომლებიც შემუშავებულია

ისტორიულად ძირითადად ხილული სინათლის შესწავლისას (ღინზები და სარკეები გამოსხივების ფოკუსირებისათვის, პრიზმები, დიფრაქციული გისოსები, ინტერფერენციული ხელსაწყოები გამოსხივების სპექტრული შემადგენლობის გამოსაკვლევად და მისთ.). სინათლე ხასიათდება როგორც ტალღური, ისე ქვანტური თვისებებით. ოპტიკური გამოსხივების ყველაზე ცნობილი წყაროა მზე, რომლის ზედაპირი გახურებულია 6 000 გრადუსამდე და ანათებს კაშკაშა ყვითელ ფერად. დედამიწაზე სიცოცხლე წარმოიქმნა და არსებობს მზის სინათლის სხივური ენერჯის წყალობით.

დედამიწაზე რომ არ იყოს ატმოსფერო, რომელიც დედამიწის ზედაპირისკენ მზის ენერჯის მხოლოდ ნაწილს ატარებს, შუადღისას ერთ წუთში დედამიწის ზედაპირის 1 სმ<sup>2</sup>-ზე მოადწევდა 8,37 ჯ ენერჯია. ამ სიდიდეს მზის მუდმივა ეწოდება და განსაზღვრულია გაზომვებით ატმოსფეროს გარეთ რაკეტებზე დადგმული ხელსაწყოების დახმარებით. შეიძლება გამოთვლა, რომ ერთ წამში სინათლეს დედამიწაზე მოაქვს ენერჯია, რომელიც გამოიყოფოდა 40 მლნ ტონა ქვანახშირის დაწვისას.



ნახ. 76. ოპტიკური გამოსხივების სპექტრი

პირველყოფილი ადამიანის კოცონი, ნავთობი, ბენზინი, კოსმოსური რაკეტის საწვავი – ყველაფერი ეს სინათლის ენერჯიაა, ოდესღაც მცენარეებისა და ცხოველების მიერ მომარაგებული. მზის სხივური ნაკადის შეჩერების შემთხვევაში დედამიწაზე დაილექება თხევადი აზოტისა და ჟანგბადის წვიმები. ტემპერატურა მიუახლოვდება აბსოლუტურ ნულს. დედამიწის ზედაპირს დაფარავს გაყინული ატმოსფერული აირების შვიდმეტრიანი ჯავშანი. ამ ყინულიან უდაბნოში მხოლოდ ადგილ-ადგილ იქნება თხევადი ჰელიუმის გუბები.

სინათლეს დედამიწაზე შემოაქვს არამარტო სინათლე. შუქის ნაკადის წყალობით ადამიანი აღიქვამს გარემო სამყაროს, ახლო და დაშორებული საგნების ფორმას და ფერს.

ოპტიკური დიაპაზონის გამოსხივებას ადგილი აქვს სხეულის გახურებისას (ინფრაწითელ გამოსხივებას თბურ გამოსხივებასაც უწოდებენ) ატომებისა და მოლეკულების თბური მოძრაობის შედეგად.

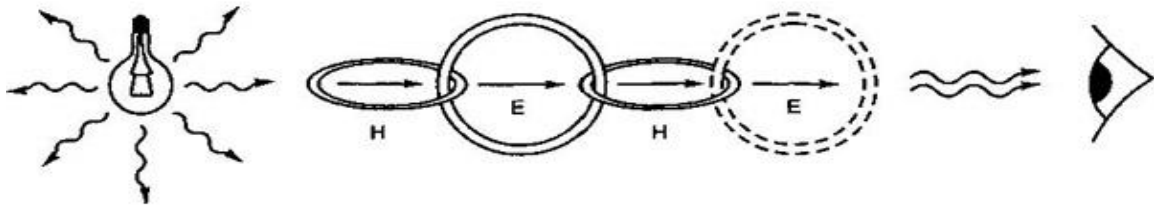
რაც უფრო მეტადაა გახურებული სხეული, მით უფრო მაღალია გამოსხივების სიხშირე. განსაზღვრულ ტემპერატურაზე (გავარვარება) სხეული გამოასხივებს ხილულ დიაპაზონში, ჯერ წითლად, შემდეგ ყვითლად და ა.შ. და პირიქით, ოპტიკური სპექტრის გამოსხივება თბურ გავლენას ახდენს სხეულებზე. ოპტიკური გამოსხივების წყარო და მიმღები შეიძლება იყოს აგრეთვე ქიმიური და ბიოლოგიური რეაქციები. ოპტიკური გამოსხივების მიმღები ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი ქიმიური რეაქცია გამოიყენება ფოტოგრაფიაში.

### 12.3. სინათლე როგორც ეკოლოგიური ფაქტორი

სინათლე თვალისთვის უხილავი ელექტრომაგნიტური გამოსხივებაა. სინათლე ხილული ხდება ზედაპირთან შეჯახებისას. ფერები წარმოიქმნება სხვადასხვა სიგრძის ტალღებისგან. ყველა ფერი ერთად კი წარმოქმნის თეთრ ფერს. სინათლის სხივის პრიზმაში ან წყლის წვეთში გარდატეხისას ფერების მთელი სპექტრი ხილული ხდება, მაგალითად, ცისარტყელა. თვალი აღიქვავს ე.წ. ხილული სინათლის დიაპაზონს, 380-780 ნმ, რომლის ფარგლებს გარეთ არის ულტრაიისფერი და ინფრეწითელი სინათლე.

თვალი კარგადაა შეგუებული ბუნებაში არსებულ განათების დიდ ცვლილებასთან, რამდენადაც მთვარის სინათლის განათებულობა 1 ლუქსის ტოლია, ხოლო მზის სინათლის 100 000 ლუქსს უტოლდება. ხელოვნური განათების შემთხვევაში, როგორც წესი ადამიანს საქმე აქვს უფრო ნაკლებ ცვლილებასთან, როგორცაა საერთო განათების დროს 1-200 ლუქსი, მუშა განათების დროს 200 – 2000 ლუქსი (საოფისე განათების დროს არანაკლებ 500 ლუქსი).

ადამიანი ხედავს სინათლეზე. გარემოს შესახებ მთელი ინფორმაციის 80%-ს ადამიანი იღებს თვალის საშუალებით. კარგი განათების შემთხვევაში თვალს უადვილდება და სიამოვნებს ხედვა.



ნახ.77. სინათლის გაგრძელება სივრცეში

განათება ფრიად მნიშვნელოვანია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. სინათლე ადამიანის მიერ გარემოს ფორმის, ფერის და პერსპექტივის ნახვის და შეფასების უნარის უმთავრესი ელემენტია.

ადამიანის გუნება-განწყობა, დაღლილობის ხარისხი დამოკიდებულია გარემო საგნების ფერზე და განათებაზე.

უსაფრთხოების თვალსაზრისით მხედველობითი უნარი და კომფორტი ძლიერ მნიშვნელოვანია. უმეტესი უბედური შემთხვევების მიზეზია არასაკმარისი განათება, რომლის დროსაც ძნელდება სიგნალების გარჩევა. არასაკმარისი განათება ქმნის მხედველობით დისკომფორტს, რასაც მოსდევს ყურადღების გაფანტვა და საერთო დაღლილობა. გარდა მხედველობითი კომფორტისა, სინათლე ახდენს ადამიანზე ფსიქოლოგიურ, ფიზიოლოგიურ, ესთეტიკურ ზემოქმედებას.

არსებობს სინათლის ორი წყარო – მზე და ადამიანის მიერ შექმნილი ხელოვნური წყაროები. ხელოვნურ წყაროებს მიეკუთვნება ვარვარა და აირგანმუხტვის ნათურები. სინათლის წყაროები სხვადასხვა სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების სახით გარემოში ასხივებენ ენერგიას.

ადამიანის თვალი აღიქვავს 0,38-0,76 მკმ-ის სიგრძის ელექტრომაგნიტურ ტალღებს როგორც სინათლეს. მხედველობის მგრძობელობა მაქსიმალურია 0,555 მკმ სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების მიმართ (მოყვითალო –მომწვანო ფერი) და მცირდება ხილვადი სპექტრის ზღვრებთან.

თანამედროვე ადამიანი თავისი დროის დიდ ნაწილს ატარებს დახურულ სათავსებში ხელოვნური განათების ქვეშ. ბუნებრივი სინათლის სპექტრის შემადგენელი ბევრი ნაწილი, რომელიც მნიშვნელოვანია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის, მინაში გასვლისას იკარგება. ადამიანი მთელი ევოლუციის

მანძილზე შეეგუა მზის გამოსხივების სპექტრს და კარგი ჯანმრთელობისათვის ადამიანმა აუცილებლად უნდა მიიღოს სინათლის სრული სპექტრი.

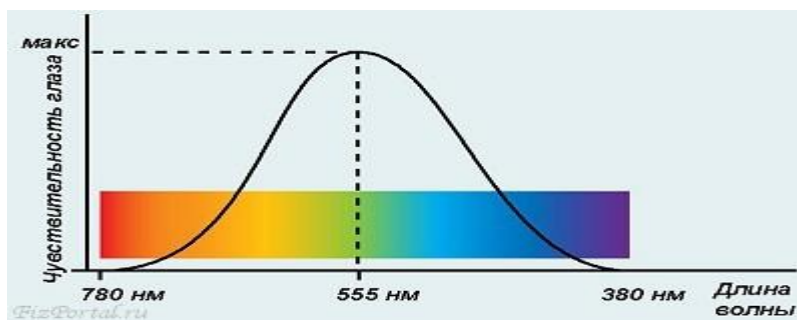
დაკვირვებით დადგინდა, რომ განათებასა და კომფორტის გრძნობას შორის არსებობს სპეციფიკური კავშირი. გარდა ამისა, დადგენილია, რომ ბუნებრივი განათება ყოველთვის უფრო ხელსაყრელია და მოხერხებული საქმიანობის ყველა ჩვეულებრივი სახისათვის.

რამდენადაც შენობაში შეღწეული დღის სინათლე არაა საკმარისი მასზე ადამიანის მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად, ამდენად ამ უკმარისობის კომპენსირება უნდა მოახდინოს ხელოვნური განათების წყაროებმა.

ხელოვნური სინათლის ყველა წყარო ამა თუ იმ ხარისხით დღის სინათლის იმიტირების მცდელობაა. მეცნიერთა აზრით, მზის სინათლის სპექტრიდან ნებისმიერი გადახრა ჯანმრთელობისათვის მავნე პოტენციალის მატარებელია. ადამიანის ჯანმრთელობაზე ბიოლოგიური გავლენის თვალსაზრისით ხელოვნური განათების თანამედროვე წყაროების ტესტირებამ აჩვენა, რომ სინათლის ბუნებრივ სპექტრთან ყველაზე ახლოსაა ვარვარების ნათურა.

#### 12.4. სინათლის ძირითადი მახასიათებლები

ადამიანისათვის სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია სინათლე, რამდენადაც გარე სამყაროზე ინფორმაციის 90%-ზე მეტს ადამიანი სინათლის დახმარებითღებულობს. სინათლე უზრუნველყოფს უსაფრთხოებას. ადამიანი სინათლეზე აღიქვამს საგნების ფერსა და ფორმას. ყველაზე საუკეთესო და სასარგებლო განათებას იძლევა მზე.



ნახ.78. მზის სინათლის სპექტრის ტალღის სიგრძეები

სხვადასხვა სიგრძის ტალღის სინათლე აღიქმება როგორც გარკვეული ფერი. ადამიანის თვალის მგრძობიარობა სხვადასხვა სიგრძის ტალღების მიმართ



არაერთგვაროვანია. ის განსაკუთრებით მგრძობიარეა ხილული დიაპაზონის შუაში, რომელიც შეესაბამება მწვანე სინათლეს ტალღის სიგრძით 555 ნმ, ხოლო ხილული დიაპაზონის ბოლოებში, ე.ი. ლურჯი და წითელი გამოსხივების არეებში, – მინიმალურია. შესაბამისად, ერთდაიგივე სიმძლავრის გამოსხივება თვალის მიერ უფრო ინტენსიურად აღიქმება, თუ მის სპექტრში მეტი მწვანე სინათლეა. სინათლის ყველა მახასიათებელი (სინათლის ნაკადი, სინათლის ძალა, განათებულობა და სხვ.) შესაბამისი ენერგეტიკული სიდიდეებია, რომლებიც გამოიყენება ნებისმიერი ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისათვის.

გამოსხივების სიმძლავრეს ტრადიციულად ვატებენ აფასებენ. თუმცა 555 ნმ ტალღის სიგრძის (მწვანე) 1 ვტ გამოსხივება იძლევა ისეთივე მხედველობით ეფექტს, როგორც, ვთქვათ, 700 ნმ ტალღის სიგრძის (წითელი) 10 ვტ გამოსხივება. ამიტომ ხდება არა სიმძლავრის, არამედ ტალღის ყველა სიგრძის გამოსხივების მიერ შექმნილი ეფექტის შეფასება. ამ პროცესს ადამიანის თვალის მგრძობიარობის მიხედვით სიმძლავრის შეფასება ეწოდება, ხოლო ამგვარად შეფასებულ სინათლის მოქმედების ეფექტს – სინათლის ნაკადი.

გარდა მხედველობითი კომფორტისა, სინათლე ახდენს ადამიანზე ფსიქოლოგიურ, ფიზიოლოგიურ, ესთეტიკურ ზემოქმედებას.

## 12.5. განათების და სასინათლო გარემოს მახასიათებლები

არსებობს სინათლის ორი წყარო – მზე და ადამიანის მიერ შექმნილი ხელოვნური წყაროები. ხელოვნურ წყაროებს მიეკუთვნება ვარვარა და აირგანმუხტვის ნათურები. სინათლის წყაროები გარემოში ასხივებენ ენერგიას სხვადასხვა სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების სახით.

ადამიანის თვალი აღიქვავს 0,38-0,76 მკმ-ის სიგრძის ელექტრომაგნიტურ ტალღებს როგორც სინათლეს. მხედველობის მგრძობიარეობა მაქსიმალურია 0,555 მკმ სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღების მიმართ (მოყვითალო –მომწვანო ფერი) და მცირდება ხილვადი სპექტრის ზღვრებთან.

განათება და სასინათლო გარემო ხასიათდება რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლებით. რაოდენობრივ მაჩვენებლებს მიეკუთვნება:

**სინათლის ნაკადი  $\Phi$**  არის სინათლის წყაროს მიერ გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ენერგიის ნაწილი. სინათლის ნაკადი არა მხოლოდ ფიზიკური,

არამედ ფიზიოლოგიური სიდიდეც არის, რადგანაც ახასიათებს მხედველობით აღქმას. სინათლის ნაკადის საზომი ერთეულია ლუმენი (ლმ).

**სინათლის ნაკადი I.** რადგანაც სინათლის წყაროს მიერ სხვადასხვა მიმართულებით არათანაბრად ხდება სინათლის გასხივება, შემოდებულია სინათლის ძალის  $I$  ცნება, რომელიც წარმოადგენს სინათლის ნაკადის  $\Phi$  შეფარდებას ელემენტარულ სხეულოვან კუთხესთან  $W$ , რომელშიც ის თანაბრად ვრცელდება

$$I = \Phi / W$$

სინათლის ძალა იზომება კანდელაში (კდ).

**განათებულობა E.** ზედაპირზე დაცემული სინათლის ნაკადის ინტენსივობის სიდიდის შესაფასებლად შემოდებულია სპეციალური სიდიდე – განათებულობა. განათებულობა  $E$  არის ზედაპირზე დაცემული სინათლის ნაკადის  $\Phi$  შეფარდება ზედაპირის ფართთან  $S$ .

$$E = \Phi_{\text{ღაც}} / S$$

განათებულობა იზომება ლუქსებში (ლქ); 1 ლუქსი = 1 ლუმენი/მ<sup>2</sup>

**სიკაშკაშე  $\mathcal{L}$ .** მხედველობითი აღქმა განისაზღვრება ზედაპირის სიკაშკაშით  $\mathcal{L}$ , რომელიც წარმოადგენს მოცემული მიმართულებით არეკლილი სინათლის ძალის  $I$  ფარდობას განათებული ზედაპირის ფართთან  $S$ .

$$\mathcal{L} = I / S$$

სიკაშკაშე იზომება კდ/მ<sup>2</sup>-ში.

ადამიანის მიერ ასატანი მაქსიმალური სიკაშკაშე შეადგენს 7500 კდ/მ<sup>2</sup>. სინათლის წყაროები ხასიათდებიან სხვადასხვა სიკაშკაშით: მზე –  $15 \times 10^8$  კდ/მ<sup>2</sup>; მოწმენდილი ცა – 3000–5000 კდ/მ<sup>2</sup>; ჩვეულებრივი ვარვარა ნათურა –  $1 \times 10^6$  კდ/მ<sup>2</sup>; მქრქალი ვარვარა ნათურა – 50000 კდ/მ<sup>2</sup>. 40 ვატიანი ლუმინესცენციური ნათურა – 7500 კდ/მ<sup>2</sup>; თეთრი ფურცელი 100 ლუქსის განათებულობისას – 250 კდ/მ<sup>2</sup>.

მხედველობითი სამუშაოს ხარისხობრივი შეფასებისათვის გამოიყენება ისეთი მაჩვენებლები, როგორიცაა ზედაპირის ფონი, ობიექტის კონტრასტი ფონთან. განათებულობის პულსაციის კოეფიციენტი, სინათლის სპექტრალური შემადგენლობა.

**ფონი.** მხედველობითი მუშაობის ერთ-ერთ მახასიათებლად ითვლება ფონი, რომელიც წარმოადგენს ზედაპირის თვისებას აირეკლოს მასზე დაცემული სინათლე. მზე და სინათლის ხელოვნური წყაროები პირველადი წყაროებია,

რომლებიც ახდენენ ელექტრომაგნიტური ენერჯის გენერაციას. არის მეორადი წყაროები – ობიექტების ზედაპირები, რომლებიც აირეკლავენ სინათლეს. არეკვლის თვისება ისაზღვრება არეკვლის კოეფიციენტით  $r$ . არეკვლის კოეფიციენტი  $r$  ზედაპირზე დაცემული და არეკლილი სინათლის ნაკადის წილია

$$r = \Phi_{\text{არეკლ.}} / \Phi_{\text{დაც.}}$$

არეკვლის თვისება დამოკიდებულია ზედაპირის ფერზე და ფაქტურაზე, რის გამოც არეკვლის კოეფიციენტის მნიშვნელობა მდებარეობს 0,02-დან 0,95-ის ზღვრებში: თუ  $r > 0,4$  – ფონი ნათელია;  $r = 0,2-0,4$  – ფონი საშუალო; თუ  $r < 0,2$  – ფონი მუქია.

**ობიექტის კონტრასტი  $K$**  – ობიექტის და ფონის განსხვავების ხარისხია და ხასიათდება გასარჩევი ობიექტის (ხაზი, წერტილი, ნიშანი, ლაქა, ნასკდომი, ბზარი, წუნი და სხვ.) სიკაშკაშეების  $L_0$  შეფარდებით ფონის სიკაშკაშესთან  $L_{\text{ფ}}$ .

$$K = (L_0 - L_{\text{ფ}}) / L_{\text{ფ}}$$

ობიექტის უკეთესი გარჩევისათვის საჭიროა ობიექტის და ფონის სიკაშკაშეები განსხვავდებოდეს.

თუ ობიექტი მკვეთრად განსხვავდება ფონისაგან (შავი ხაზი თეთრ ფურცელზე)  $K > 0,5$ -ზე – კონტრასტი დიდია, თუ ობიექტი ოდნავ ჩანს (ბაცი-მოყვითალო ხაზი თეთრ ფურცელზე)  $K = 0,2-0,5$  – კონტრასტი საშუალოა; როცა  $K < 0,2$ -ზე კონტრაქტი მცირეა. რაც მეტია განათებულობა და კონტრასტი ფონთან, უკეთესად ჩანს ობიექტი და ნაკლები დატვირთვა მოდის თვალებზე.

**განათებულობის პულსაციის კოეფიციენტი  $K_E$**  – სინათლის ნაკადის ცვლილებებით გამოწვეული განათებულობის რხევების კრიტერიუმია.

$$K_E = 100(E_{\text{მაქსიმ}} - E_{\text{მინ}}) / 2E_{\text{საშ}}$$

სადაც:  $E_{\text{მაქს}}$ ,  $E_{\text{მინ}}$ ,  $E_{\text{საშ}}$  – რხევის პერიოდში განათებულობის მაქსიმალური, მინიმალური და შუალედური მნიშვნელობები:

აირგანმუხტვის ნათურებისათვის  $K_E = 25-65\%$ ;

ვარვარა ნათურებისათვის –  $K_E = 7\%$ ;

ჰალოგენური ვარვარა ნათურებისათვის  $K_E = 1\%$ .

მაღალი პულსაცია (აირგანმუხტვის ნათურები) ამახინჯებს მხედველობით აღქმას და უარყოფითად მოქმედებს მხედველობაზე. თუ სათავეს ნათდება

აირგანმუხტვის ნათურებით შეიძლება ადგილი ქონდეს სტრობოსკოპულ ეფექტს, რომლის საშიშროება მდგომარეობს იმაში, რომ მექანიზმების, აპარატების მბრუნავი და მოძრავი ნაწილები აღიქმება როგორც უძრავები, რაც ხდება ტრავმატიზმის მიზეზი. პულსაციის შემცირება უვნებელ მნიშვნელობამდე მიიღწევა ნათურების კვების სქემების პერიოდულად შეცვლით. მეორე მხრივ ეს ართულებს და აძვირებს განათების სისტემას.

სინათლის გამოყენებული წყაროებისაგან არის დამოკიდებული ფერთა გადაცემის სისწორე. მაგალითად: მუქილურჯი ქსოვილი ხელოვნური განათებისას შავად ჩანს; ყვითელი ყვავილი – მოთეთროდ, ე.ი. ვარვარა ნათურა ამახინჯებს სწორ ფერთა გადაცემას. მაგრამ არის ნივთები, რომლებიც უფრო ბუნებრივად ჩანს ხელოვნური განათებისას (ოქროს სამკაული). თუ სამუშაოების შესრულებისას საჭიროა ფერთა გადაცემის სისწორე (ხატვის გაკვეთილები, პოლიგრაფიული სამუშაოები, სამხატვრო გალერეები და ა.შ.) – უკეთესია ბუნებრივი განათება, ხოლო მისი უკმარისობის შემთხვევაში – კომბინირება ლუმინესცენციურ ნათურებთან. აქედან გამომდინარე სამუშაო ადგილებისათვის ფერის სწორი შერჩევა მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს შრომის მწარმოებლობის ამაღლებას, შრომის უსაფრთხოებას და მომუშავეების გუნება-განწყობას.

როგორც უკვე ზემოთ ითქვა, სინათლე შედგება სხვადასხვა სიგრძის ტალღების ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან და თითოეული მათგანი შეესაბამება ხილვადი სპექტრის გარკვეულ დიაპაზონს. წითელი, ყვითელი და ცისფერი სინათლეების შერევისას მიიღება ხილვადი ფერების უმეტესობა, მათ შორის თეთრი ფერიც. ობიექტის ფერის ჩვენებური აღქმა დამოკიდებულია სინათლის ფერისაგან, რითაც ობიექტი ნათდება და მისგან არეკლილი ფერისაგან.

სინათლის წყაროები ფერის მიხედვით იყოფა სამ კატეგორიად:

– „თბილი“ ფერები (თეთრი მოწითალო სინათლე) – საცხოვრებელი სახლების გასანათებლად;

– შუალედური ფერები (თეთრი სინათლე) – სამუშაო ადგილების გასანათებლად;

„ცივი“ ფერები (თეთრი ცისფერი სინათლე) – ისეთი სამუშაოებისათვის, რომლებსთვისაც საჭიროა განათების მაღალი დონეები და ცხელი კლიმატის მქონე რაიონებისათვის.

სინათლის წყაროს უმნიშვნელოვანესი მაჩვენებელია გამოსხივების ფერი, რომლის დასახასიათებლად შემოღებულია ფერთი ტემპერატურის ცნება  $T_{ფერ}$ . ფერთი ტემპერატურა  $T_{ფერ}$ . შავი სხეულის ისეთი ტემპერატურაა, რომლის გამოსხივების ფერი იდენტურია საკვლევი ობიექტის გამოსხივების ფერისა. ფერთი ტემპერატურის საზომი ერთეულია კელვინი  $^{\circ}\text{K}$ .  $0^{\circ}\text{C}$  შეესაბამება  $273^{\circ}\text{K}$ .

ფერთი ტემპერატურების მიხედვით ელექტრული ნათურების ფერები დაიყოფა სამ ჯგუფად:

- თეთრი დღის ფერი –  $6000^{\circ}\text{K}$ ;
- ნეიტრალური თეთრი –  $4000^{\circ}\text{K}$ ;
- თბილი თეთრი –  $3000^{\circ}\text{K}$ ;

**მხედველობითი კომფორტის განმსაზღვრელი ფაქტორები.** მხედველობითი კომფორტისათვის აუცილებელი პირობების უზრუნველსაყოფად, განათების სისტემაში წინდაწინ უნდა შესრულდეს შემდეგი მოთხოვნები:

- ერთგვაროვანი განათება;
- ოპტიმალური სიკაშკაშე;
- შესაბამისი კონტრასტულობა;
- სწორი ფერთი გამა;
- სტრობოსკოპული ეფექტის და სინათლის ციმციმის დაუშვებლობა.

სამუშაო ადგილის განათების დაგეგმვისას უნდა ვიხელმძღვანელოთ სინათლის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი კრიტერიუმებით. პირველ ნაბიჯს წარმოადგენს სამუშაო ადგილის შესასრულებელი სამუშაოს სიზუსტის, მოცულობის შესწავლა; მუშაობის პროცესში მუშის გადაადგილების ხარისხის დადგენა; განლაგებული ავეჯის, აპარატურის, მოწყობილობების მიერ ჩრდილების წარმოქმნის შესაძლებლობები და ხარისხი; გამაღიზიანებელი არეკლილი სინათლის აცილება, რომელიც ართულებს მექანიზმების და დეტალების აღქმას; მაღალი სიკაშკაშის სინათლის და ღრმა ჩრდილების აცილება.

განათება და სასინათლო გარემო ხასიათდება რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლებით. რაოდენობრივ მაჩვენებლებს მიეკუთვნება:

სინათლის ნაკადი , სინათლის ძალა, განათებულობა, სიკაშკაშე.

სინათლის გამოყენებული წყაროებისაგან არის დამოკიდებული ფერთა გადაცემის სისწორე.

სინათლის წყაროები ფერის მიხედვით იყოფა სამ კატეგორიად:

– „თბილი“ ფერები (თეთრი მოწითალო სინათლე) – საცხოვრებელი სახლების გასანათებლად;

– შუალედური ფერები (თეთრი სინათლე) – სამუშაო ადგილების გასანათებლად;

„ცივი“ ფერები (თეთრი ცისფერი სინათლე) – ისეთი სამუშაოებისათვის, რომლებისთვისაც საჭიროა განათების მაღალი დონეები და ცხელი კლიმატის მქონე რაიონებისათვის.

სინათლის წყაროს უმნიშვნელოვანესი მაჩვენებელია გამოსხივების ფერი, რომლის დასახასიათებლად შემოდებულია ფერითი ტემპერატურის ცნება  $T_{ფერ}$ . ფერითი ტემპერატურა  $T_{ფერ}$  შავი სხეულის ისეთი ტემპერატურაა, რომლის გამოსხივების ფერი იდენტურია საკვლევი ობიექტის გამოსხივების ფერისა. ფერითი ტემპერატურის საზომი ერთეულია კელვინი  $^{\circ}K$ .  $0^{\circ}C$  შეესაბამება  $273^{\circ}K$ .

სამუშაო ადგილის განათების დაგეგმვისას უნდა ვიხედოდვანგლოთ სინათლის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი კრიტერიუმებით.

“თვალის მოჭრასთან” დაკავშირებით შეიძლება საუბარი კარგ და ცუდ ლუქსებზე. მაგალითად, მანქანით მგზავრობისას საკუთარი ფარის შუქი – “კარგი ლუქსებია”, ხოლო შემხვედრი მანქანის ფარის შუქი – “ცუდი ლუქსებია”.

სინათლე ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი აბიოტიკური ფაქტორია. მზე კოსმოსურ სივრცეში გამოასხივებს უზარმაზარ სხივურ ენერგიას. მთელი დაცემული რადიაციის 42% ატმოსფეროს მიერ აირეკლება მსოფლიო სივრცეში, 15% შთაინთქმება ატმოსფეროს მიერ და ხდება მისი გათბობა, მხოლოდ 43% აღწევს დედამიწის ზედაპირს.

ორგანიზმებისათვის სინათლე ერთი მხრივ ენერგიის პირველადი წყაროა, რომლის გარეშეც შეუძლებელია ცხოვრება, ხოლო მეორე მხრივ – სინათლის პირდაპირი მოქმედება პროტოპლაზმაზე მომაკვდინებელია ორგანიზმისათვის. ამდენად, ბევრი მორფოლოგიური და ქცევითი მახასიათებლები დაკავშირებულია ამ პრობლემასთან. ბიოსფეროს ევოლუცია მთლიანობაში მიმართულია ძირითადად შემოსული მზის გამოსხივების “დამორჩილებაზე”, მისი სასარგებლო მდგენელების გამოყენებაზე და მავნე მდგენელების შესუსტებაზე ან მათგან დაცვაზე. შესაბამისად, სინათლე – არამარტო სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ფაქტორია,

არამედ ლიმიტირებადია როგორც მინიმალურ, ისე მაქსიმალურ დონეებზე. ამ თვალსაზრისით, სინათლე უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს წარმოადგენს. დედამიწის ატმოსფეროში შემოდწეული მზის ენერჯის დაახლოებით 50% მოდის ხილულ სინათლეზე, ინფრაწითელ (თბურ) გამოსხივებაზე 49% და დაახლოებით 1% – ულტრაიისფერ გამოსხივებაზე.

ხილული სხივები (“მზის სხივები”) შედგება სხვადასხვა შეფერილობის სხივებისაგან და სხვადასხვა ტალღის სიგრძე აქვს.

ორგანიზმების სიცოცხლისათვის მნიშვნელოვანია არამარტო ხილული სხივები, არამედ სხივური ენერჯის სხვა სახეებიც – ულტრაიისფერი, ინფრაწითელი სხივები, ელექტრომაგნიტური და ზოგი სხვა გამოსხივება.

რამდენადაც შენობის შიგნით დღის სინათლის რაოდენობა არაა საკმარისი იმისათვის, რომ დააკმაყოფილოს მოთხოვნილება მასზე, ელექტრულმა წყაროებმა უნდა მოახდინოს ამ ნაკლებობის კომპენსირება. ხელოვნური სინათლის ყველა წყარო მეტად თუ ნაკლებად ცდილობს დღის სინათლის იმიტირებას. ადამიანზე სხვადასხვა სინათლის გავლენის შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ბუნებრივი სპექტრიდან ნებისმიერი გადახრა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მავნე პოტენციალის შემცველია.

ექსპერიმენტები ამ თემაზე ჯერ კიდევ 1973 წელს ტარდებოდა. ჯონ ოტი სწავლობდა ბავშვების ორ ჯგუფს, რომლებიც მეცადინეობდნენ უფანჯრო ოთახებში. ერთ ოთახში განათება მაქსიმალურად იყო მიახლოებული ბუნებრივთან, სრული სპექტრის ნათურების გამოყენებით, ხოლო მეორეში გამოიყენებოდა ჩვეულებრივი ლუმინისცენციური ნათურები. შედეგად, ლუმინისცენციური ნათურებით განათებულ ოთახში მეცადინე ბავშვები ჯერ პიპერაქტიურები იყვნენ, ხოლო შემდეგ ძლიერ იღლებოდნენ და კარგავდნენ ყურადღების კონცენტრირების უნარს, შეიმჩნეოდა აგრეთვე წნევის ამაღლება.

ენერგოდაზოგვის აქტუალური საკითხების ჭრილში ტრადიციული ვარვარა ნათურა კრიტიკას ვერ უძლებს, რის გამოც მეცნიერთა ნაწილი მოითხოვს მათი გამოყენების აკრძალვას. თუმცა, მეორე მხრივ, კომპაქტური ლუმინისცენციური (ენერგოდამცავი) ნათურების ცუდი სპექტრული და ტოქსიკოლოგიური მაჩვენებლები უარყოფითად აისახება ადამიანების ჯანმრთელობაზე. დღეს მეცნიერები გამოდიან არამარტო ენერგორესურსების დაზოგვის დასაცავად, არამედ ადამიანების ჯანმრთელობისა და ცხოვრების ხარისხის დასაცავადაც. გერმანელი სინათლის დიზაინერის ინგო მაურერის აზრით “სინათლე გრძნობაა, და გრძნობა უნდა იყოს

სწორი”. მაშინ, როდესაც მეცნიერები სინათლის ქვეშ გულისხმობენ განსაზღვრული სიგრძის ტალღებს, რომლის გაზომვაც შესაძლებელია, დიზაინერები და არქიტექტორები განიხილავენ სინათლის აღქმას და ფსიქოლოგიას.

## 12.6. ხილული სინათლის გამოსხივება

ხილული სინათლის გამოსხივებას აქვს მოკლე ტალღის სიგრძე –  $0,76\pm 0,4$  მკმ. ხილული სინათლის ქვანტებს უფრო დიდი ენერგია გააჩნიათ, ვიდრე ინფრაწითელ გამოსხივებას, ამიტომ თბურ მოქმედებასთან ერთად ხილული სინათლის გამოსხივებამ შეიძლება იმოქმედოს ბიოქიმიურ პროცესებზე, და გამოიწვიოს ფოტოქიმიური ეფექტი. ამას შეიძლება მოჰყვეს ატომების აღზნება და ქიმიურ რეაქციებში ნივთიერების შესვლის უნარის ამაღლება. ხილული სინათლის სპექტრში შედის შვიდი ძირითადი ფერი: წითელი, ნარინჯისფერი, ყვითელი, მწვანე, ცისფერი, ლურჯი და იისფერი. ფიზიოთერაპიაში შეიქმნა ახალი მიმართულება – ფოტოქრომოთერაპია, რომელიც ძირითადი ფერების ვიწროხლოვან შუქდიოდურ გამოსხივებას ემყარება. განსაკუთრებით შესწავლილია წითელი, მწვანე და ლურჯი ფერების გამოყენება.

**წითელი ფერი.** წითელი ფერი ბიოლოგიურ ქსოვილში 25 მმ სიღრმეზე აღწევს, შთაინთქმება ეპიდერმისში და საკუთრივ კანში (დერმაში). კანქვეშა ცხიმოვან უჯრედისამდე აღწევს დაცემული ენერგიის დაახლოებით 25%. წითელი ფერი შთაინთქმება ძირითადად ფერმენტებით (კატალაზა, ცერულოპლაზმინი), აგრეთვე ცილების მოლეკულებით და ნაწილობრივ ჟანგბადით. XVII–XIX საუკუნეებში წითელი ფერი გამოიყენებოდა მედიცინაში ინფექციური დაავადებების შემთხვევაში (ყვავილი, ქუნთრუშა, წითელა). წითელი ფერის გამოყენების მცდელობა კოსმეტოლოგიაში დაკავშირებულია XIX საუკუნის ბოლოსთან, როდესაც წითელი ფერით მკერდის ეგზემის მკურნალობისას ყურადღება მიაქცევს კანის ცვლილებას, რომელიც ნაზ-ვარდისფერს ღებულობდა და ხდებოდა ნაზი. ლოკალურ კანის ზონაზე წითელი ფერით დასხივებისას იცვლება ადგილობრივი ტემპერატურა, ფარ ოვდება სისხლძარღვები, იზრდება სისხლის ნაკადის სიჩქარე. შეიმჩნევა იმუნიტეტის სტიმულირება, დაზიანებული ქსოვილების რეგენერაცია, რაც



გამოიყენება კანის ჭრილობისა და წყლულოვანი დეფექტებისა და ლორწოვანი გარსების სწრაფად მოშუშებისათვის.

თუმცა, წითელმა გამოსხივებამ ხანგრძლივი ზემოქმედებისას შეიძლება გამოიწვიოს აფორიაქება და აგრესიულობა. წითელი ფერი წინააღმდეგნაჩვენებია ციებ-ცხელების დროს, ნერვული აღგზნების, ქსოვილების გამოკვეთილი შეშუპებისა და ინფილტრაციის, ჩირქოვანი პროცესების დროს.

**მწვანე ფერი.** მწვანე გამოსხივება შთაინთქმება უფრო ზედაპირული ქსოვილებით – ეპიდერმისით და დერმით, კანქვეშა ცხიმოვან უჯრედისში გამოსხივების მხოლოდ 5% აღწევს.

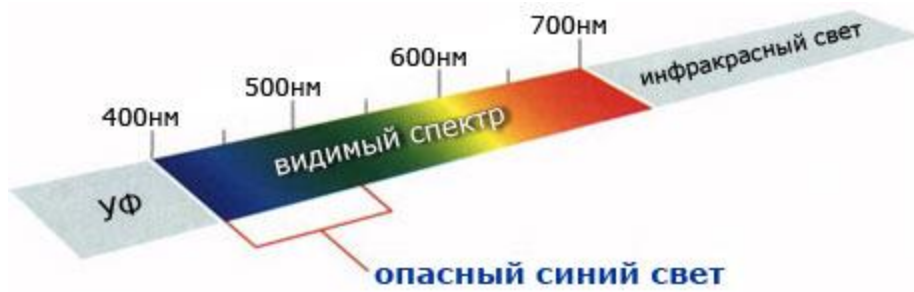
მწვანე გამოსხივების ქსოვილში შეღწევის სიღრმე 3-5 მმ-ს შეადგენს. მწვანე გამოსხივება დასხივებულ ქსოვილებში შერჩევით შთაინთქმება და ქსოვილური სუნთქვის ცვლილების უნარი აქვს.

მწვანე ფერი აწონასწორებს აღგზნების პროცესებს და ცენტრალურ ნერვული სისტემის დამუხრუჭებას, აუმჯობესებს ვეგეტატიურ რეგულირებას, ახასიათებს ადამიანის ემოციურ მდგომარეობაზე რბილი დამამშვიდებელი ქმედება. სისხლძარღვების ტონუსის ნორმალიზებისა და სისხლის მიმოქცევის დარეგულირების შედეგად მცირდება არტერიული და თვალისშიგა წნევის დონე.

მწვანე ფერი ხელსაყრელად მოქმედებს მიკროცირკულაციაზე, ამცირებს კანის ქავილს.

**ლურჯი ფერი.** ლურჯი გამოსხივება მთლიანად შთაინთქმება ეპიდერმისით და დერმით. ლურჯი ფერი აჩქარებს ბილირუბინის ფოტოდესტრუქციის პროცესებს, რაც იწვევს მის დაშლას ისეთ ნივთიერებამდე, რომელიც ადვილად გამოდის ორგანიზმიდან.

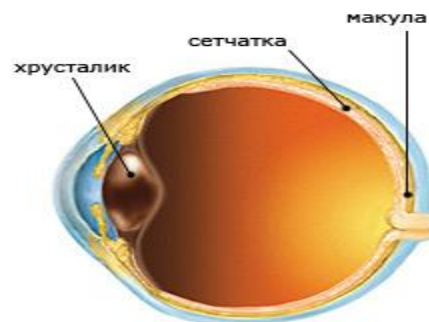
ლურჯი გამოსხივება ამუხრუჭებს ნერვულ-ფსიქიკურ საქმიანობას. ის აქვეითებს სხვადასხვა ნერვული წარმონაქმნის აღგზნებას, ანელებს ნერვული გამტარობის სიჩქარეს და აქვს ტკივილგამაყუჩებელი ქმედება. ლურჯი ფერის მოქმედება გამოიყენება პერიფერიული ნერვული სისტემის მკურნალობისას, განსაკუთრებით ნევრალგიური მტკივნეული სინდრომის დროს. არის მონაცემები ლურჯი ფერის ანტისეპტიკური და ანთებისსაწინააღმდეგო თვისებების შესახებ.



ნახ. 79. მზის გამოსხივების ხილული სპექტრი

ლურჯი სინათლე გამოსხივების ხილულ სპექტრშია. ლურჯი სინათლის ტალღის სიგრძეა 400–500 ნმ – ესაა დიდი ენერგიის მქონე მოკლე ტალღები, რომელიც ხასიათდება თვალის ქსოვილზე ფოტოდამაზიანებელი ქმედებით (სინათლის მოქმედებით გამოწვეული დაზიანება).

ლურჯი სინათლის წყაროებია: მზის გამოსხივება, დღის განათების ნათურები, ქსენონის ნათურები, კომპიუტერი. მხედველობის ფორმირებაში, ბროლის გარდა, მონაწილეობს აგრეთვე თვალის ფსკერი ანუ ბადურა. ბადურა შემადგენელი ნაწილებია: ცენტრალური ნაწილი (მაკულა) და პერიფერიული ნაწილი. მაკულაში არის უჯრედები, რომლებიც პასუხისმგებელია მხედველობის სიმასხვილეზე და ფერების აღქმაზე.



ნახ. 80. თვალის აგებულება

ასაკთან ერთად ბადურაში გროვდება პიგმენტი ლიპოფუსცინი. მოლეკულა-შუქდამჭერი ძალიან მგრძობიარეა ლურჯი სინათლის გამოსხივებისადმი.

ბადურაზე ლურჯი სინათლის ხანგრძლივად ზემოქმედებისას მოლეკულა-შუქდამჭერი გამოყოფს თავისუფალ რადიკალებს, რომლებიც ძლიერ დამჟანგველს წარმოადგენს. თავისუფალი რადიკალები აზიანებს ბადურის უჯრედებში ცხოველქმედების პროცესებს, რაც იწვევს მათ კვლამას და მხედველობის დაკარგვას. ბადურას ფოტოდაზიანება იწვევს ისეთ დაავადებას, როგორცაა მაკულის ასაკობრივი დეგენერაცია. მოცემული დაავადება არ ემორჩილება მკურნალობას და შეიძლება გამოიწვიოს მხედველობის მნიშვნელოვანი დაზიანება და დაბრმავებაც კი. მაკულის ასაკობრივი დეგენერაცია უფრო ხშირად უვითარდება ადამიანებს 50 წლის ზევით. ლურჯი სინათლის ზემოქმედებისაგან თავის ბუნებრივ დაცვას ასრულებს ადამიანის ბუნებრივი ბროლი.

## 12.7. გარემოს დაბინძურება ხილული სინათლით.

### სინათლის სმოგი

გარე განათება წარმოადგენს ქალაქის ღამის ცხოვრების განუყოფელ ნაწილს. ქუჩის დეკორატიული ღამპარების გამოყენება ქმნის ქალაქის მყუდრო ატმოსფეროს, სასიამოვნოს ქალაქის მაცხოვრებლებისათვის. ხარისხიანად შესრულებული გარე განათება უზრუნველყოფს გზებზე უსაფრთხოებას, ამცირებს დანაშაულობის დონეს.

გარემოს ისეთ “გაუმჯობესებას”, როგორცაა კარგი განათება, ეკოლოგიის ენაზე სინათლით დაბინძურება ეწოდება, რამდენადაც აზიანებს ადამიანის ფიზიკურ და ფსიქოლოგიურ ჯანმრთელობას.

სინათლით დაბინძურება სხვა არაფერია, თუ არა ნებისმიერი ღამის ხელოვნური განათება, რომელიც ჩართულია იქ, სადაც არ არის საჭირო. ეს არის: ქუჩის განათება, სარეკლამო ბანერები, ნათურები ბინებში და ა.შ. ქალაქის განათება ყოველწლიურად იზრდება 6-12%-ით.

სინათლით დაბინძურება ხდება ღამის ცაში ხელოვნური სინათლის შეჭრის შედეგად. თანამგზავრიდან ხედი სინათლით დაბინძურებას აჩვენებს როგორც ქალაქების ირგვლივ მანათ ღრუბელს. სინათლით დაბინძურებას მიეკუთვნება ნებისმიერი გარეთა სინათლე, რომელიც წარმოქმნის ათინათს და არღვევს ბუნებრივი ღამის გარემოს “მუშაობას”. სინათლით დაბინძურება არის ღამის ცის განათება სინათლის ხელოვნური წყაროებით, რომლის სინათლე განიბნევა ატმოსფეროს ქვედა ფენებში. ამ მოვლენას სინათლის სმოგსაც უწოდებენ.

გარემოს ისეთ “გაუმჯობესებას”, როგორცაა კარგი განათება, ეკოლოგიის ენაზე სინათლით დაბინძურება ეწოდება, რამდენადაც აზიანებს ადამიანის ფიზიკურ და ფსიქოლოგიურ ჯანმრთელობას.

ხილული სინათლე წარმოადგენს ბიოსფეროს დაბინძურების ერთ-ერთ სახეს. შეიმჩნეულია, რომ დიდი ქალაქების სიახლოვეს განათებულობის დონის გადაჭარბება ნეგატიურად მოქმედებს მცენარეებსა და ცხოველებზე, რომლებისთვისაც “ბიოლოგიური საათების” არევის გამო სინათლით დაბინძურება შეიძლება მათი მიგრაციის მიზეზი გახდეს.

სინათლით დაბინძურება სხვა არაფერია, თუ არა ნებისმიერი ღამის ხელოვნური განათება, რომელიც ჩართულია იქ, სადაც არ არის საჭირო. ეს არის: ქუჩის განათება, სარეკლამო ბანერები, ნათურები ბინებში და ა.შ. ქალაქის განათება ყოველწლიურად იზრდება 6-12%-ით. სინათლით დაბინძურების ძირითადი წყაროა დიდი ქალაქები და სამრეწველო კომპლექსები. სინათლით დაბინძურება იქმნება ქუჩების განათებით, სარეკლამო ბანერებითა დაპროექტორებით. ბევრი დისკორტეა სინათლის მძლავრ კონას ღამის ცისკენ მიმართავს.

სინათლით დაბინძურების შედეგად ზევით ან გვერდით მიმართული გარე განათება სინათლეს განაბნევს ატმოსფეროში და აირეკლება უკან, დედამიწაზე. შედეგად, ცაზე შეიმჩნევა ნათება. ატმოსფეროში ჰაერის დამბინძურებელი ნაწილაკები სინათლის გაბნევის გზით აძლიერებენ სინათლით დაბინძურების ზემოქმედებას. საერთაშორისო ორგანიზაციის International Dark-Sky Association მონაცემების მიხედვით, სინათლის წყაროები, რომლებიც ცისფერ შუქს ქმნიან, გაბნეული სინათლის დიდი რაოდენობის გამო ყველაზე ძლიერ გავლენას ახდენს ღამის ცაზე.

ქალაქებში ქუჩების განათების ნათურებით, სარეკლამო ბანერებით და ბინების ნათურებით გამოყენებული მილიარდობით ვატი ენერჯია გარდაიქმნება სინათლედ, რომელიც მრავალჯერადად აირეკლება და ანათებს ცას. ეს სინათლე ქალაქების თავზე ქმნის ე.წ. სინათლის გუმბათს. თვითმფრინავის ილუმინატორიდან კარგად მოჩანს, რომ თვით მეგაპოლისის გარდა ანათებს მის თავზე ღრუბლებიც, და მტვრის უმცირესი ნაწილაკების შემცველი უბრალო ჰაერიც, რომელზეც ეცემა ქუჩის სინათლე.

გამოსხივებული სინათლის დიდი ნაწილი მიემართება ან აირეკლება ზევით, რაც ქალაქის თავზე ე.წ. სინათლის გუმბათს ქმნის. ეს გამოწვეულია განათების სისტემების აროპტიმალური და არაეფექტური კონსტრუქციით. ცის განათების ეფექტი ძლიერდება ჰაერში არსებული მტვრის ნაწილაკებით, აეროზოლით. ეს ნაწილაკები დამატებით გარდატეხენ, აირეკლავენ და განაბნევენ გამოსხივებულ სინათლეს.

ბევრი ადამიანი თავისი ჯანმრთელობის საზიანოდ სარგებლობს ცივილიზაციის სიკეთებით, როგორცაა ქუჩების, მოედნების და ქალაქის სხვა ობიექტების მუდმივი განათება, რაც ბევრ მოქალაქეს უფრო ხობს ძილს. გარდა ამისა, ფანარის სინათლე, კაშკაშა და მოციმციმე რეკლამა მხედველობის ორგანოს გამაღიზიანებელ ფაქტორს წარმოადგენს. ღამის განათებით შექმნილი მუდმივი ღლის ეფექტი ბევრი ადამიანისათვის იწვევს დასვენებისა და აქტიურობის დროის წანაცვლებას ღამის ცხოვრების წესის მხარეს. ამასვე უწყობს ხელს გასართობი ცენტრების, ბარებისა და რესტორნების სადღეღამისო მუშაობა.

სინათლით დაბინძურება არის ინდუსტრიალიზაციის თანმდევი მოვლენა და გვხვდება უპირველეს ყოვლისა მჭიდროდ დასახლებულ რეგიონებში. ევროპაში მოსახლეობის დაახლოებით ნახევარი რეგულარულად გრძნობს სინათლით დაბინძურებას. ევროპის სხვადასხვა ქვეყანაში სინათლით დაბინძურების ყოველწლიური ზრდა 6-დან 12 %-მდე შეადგენს.

სინათლით დაბინძურების შედეგია აგრეთვე ელექტროენერჯის გადახარჯვა და სათბურის აირების გამობოლქვის გაზრდა. საშუალოდ, ქუჩის განათების ერთი ნათურა მოიხმარს 400 ვატს, ამრიგად, თითოეული ნათურის 8 სთ მუშაობისას იხარჯება 3,2 კვტ·სთ ელექტროენერჯია. ქალაქების სინათლით დაბინძურება იზიდავს უამრავ მწერს და ცვლის ეკოსისტემებს.

ევროპის ბევრი ქვეყნის პარლამენტში მიმდინარეობს მსჯელობა ქუჩებში ხელოვნური განათების შემცირების და სათანადო კანონპროექტის შემუშავების შესახებ.

## 12.8. სინათლის მოქმედება გარემოზე

აღმოჩნდა, რომ სადღეღამისო განათება ნეგატიურად მოქმედებს როგორც ადამიანზე, ისე ფრინველებზე, მწერებზე, ცხოველებზე და, საერთოდ, ეკოსისტემაზე.

ზედმეტად განათებული ქალაქების გამო ასტრონომები ვეღარ აკვირდებიან ცას – თუ უდაბნოში, სადაც ასეულ კილომეტრზე არ არის ნათურა, მოჩანს 2500-მდე ვარსკვლავი, ქალაქში ზოგჯერ ათეულობით ვარსკვლავის დათვლაც კი შეუძლებელია. ქალაქების სინათლის გამო მძლავრი ტელესკოპებით შეიარაღებული ობსერვატორიები მოკლებული არიან შორეული თანავარსკვლავედების და ნისლეულების დაკვირვების შესაძლებლობას, ხოლო შორეული გალაქტიკები საერთოდ უხილავია.

მზის სინათლის ძალას ბუნების ციკლების და ადამიანის ბიორითმების კონტროლირების უნარი აქვს. სინათლე დაკავშირებულია ადამიანის ემოციებთან, კომფორტის შეგრძნებასთან, უსაფრთხოებასთან, აგრეთვე შიშთან და აღფლავებასთან. ამიტომ მნიშვნელოვანია ადამიანის ფიზიკურ და ფსიქოლოგიურ მდგომარეობაზე სინათლის გავლენის ფართო შესაძლებლობების განხილვა.

სინათლის ველს, უპირატესად, ხელოვნური სინათლის წყარო ქმნის და გარკვეულ პირობებში ადამიანის ორგანიზმის ფუნქციურ მდგომარეობაში არახელსაყრელ ცვლილებებს იწვევს.

თანამედროვე ადამიანი თავისი დროის დიდ ნაწილს ატარებს დახურულ სათავსოში ხელოვნურ სინათლეზე. ბუნებრივი სინათლის სპექტრის ბევრი მდგენელი, რომელიც მნიშვნელოვანია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის, მინაში გავლისას იკარგება. შუქთერაპევტების აზრით, ადამიანი მთელი ევოლუციის მანძილზე შეეგუა მზის გამოსხივების სპექტრს და კარგი ჯანმრთელობისათვის მას აუცილებლად სჭირდება სინათლის სრული სპექტრი. ერთ-ერთი პირველი ექსპერიმენტი ჩატარდა მაცხოვრებელთა შორის ნორვეგიაში, სადაც წელიწადში 49 დღელამის განმავლობაში ღამეა. ასეთ პირობებში ადამიანები ხშირად გრძნობენ დაღლილობას, უჭირთ გამოძინება და მუშაობაში ჩართვა, ბევრი ვარდება დეპრესიაში და აპათიურ მდგომარეობაში.

მუდმივი განათება შეიძლება სპეციფიკური ქალაქური დეპრესიის განვითარების მიზეზი გახდეს. ოჰაიოს უნივერსიტეტის მკვლევართა ჯგუფმა დაადგინა, რომ მუდმივად განათებულ ოთახებში ყოფნისას ადამიანებში ვლინდება ნერვული სისტემის მოშლა, რომლის ხარისხი დამოკიდებულია განათების ინტენსივობაზე. მხოლოდ რამოდენიმე საათით სრულ სიბნელეში ყოფნა საკმარისია ფსიქიკური გაღიზიანების სიმპტომების მოსახსნელად. თანამედროვე ქალაქების მაცხოვრებლები

იმვითად თუ შეიძლება მოხდნენ სრულ სიბნელეში, და ეს ცუდად აისახება მათი ფსიქიკის ჯანმრთელობაზე. განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან ღამის საათებში მომუშავე ადამიანები. დადგინდა, რომ განათებასა და კომფორტის გრძნობას შორის სპეციფიკური კავშირი არსებობს. დადგინდა ასევე, რომ ბუნებრივი განათება გარდა ჯანმრთელობისა, ყოველთვის უფრო ხელსაყრელია და მოსახერხებელი საქმიანობის ყველა ჩვეულებრივი საქმიანობისათვის. ამდენად, არქიტექტურული პროექტის შექმნისას გათვალისწინებულ უნდა იქნეს განათების დიზაინის სპეციალისტის შეხედულება და ხელოვნური განათებისათვის გამოყენებულ უნდა იქნეს ბუნებრივთან მაქსიმალურთან მიახლოებული სრული სპექტრის ნათურები.

ხანგრძლივი და მრავალრიცხოვანი ტესტირებით დადგინდა იქნა, რომ ბუნებრივ სპექტრთან ყველაზე მეტად მიახლოებულია ვარვარების ნათურა.

ქალაქების ღამის განათება გარემოს არამარტო პირდაპირ, არამედ ირიბ ზიანსაც აყენებს. ხშირად – ესაა ენერჯის ფუჭი ხარგვა, რომლის გარეშეც თავისუფლად შეიძლება იოლად გასვლა. დადგინდა, რომ აშშ-ში ჭარბი განათების მიზეზით დღეში იფლანგება 2 მილიონი ბარელი ნავთობი (1 ბარელი ნავთობი= 159 ლ).

## 12.9. მუდმივი განათების ბიოლოგიური ეფექტი

მუდმივად განათების ქვეშ ყოფნა შეიძლება მელატონინის –ადამიანის ტვინის ეპიფიზის ძირითადი ჰორმონის, სინთეზის დათრგუნვის მიზეზი გახდეს. მელატონინი არის ჰორმონი, რომელიც გავლენას ახდენს ცირკადულ რითმზე ე.წ. „შინაგან საათებზე“, რომელიც არეგულირებს ბიოლოგიური პროცესების დღეღამურ ციკლს. ანალოგიური პროცესები მიმდინარეობს ცხოველებსა და მცენარეებში.

დღისა და ღამის ცირკადული (საშუალოდღეღამური) ციკლი ყველა ცოცხალი ორგანიზმის, მათ შორის ადამიანის, სხვადასხვა ფიზიოლოგიური რითმების განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი რეგულატორია . ამდენად, სინათლით დაბინძურება მავნებელია ადამიანებისათვის, რამდენადაც ამან შეიძლება ხელი შეუშალოს ბიორითმს და ხელი შეუშალოს მელატონინის გამომუშავებას, რომლის დაბალი დონე სიმსივნურ დაავადებების განვითარებას, აგრეთვე ნაადრევ დაბერებას იწვევს. კაშკაშა განათებულ გარემოში მომუშავე ადამიანების გამოკვლევამ აჩვენა, რომ მათ აწუხებთ სისხლის მაღალი წნევა, ხშირი თავის ტკივილი, აღელვებისკენ ტენდენცია. არსებობს სამეცნიერო ვარაუდი, რომ სინათლით დაბინძურება არის მიზეზი სარძევე ჯირკვლის კიბოს ჩამოყალიბებისა, რომელიც ყველაზე

გავრცელებულია ღამის საათებში მომუშავე ქალებში. ამასთან, რაც უფრო იზრდება სინათლით დაბინძურების დონე, მით უფრო იზრდება მუდმივი განათების დროს სარძევე ჯირკვლის კიბოს განვითარების რისკი.

უნდა აღინიშნოს, რომ სინათლით დაბინძურების ზემოქმედება ადამიანის ორგანიზმის ქრონობიოლოგიაზე ბოლომდე გამოკვლეული არ არის. შესაძლებელია გადახრები პორმონალურ ბალანსში, რომელიც მჭიდროდაა დაკავშირებული დღე-ღამის ციკლის აღქმასთან. ხელოვნურმა განათებამ კარდინალურად შეცვალა როგორც სინათლის რეჟიმი, ისე ადამიანზე სინათლის ზემოქმედების ხანგრძლივობა. ღამის საათებში სინათლის ზემოქმედება გაიზარდა და თანამედროვე ცხოვრების წესის არსებითი ნაწილი გახდა, რასაც ახლავს ადამიანის ქცევისა და ჯანმრთელობის უამრავი სერიოზული დარღვევა, გულ-სისხლძარღვთა და სიმსივნური დაავადებების ჩათვლით.

1964 წელს გერმანელმა მეკვლევარმა ვიოხლემ შეამჩნია, რომ სადღეღამისოდ განათებულ სათავსში მყოფი თაგვები გაცილებით ხშირად ავადდებიან სარძევე ჯირკვლის სიმსივნით და ამით იხოცებიან, ვიდრე ჩვეულებრივი სინათლის რეჟიმში მყოფი ცხოველები. ანალოგიური სამეცნიერო დასკვნა გააკეთა რუსეთის ონკოლოგიურმა სამეცნიერო ცენტრმა. ამერიკელმა მეცნიერმა რ. ხანმა 100 000 ეპიკრიზის შესწავლის შედეგად დაასკვნა, რომ სარძევე ჯირკვლის კიბოს განვითარების რისკი 2-ჯერ მცირეა უსინათლო ქალებში, ვიდრე მხედველობის მქონე ქალებში. უკანასკნელ წლებში შვედეთისა და ფინეთის მეცნიერებმა აღმოაჩინეს უსინათლოებში ყველა სახის კიბოს რისკის არსებითი შემცირება, და რისკის ეს შემცირება სპეციფიკურია ქალებში სარძევე ჯირკვლის კიბოსთვის.

2009 წელს იზრავლისა და აშშ-ის მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ქვეყნებში, სადაც დაბალია ღამის განათების დონე, ყოველი 100 000 ადამიანიდან პროსტატის კიბოთი ავადდება 66,77 ადამიანი. ღამის განათების საშუალო დონის შემთხვევაში ავადობა 30%-ით იზრდება (100 000 მამაკაცზე 87,11 შემთხვევა), ხოლო ღამის განათების მაღალი დონის შემთხვევაში 80%-ით და შეადგენს 100 000 ადამიანზე 157 შემთხვევას.

მეცნიერული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ ხელოვნური სინათლე თრგუნავს ორგანიზმში ჰორმონ მელატონინის წარმოქმნას, რაც თავის მხრივ იწვევს სიმსივნეების წარმოქმნას, კერძოდ წინამდებარე ჯირკვლის კიბოს მამაკაცებში და სარძევე ჯირკვლის კიბოს ქალებში.

ადამიანის ჯანმრთელობაზე განსაკუთრებით მავნედ მოქმედებს შუქდიოდებით გამოსხივებული თეთრი სინათლე.



ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ ღამის ცვლაში მუშაობას კიბოს განვითარების მაპროვაცირებლის კლასიფიკაცია მისცა. მელატონინის სინთეზისა და სეკრეციის დათრგუნვის გარდა სინათლით დაბინძურება იწვევს:

პროლაქტინის სინთეზისა და სეკრეციის გაზრდას;

საკვერცხის კისტის ინდუქციას;

უანგბადის აქტიური ფორმების გაძლიერებას;

სარძევე ჯირკვლის კიბოს სტიმულირებას;

ათეროსკლეროზის სტიმულირებას.

ე.წ. თეთრი ხელოვნური სინათლე, 440±500 ნანომეტრი ტალღის სიგრძის სინათლე სინამდვილეში ცისფერია, და თრგუნავს თავის ტვინის გირჩისმაგვარ სხეულში მელატონინის გამომუშავებას, რომელიც არეგულირებს ბიოლოგიურ საათებს და გავლენას ახდენს იმუნიტეტზე და ამუხრუჭებს სიმსივნეების განვითარებას.

“თეთრი” სინათლის ზემოქმედების ხარისხი ადამიანის ჯანმრთელობაზე ყოველდღიურად იზრდება. მეცნიერების მიერ მელატონინის გამომუშავების დათრგუნვის დონის ერთეულად მიღებულ იქნა მაღალი წნევის ნატრიუმის ნათურა, რომელიც ქმნის ყვითელ სინათლეს. ნატრიუმის ნათურებთან შედარებით ჰალოგენური ნათურები სამჯერ ძლიერად თრგუნავს მელატონინის სეკრეციას, ხოლო შუქდიოდური ნათურები – ხუთჯერ მეტად.

“ცირკადიანული დესტრუქციის” ჰიპოთეზის თანახმად, ღამის საათებში სინათლის ზემოქმედება არღვევს ენდოგენურ (შინაგან) ცირკადიანულ რითმს, თრგუნავს ეპიფიზის მიერ ღამით მელატონინის სეკრეციას, რაც იწვევს სისხლში მისი კონცენტრაციის შემცირებას.

ეპიფიზი ნეიროენდოკრინული ორგანოა, რომლის ძირითადი ფუნქციაა გარემოს სინათლის რეჟიმის შესახებ ინფორმაციის გადაცემა ორგანიზმის შიგა გარემოში. ამ გზით ხდება ფიზიოლოგიური რითმის შენარჩუნება, რაც უზრუნველყოფს გარემო პირობებთან ადაპტაციას.

ორგანიზმში ეპიფიზის ძირითადი ფუნქციებია:

ორგანიზმის ცირკადიანული და სეზონური რითმების რეგულირება;

რეპროდუქტიული ფუნქციის რეგულირება;

ორგანიზმის ანტიოქსიდანტური დაცვა;

სიმსივნის საწინააღმდეგო დაცვა;

“დაბერების მზის საათები”

მელატონინი ეპიფიზის ჰორმონია. მელატონინის ძირითადი ეფექტებია:

ცირკადული რითმების ნორმალიზება;

ანტიოქსიდანტური ეფექტი;

ცხიმ-ნახშირწყლოვანი მიმოცვლის ნორმალიზება;

კიბოს რისკის შემცირება;

სიცოცხლის ხანგრძლივობის გაზრდა.

ეპიფიზის ენდოკრინული ფუნქციის ფიზიოლოგიური კონტროლი ადამიანებსა და ცხოველებში სინათლის რეჟიმით ხორციელდება.

თვალთ აქმული სინათლის ინფორმაცია ნეირონებით გადაეცემა ეპიფიზს. ეს სიგნალები ღამით იწვევს სიმპატიკური დაბოლოებებიდან ნორადრენალინის სინთეზსა და გამონთავისუფლებას. ეს ნეორომედიატორი ადაგზნებს ეპიფიზის უჯრედების მემბრანებზე განლაგებულ რეცეპტორებს. ეს ნეიროჰორმონი, თავის მხრივ, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ორგანიზმის ბევრ ფიზიოლოგიურ ფუნქციაზე. ასაკის მომატებასთან ერთად ორგანიზმში მცირდება მელატონინის სინთეზი.

მელატონინის დედამური დონე ჯანმრთელი ადამიანის სისხლის შრატში სიცოცხლის პირველი წლიდან და ღრმა მოხუცებულობამდე მცირდება. ხანდაზმული ადამიანების სისხლში მელატონინის მომატება ღამით უფრო ნაკლებად არის გამოხატული, ვიდრე ახალგაზრდების სისხლში. მელატონინის ყველაზე მაღალი სეკრეცია შეიმჩნევა 7 წლის ასაკში.

სქესობრივი მომწიფების პერიოდში ცირკულირებად სისხლში ჰორმონის რაოდენობა ეცემა, ამასთან განსაკუთრებით გამოკვეთილად სქესობრივი მომწიფების დადგომის პერიოდში. ჰორმონის ღამისა და დღის კონცენტრაციებს შორის სხვაობა მცირდება 10-ჯერ.

60-74 წლის ასაკში ადამიანებში ფიზიოლოგიური მაჩვენებლების უმეტესობა განიცდის ცირკადიანული რითმის დადებით ფაზურ ძვრას 1,5-2 საათით ადრე.

75 წლის ასაკიდან ხშირად ადგილი აქვს მრავალი ჰორმონის სეკრეციის, სხეულის ტემპერატურის, ძილის და ქცევის ზოგიერთი რითმის დესინქრონიზაციას,

რაც შეიძლება დაკავშირებული იყოს ეპიფიზთან, რომლის ფუნქციაც მოხუცებულობის დროს ითრგუნება.

თუ ეპიფიზი ორგანიზმის მზის საათებია, მაშინ სინათლის დღის ხანგრძლივობის ნებისმიერი ცვლილება უნდა აისახოს მის ფუნქციებზე და, საბოლოო ჯამში, დაბერების სიჩქარეზე.

### 12.10. “შინაგანი საათების” გენების მუტაციები

ორგანოებამდე და ქსოვილებამდე ცირკადული რითმის სიგნალების მიმტანი ჰორმონია მელატონინი. საათების ზოგიერთ გენში მუტაციები დრამატულად აისახება ორგანიზმის ბევრ ფუნქციაზე და იწვევს სხვადასხვა პათოლოგიური პროცესის განვითარებას.

Per2-/- გენის მუტაციები იწვევს: სიცოცხლის ხანგრძლივობის შემცირებას; რეპროდუქტიული ფუნქციის ნაადრევ დარღვევას; სიმსივნის სიხშირის გაზრდას;

Clock/Clock გენის მუტაციები იწვევს: გასუქებას; მეტაბოლურ სინდრომს; რეპროდუქტიული ფუნქციის ნაადრევ დარღვევას;

Bmal1-/- გენის მუტაციები იწვევს: სიცოცხლის ხანგრძლივობის შემცირებას; კატარაქტას; სარკოპენიას.

### 12.11. მელატონინის ანტისტრესორული ეფექტები

ეპიფიზი ორგანიზმის ანტისტრესორული “დაცვის” მნიშვნელოვანი ელემენტია, და ამ დაცვაში მელატონინს არასპეციფიკური დაცვის ფაქტორის მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება.

მაღალორგანიზებულ ცხოველებს და, მით უმეტეს, ადამიანს სტრესის დასაწყისში უვითარდებათ ნეგატიური ემოცია. მელატონინი ხელს უწყობს ემოციური რეაქტიულობის შესუსტებას.

სტრესს აუცილებლად ახლავს დიდი ძვრები ენდოკრინულ სფეროში. მელატონინი ენდოკრინულ რეგულაციაში მხოლოდ თირკმელზედა ჯირკვლის მუშაობაში მკვეთრი გადახრის შემთხვევაში ჩაერთვება.

სტრესი არახელსაყრელად მოქმედებს იმუნურ სისტემაზე. მელატონინი იმუნოკომპეტენტურ უჯრედებზე ახდენს როგორც პირდაპირ, ისე გაშუალდებულ ზემოქმედებას.

ქრონიკული სტრესი (მაგ. ტკივილთან დაკავშირებული) იწვევს დღეღამური ბიორითმების დარღვევას, ამ დროს იქმნება ძილთან დაკავშირებული პრობლემები. ბიორითმების დარღვეულობაში მონაწილეობს მელატონინი.

### **12.12. მელატონინი, დაბერება და სიმსივნის განვითარება**

მელატონინი აფერხებს დაბერებისა და კიბოს ჩამოყალიბების პროცესებს, ამცირებს რა ამ პროცესების გამომწვევი ჰორმონების წარმოქმნას. მელატონინი ასტიმულირებს იმუნურ ზედამხედველობას, ხელს უწყობს მეტაბოლური სინდრომის თავიდან აცილებას. ერთდროულად ამუხრუჭებს ჟანგბადის თავისუფალი რადიკალის წარმოქმნას და ააქტიურებს ანტიოქსიდანტურ დაცვას. მელატონინი ამუხრუჭებს უჯრედების პროლიფერატიულ (გამრავლების) აქტიურობას და მუტაგენების მოქმედებას. ყოველივე ეს ადასტურებს ეპიფიზის და მელატონინის მნიშვნელობას კიბოს განვითარების შეფერხებაში.

სხვა ჰორმონებისაგან განსხვავებით, მელატონინის მოქმედება უჯრედის სტრუქტურაზე დამოკიდებულია არამარტო სისხლში მის კონცენტრაციაზე და უჯრედშორის გარემოზე, არამედ უჯრედის საწყის მდგომარეობაზე.

მელატონინი უნივერსალური ენდოგენური ადაპტოგენია, რომელიც ხელს უწყობს გარკვეულ დონეზე ორგანიზმის ბალანსის შენარჩუნებას და მუდმივად ცვლად გარემოსთან ადაპტირებას.

მრავალრიცხოვანმა კვლევებმა აჩვენა, რომ მელატონინი ამუხრუჭებს ლაბორატორიული ცხოველების დაბერების პროცესებს და ზრდის სიცოცხლის ხანგრძლივობას, ახასიათებს ანტიოქსიდანტური და კიბოს საწინააღმდეგო ქმედება. მელატონინი აუცილებელია ბიოლოგიური საათის ნორმალური რეგულირებისათვის.

### **12.13. სინათლით დაბინძურების სხვა შედეგები**

მონაცემების მიხედვით, დიდი ქალაქების ჩირაღდნები ღამის ცის ხილვადობას 200 მილით ამცირებს. სინათლით დაბინძურება სერიოზული პრობლემაა ობსერვატორიებისათვის, რამდენადაც ქალაქის სინათლე ამცირებს ვარსკვლავებიდან და პლანეტებიდან წამოსულ სინათლეს. დიდ ქალაქებში სინათლით დაბინძურება პრაქტიკულად შეუძლებელს ხდის ასტრონომიულ დაკვირვებას.

ცის გაშუქების შედეგად მოჩანს მხოლოდ განსაკუთრებით კაშკაშა ვარსკვლავები, და თუ ბნელ ცაზე ადამიანს შეუიარაღებელი თვალით შეუძლია დაინახოს 2-3 ათასამდე ვარსკვლავი, ქალაქში ან სხვა ხელოვნური განათებით გააკაშვებულ გარემოში ხშირად შეუძლებელია 50-ზე მეტი ვარსკვლავზე მეტის დანახვა.

ამრიგად, დიდი ქალაქებიდან შეიძლება მხოლოდ კაშკაშა ვარსკვლავების, მთვარის და ზოგიერთი პლანეტის (მერკურის, ვენერას, მარსს, იუპიტერს და სატურნს), და ძალიან რთულია შორეული კოსმოსის ობიექტებზე (ვარსკვლავურ შეჯგუფებაზე, ნისლეულებზე, გალაქტიკებზე და მისთ.) დაკვირვება. გარდა ამისა, შეუძლებელი ხდება ვარსკვლავების კონტურების განსაზღვრა, რამდენადაც ბევრ მათგანში სუსტი ვარსკვლავები შედის. ამასთან, კაშკაშა სინათლე ადამიანის თვალს სიბნელესთან შეგუებას უშლის ხელს.

სინათლით დაბინძურება ძლიერ აძნელებს ოპტიკური ტელესკოპების გამოყენებას. ტელესკოპის მუშაობის პრინციპი ისაა, რომ ტელესკოპი აგროვებს ვარსკვლავებისა და სხვა ობიექტების შუქს ღინზებისა და სარკეების დახმარებით. სინათლით დაბინძურების შემთხვევაში ტელესკოპი აგროვებს არამარტო და არა იმდენად ვარსკვლავების სინათლეს, რამდენადაც ჰაერში არსებული წყლის ორთქლით და მტვრით არეკვლილ და გაბნეულ ღამპარების შუქს. გარდა ამისა, სინათლით დაბინძურება ამცირებს ციურ სხეულებსა და თვით ცას შორის კონტრასტს. ეს გარემოება ასტრონომებს დასახლებული პუნქტებიდან დაშორებისკენ უბიძგებს.

იტალიელი ასტრონომების მიერ ჩატარებული კვლევების თანახმად 200 კმ-ით დაშორებულ ქუჩის ერთადერთ ფანარსაც კი შეუძლია ხელი შეუშალოს ცაზე დაკვირვებას.

დიდი ქალაქების შუქი უკვე ზიანს აყენებს კანარის კუნძულებზე, ჩილეს მთებსა და ჰავაიზე განთავსებულ ტელესკოპებსაც კი.

თუ სინათლის წყაროების რაოდენობა და სიმძლავრე ასევე გააგრძელებს მატებას, მეცნიერთა აზრით 2025 წელს იტალიელები თავისი ქვეყნიდან ვეღარ დაინახავენ „ირმის ნახტომს“ („Млечный Путь“). ამერიკელების 70%-ს უკვე აღარ შეუძლიათ მისი დანახვა.

სპეციალისტების აზრით, სინათლით დაბინძურება მნიშვნელოვანია საფრნგეთშიც. 1876 წელს, როდესაც პარიზის გარეუბანში შეიქმნა ობსერვატორია, ასტრონომებს არ ჰქონდათ ვარსკვლავებზე დაკვირვებისათვის შეფერხება. დღეს კი ღამის ცა მოყვითალო შარავანდით არის მოსილი, რაც პარიზის განათების პირდაპირი შედეგია. მსგავსი სიტუაცია შეიმჩნევა ყველა დიდი ქალაქის სიახლოვეს. ხელოვნური ღამის განათების დონის მსოფლიო ატლასის მონაცემების მიხედვით ევროპაში ყოველწლიურად 5%-ით იზრდება და მეგაპოლისების მაცხოვრებლებს 90% ვარსკვლავებზე დაკვირვების საშუალება არ აქვთ.

ამრიგად, სინათლით დაბინძურება სერიოზულად უშლის ხელს არამარტო ასტრონომ-მოყვარულებს, არამედ ართულებს ასტრონომიული ობსერვატორიების მუშაობას. თანამედროვე ობსერვატორიებს აშენებენ დიდი დასახლებული პუნქტებიდან დასორებით, რათა თავიდან იქნას აცილებული სინათლით და ატმოსფერული დაბინძურება. ზოგიერთ რეგიონში სინათლით დაბინძურებასთან ბრძოლა მიმდინარეობს საკანონმდებლო დონეზე.

გარემოს დაბინძურების ეს სახე ნეგატიურად მოქმედებს ველურ ბუნებასა და მცენარეებზეც. მაგალითად, ღამის სინათლე ზღვის კუს, მიგრირებადი ჩიტების და ღამის ცხოველების დეზორიენტაციის მიზეზი ხდება.

სინათლე იზიდავს მწერებს, რამაც, თავის მხრივ, შეიძლება ხელი შეუშალოს ღამის ყვავილების დამტვერიანებას. გარემოზე სინათლით დაბინძურების ზემოქმედების დადგენა რთულია. თუმცა დანამდვილებით შეიძლება ითქვას, რომ სინათლით დაბინძურება მნიშვნელოვან საფრთხეს უქმნის მწერების, ცხოველების და მცენარეთა მრავალი სახეობის არსებობას, ძლიერ გავლენას ახდენს მათ ფიზიოლოგიასა და ქცევაზე, მაგალითად ხელს უშლის სივრცეში ცოცხალი ორგანიზმების ორიენტაციას, არღვევს რეაქციას დღედამურ რითმზე და ა.შ.

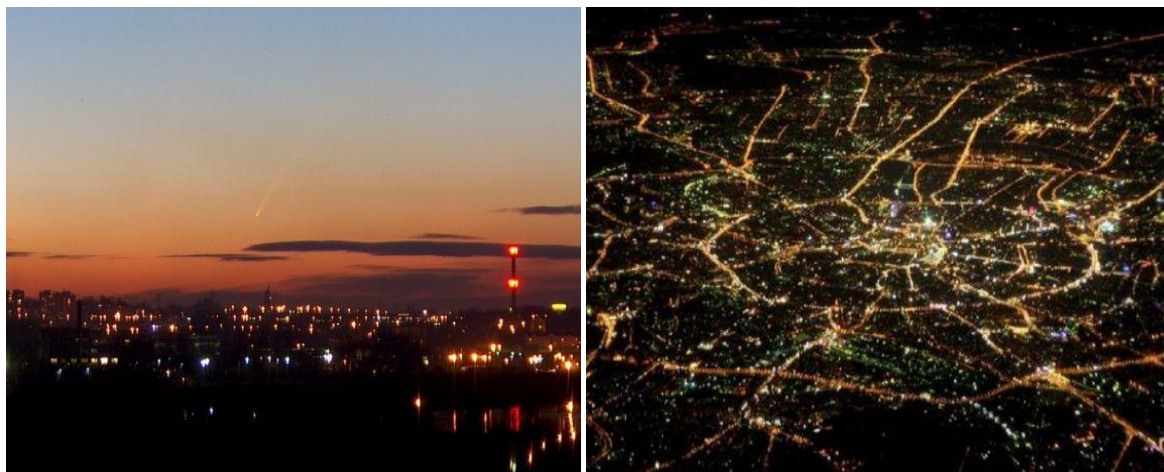
მოცემული სფერო ჯერ საკმარისად შესწავლილი არ არის. ადამიანზე და სხვა ცოცხალ ორგანიზმებზე სინათლით დაბინძურების ზემოქმედება გლობალური და ძალიან სერიოზული პრობლემაა.

სინათლით დაბინძურება (ღამის ცის დაშუქება) – კაცობრიობისათვის დიდ პრობლემად იქცა. თანამედროვე მეგაპოლისის მაცხოვრებელმა შეიძლება მთელი ცხოვრების მანძილზე ერთხელაც კი ვერ დაინახოს ნამდვილი ვარსკვლავებიანი ცა.

თუმცა სუფთა ბნელი ღამის ცისათვის მებრძოლთა მტკიცებით იმისათვის, რომ არ მოხდეს ცის დაბინძურება შუქით, დიდი ძალისხმევა არ არის საჭირო.

მთელ მსოფლიოში აქტივისტები ჩაებნენ ბრძოლაში არაბუნებრივ ღამის განათებასთან. სინათლის ხელოვნური წყაროები ხომ არამარტო ასტრონომიულ დაკვირვებას უშლის ხელს, არამედ საფრთხეს უქმნის ცხოველთა სიცოცხლესა და ადამიანების ჯანმრთელობას. ნამდვილი ვარსკვლავებიანი ცის დანახვა მხოლოდ მიყრუებულ ადგილიდან შეიძლება.

უკეთესობისაკენ სიტუაციის შეცვლისთვის ზრუნვა დაიწყო როგორც საერთაშორისო საზოგადოებრივმა ორგანიზაციებმა, ისე ზოგიერთი ქვეყნის მთავრობამ და მუნიციპალიტეტმა. მათი რეკომენდაციით, პირველ რიგში საჭიროა ზედმეტი ხელოვნური განათებაზე უარის თქმა როგორც საზოგადოებრივ ადგილებში, ისე კერძო სახლებში. ხოლო იქ, სადაც სინათლის გარეშე იოლად ვერ გავლენ, საჭიროა მოძრაობის გადამწოდებითა და ტაიმერებით ადჭურვილი სპეციალური ლამპარების და მანათი სისტემების გამოყენება.



ნახ. 81. სინათლით დაბინძურებული ქალაქის გარემო

#### 12.14. პრობლემის მასშტაბურობა

2003 წელს შეიქმნა ბნელი ღამის ცის საერთაშორისო ასოციაცია (International Dark-Sky Association), რომლის პირველი აქცია იყო აშშ-ში ჩატარებული “ბნელი ცის

ნაციონალური კვირა”. ეს აქცია ტარდება ყოველწლიურად აპრილში, როდესაც ასტრონომთა აზრით, ქვეყნის თავზე ყველაზე ლამაზი ცაა.

მოძრაობა Dark-Sky იბრძვის სინათლით დაბინძურების შესამცირებლად. მისი მიზანია ღამის ცის ისე “შეცვლა”, რომ ადამიანებს შეეძლოთ ვარსკვლავების დანახვა, გარემოს არაბუნებრივი განათების ეფექტების შემცირება და ელექტროენერჯის მოხმარების შემცირება. ასოციაციის საქმიანობა მდგომარეობს იმ კომპანიების წახალისებაში, რომლებიც გამოიყენებენ სპეციალური ტექნოლოგიებით დამზადებულ ნათურებს.

ახალ ზელანდიაში ღამის ცის მოყვარულთა ინიციატივით ქალაქი ტეკაპო მსოფლიოში პირველად სრულად აღჭურვეს ე.წ. “ცის მეგობარი განათების სისტემებით”. ქალაქ ტეკაპოში მოქმედებს სპეციალური ლამპარები, რომლებიც ანათებს მხოლოდ მკაცრად შემოსაზღვრულ ტერიტორიას ისე, რომ არ განაბნევს მას ცაში. უფრო მეტიც, ასეთი ფანარი უსაფრთხოა მწერებისათვის. პატარა ქუჩებსა და პარკებში დაყენებულია სპეციალური მანათი სისტემები, რომლებიც აღჭურვილია ტაიმერებითა და მოძრაობის გადამწოდებით.

ასოციაციის წევრები ხაზს უსვამენ, რომ ისინი იბრძვიან არა განათების წინააღმდეგ, არამედ შუქის ცუდი წყაროს წინააღმდეგ.

აღსანიშნავია, რომ სინათლით დაბინძურებამ გამოიწვია ტურისტული ბიზნესის ახალი მიმართულება – ზოგიერთი მინი-ოტელი და ტურისტული კომპანია მოქალაქეებს სთავაზობს ახალ სერვისს – ვარსკვლავებით მოჭედილი ცის ჭვრეტას. პირველად ასეთი მომსახურება გაჩნდა შოტლანდიის მიყრუებულ მხარეში, სადაც მოაწვევს მსოფლიოში პირველი პარკი სახელწოდებით “ვეროპის ბნელი ცა”.

ღამის განათებისადმი გონივრული მიდგომა არამარტო დაიცავს მწერებისა და სხვა ცხოველთა მილიარდობით სიცოცხლეს, გააუმჯობესებს ადამიანთა გუნებ-განწყობილებას, დაზოგავს ბუნებრივ რესურსებს, არამედ ყოველ ღამით ადამიანებს დიდებული და მუდამ განსხვავებული ღამის ცით დატკობის საშუალებას მისცემს.











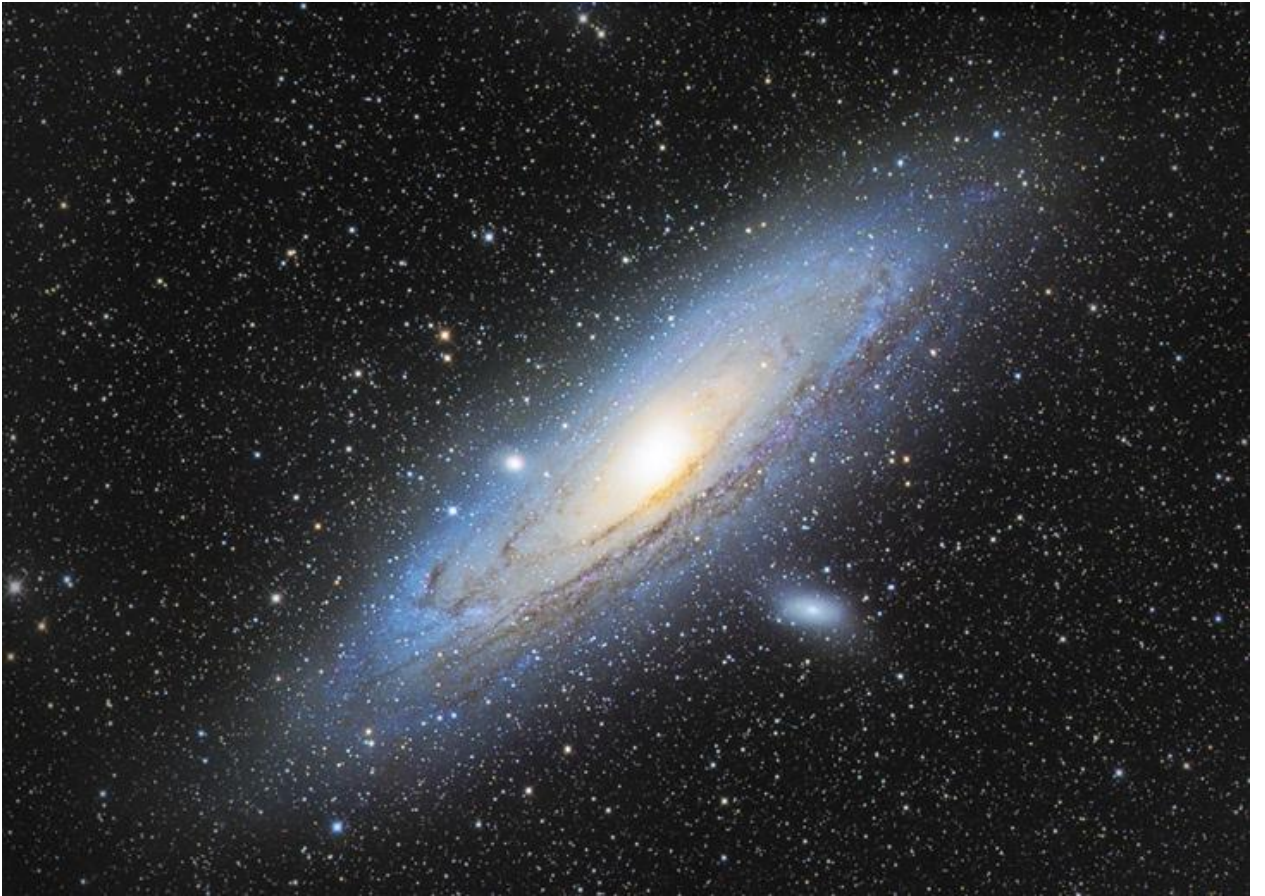




















### 12.15. სინათლით დაბინძურების შემცირების გზები

სინათლით სივრცის დაბინძურების დონე სულ უფრო იზრდება – ყოველწლიურად 6-12%-ით. მეცნიერები განიხილავენ ამ მდგომარეობიდან გამოსვლის გზებს, რომელიც ზოგადად შეიძლება ასე ჩამოყალიბდეს:

- დაუშვებელია იმ ადგილების განათება, რომლის განათებაც არაა აუცილებელი;

- საჭირო მოედნები განათდეს ჭკუით, „სამყაროს დაბინძურების“ გარეშე.

ამ მიზნით სპეციალისტები შეიმუშავებენ ქუჩის განათების სხვადასხვა სისტემას. მაგალითად, გზის თავზე ჩვეულებრივი ფანარის ნაცვლად, რომლის სინათლე ასფალტით უკან აირეკლება ცაში, გამოყენება სპეციალური ფანარი, რომლის სინათლის ნაკადი მიმართულია პირიქით, ზევით, შემდეგ სპეციალური ეკრანით აირეკლება და ხვდება მხოლოდ გზაზე და სხვაგან არსად. ევროპის ბევრ ქვეყანაში მოქმედებს კანონი, რომელიც ითვალისწინებს არამარტო განათების შემცირებას, არამედ მის გაუმჯობესებასაც.

დამის ცა განსაკუთრებით ძლიერაა დაბინძურებული სინათლით დიდ ქალაქებში, როდესაც ერთ ვარსკვლავსაც ვერ გაარჩევს ადამიანი. ქალაქში სინათლით დაბინძურების მრავალი მიზეზია: სახლებისა და შენობების შიგა და გარე განათება, ავტომობილების ფარები, მოკაშკაშე სარეკლამო ფარები და

აბრები, ქუჩის განათება. მეცნიერთა აზრით, აშშ-ის მოსახლეობის 2/3-ს საერთოდ არ აქვს ვარსკვლავების ყურების საშუალება.

ამ მდგომარეობიდან ერთ-ერთი გამოსავალია ელექტროენერჯის მოხმარების ეკონომია, სინათლის გამოყენება მხოლოდ აუცილებლობის შემთხვევაში და მხოლოდ აუცილებელი სიმძლავრის სინათლის გამოყენება, სინათლის სიჭარბის დაუშვებლობა, განათების დაბალი სიმძლავრის მქონე წყაროების გამოყენება.

სინათლით დაბინძურების დონის შეზღუდვა აუცილებელია ჯერ კიდევ განათების პროექტის შემუშავების სტადიაზე, დაუშვებელია ჭარბი განათების დაგეგმარება და გულდასმით უნდა იქნას გააზრებული ამა თუ იმ სინათლის ხელსაწყოს ეფექტურობის და გამოყენების აუცილებლობის საკითხები.

გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ქუჩის განათება და გარე რეკლამა წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად ირიბ წყაროს ატმოსფეროში სათბურის აირების მოხვედრის, რაც თავის მხრივ გლობალური დათბობის არსებით მიზეზს წარმოადგენს. მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში ქუჩის განათებაზე მოდის სათბურის აირების მთელი ემისიის 30-დან 50%-მდე.

მსოფლიოში იზრდება ქალაქების რიცხვი, სადაც მიღებულია სინათლით დაბინძურების დონის მკვეთრად შემცირებისკენ მიმართული კანონები და ამის შესაბამისად ხდება გარე განათების მანათი მოწყობილობების მიმართ მოთხოვნების კორექტირება.

იმის გათვალისწინებით, რომ სინათლით დაბინძურება ნეგატიურად მოქმედებს ადამიანების ჯანმრთელობაზე, ცხოველებზე, ფრინველებზე და მწერებზეც კი, გარე განათებისათვის რეკომენდებულია სპეციალური ლამპარების გამოყენება, რომელიც სინათლით დაბინძურების მინიმუმამდე დაყვანის საშუალებას იძლევა. მეცნიერები მიისწრაფიან ღამის ცის ისე “შეცვლისკენ”, რომ ადამიანებს შეეძლოთ ვარსკვლავების დანახვა, გარემოს არაბუნებრივი განათების ეფექტის შემცირებისკენ, და ელექტროენერჯის მოხმარების შემცირებისკენ.

ქალაქებში ღამის განათების აბსოლუტური აუცილებლობის, აგრეთვე ენერგოდამზოგი ნათურების გამოყენების მნიშვნელოვნების გათვალისწინებით მკვლევარებმა შეარჩიეს ნატრიუმის მაღალი წნევის ნათურები, რომლებიც გამოასხივებენ მოყვითალო-ნარინჯისფერ სინათლეს და ხშირად გამოიყენება ქუჩებისა და გზების გასანათებლად.

სხვადასხვა ტიპის ნათურების მიერ გამოსხივებული სინათლის გავლენის შესწავლამ აჩვენა, რომ ჰალოგენური ნათურების თეთრი სინათლე, რომელიც ხშირად გამოიყენება სტადიონების გასანათებლად, სამჯერ უფრო ძლიერად თრგუნავს მელატონინის სინთეზს, ვიდრე ნატრიუმის მაღალი წნევის ნათურების ყვითელი სინათლე. თუმცა ყველაზე საშიში აღმოჩნდა შუქდიოდური ნათურები, რომლებიც გამოასხივებენ 440-500 ნმ სიგრძის ტალღის სინათლეს. ასეთი სინათლე 5-ჯერ უფრო ძლიერად თრგუნავს მელატონინის სინთეზს, ვიდრე ნატრიუმის მაღალი წნევის ნათურები.

ახალი ლამპარები იძლევიან სხვადასხვა ელფერის –ნეიტრალურიდან ცივამდე, თეთრ სინათლეს. კვლევებით დადგინდა, რომ თეთრ სინათლეს უდაოდ დიდი უპირატესობა აქვს ყვითელ ფერთან შედარებით. გარემო უფრო ნათელი და უფრო განათებული მოჩანს. საუკეთესო განათებულობა უსაფრთხოების შეგრძნებას ქმნის. გარდა ამისა, სიკაშკაშის თანაბარი დონის შემთხვევაში თეთრი სინათლე უზრუნველყოფს სინათლის უფრო მაღალ ვიზუალურ შეგრძნებას, ვიდრე ყვითელი. ამდენად, თეთრი სინათლის გამოყენებით შესაძლებელია სიკაშკაშის დონის შემცირება, და ამით მნიშვნელოვანი ენერგოდაზოგვის უზრუნველყოფა.

ახალი ლამპარების მაღალხარისხოვანი ოპტიკური სისტემა სხივთა კონის ზუსტად ფორმირებული კუთხისა და ბრტყელი მინის წყალობით უზრუნველყოფს სინათლით დაბინძურების თავიდან აცილებას. გამოყენებისგან დამოკიდებულებით (ქუჩა, გზა, ქალაქის ცენტრი, საცხოვრებელი რაიონი) სხვადასხვა მრავალშრიანი ოპტიკა უზრუნველყოფს საუკეთესო შუქგაცემას.

დღეისათვის ცნობილია ბევრი სახის ნათურა. განვიხილოთ სამი ძირითადი სახის ნათურები: ვარვარების ნათურები, ლუმინისცენციური ნათურები, შუქდიოდები.

**ვარვარების ნათურა** – სინათლის ელექტრული წყაროა, რომელშიც ვარვარების სხეული (ძნელდნობადი გამტარი), მოთავსებული გამჭვირვალე ვაკუუმირებულ ან ინერტული აირით შევსებულ ჭურჭელში, ელექტრული დენის გავლის ხარჯზე ხურდება მაღალ ტემპერატურამდე, რის შედეგადაც გამოასხივებს ფართო სპექტრულ დიაპაზონში, მათ შორის ხილულ სინათლეს. ვარვარების სხეულად გამოიყენება ძირითადად ვოლფრამის საფუძველზე დამზადებული შენადნობების სპირალი.

ვარვარების ნათურაში გამოიყენება გამტარის (ვარვარების სხეულის) გახურების ეფექტი მასში ელექტრული დენის გავლისას (დენის თბური მოქმედება). გამტარის ტემპერატურა მკვეთრად იზრდება დენის გავლის შედეგად. ვარვარების სხეული გამოასხივებს ელექტრომაგნიტურ თბურ სხივებს. ხილული სხივების მისაღებად აუცილებელია, რომ ტემპერატურამ მიაღწიოს რამდენიმე ათას გრადუსს. 5770<sup>0</sup> K (მზის ზედაპირის ტემპერატურა) ტემპერატურაზე შუქი შეესაბამება მზის სპექტრს. რაც ნაკლებია ტემპერატურა, მით ნაკლებია ხილული სინათლის წილი, და მით უფრო “წითელი” ჩანს გამოსხივება.

გამოყენებულ ელექტრული ენერჯის ნაწილს ვარვარების ნათურა გარდაქმნის გამოსხივებად, ნაწილი იკარგება თბოგამტარობისა და კონვექციის პროცესების შედეგად. გამოსხივების მხოლოდ მცირე ნაწილი მდებარეობს ხილული სინათლის არეში, ძირითადი წილი მოდის ინფრაწითელ გამოსხივებაზე. ნათურის მარგი ქმედების კოეფიციენტის ასამაღლებლად და “თეთრი” სინათლის მაქსიმალურად მისაღებად აუცილებელია ვარვარების ძაფის ტემპერატურის ამაღლება, რაც თავის მხრივ ძაფის მასალის თვისებებით – დნობის ტემპერატურით – არის შეზღუდული. 5770<sup>0</sup> K ტემპერატურის მიღწევა შეუძლებელია, რამდენადაც ასეთ ტემპერატურაზე ნებისმიერი ცნობილი მასალა დნება და ვეღარ ატარებს ელექტრულ დენს. ვარვარების თანამედროვე ნათურებში გამოიყენება დნობის მაქსიმალური ტემპერატურის მქონე მასალები – ვოლფრამი (3410 °C) და, ძალიან იშვიათად, ოსმიუმი (3045 °C).

სინათლის ხარისხის შესაფასებლად გამოიყენება ე.წ. ფერითი ტემპერატურა. პრაქტიკულად მიღწევად ტემპერატურაზე 2300–2900 °K გამოსხივდება არა თეთრი და არა დღის სინათლე. შედეგად ვარვარების ნათურები გამოასხივებს სინათლეს, რომელიც უფრო “მოყვითალო-წითელი” მოჩანს, ვიდრე დღის სინათლე. თუმცა, ნათურა – წერტილოვანი წყაროა, ამიტომ ადამიანისათვის დამახასიათებელია მისი სინათლის შედარება, მაგალითად, კოცონის ან სანთლის სინათლესთან, ვიდრე მასშტაბურ მზის სინათლესთან. ამიტომ ასეთი ტემპერატურის სინათლე არ იწვევს გაღიზიანებას ხანგრძლივი გამოყენებისას.

ჩვეულებრივ ჰაერზე ასეთ ტემპერატურებზე ვოლფრამი წამიერად გარდაიქმნებოდა ოქსიდად. ამ მიზეზით ვარვარების სხეული მოთავსებულია კოლბაში, საიდანაც ნათურის დამზადების პროცესში ამოტუმბულია ჰაერი.



პირველად ამზადებდნენ ვაკუუმურ ნათურებს; ამჟამად ვაკუუმურ კოლბაში ამზადებენ მხოლოდ მცირე სიმძლავრის ნათურებს (საერთო დანიშნულების ნათურებისათვის – 25 ვტ-მდე). უფრო მძლავრი ნათურებისათვის კოლბის შევსება ხდება ინერტული აირით (აზოტით, არგონით ან კრიპტონით). აირით შევსებული ნათურების კოლბაში ამდღეობის წინააღმდეგ მკვეთრად ამცირებს ვოლფრამის აორთქლების სიჩქარეს, რის წყალობითაც არამარტო იზრდება ნათურის მუშაობის ვადა, არამედ იქმნება ვარვარების სხეულის ტემპერატურის ამდღეობის შესაძლებლობა, რაც გაზრდის მქკ-ს და გამოსხივების სპექტრი მიუახლოვდება თეთრი სინათლის სპექტრს.

**ლუმინესცენციური ნათურა** – სინათლის გაზგანმუხტვადი წყარო, რომელშიც ხილული სინათლე გამოსხივდება ძირითადად ლუმინოფორით, რომელიც თავის მხრივ, ნათდება განმუხტვის ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედებით; თვით განმუხტვაც ასხივებს ხილულ სინათლეს, მაგრამ გაცილებით ნაკლები ხარისხით. ლუმინესცენციური ნათურის სინათლის გაცემა რამოდენიმეჯერ აღემატება ანალოგიური სიმძლავრის ვარვარების ნათურის სინათლის გაცემას. ლუმინესცენციური ნათურის მუშაობის ვადა შეიძლება 10-ჯერ აღემატებოდეს ვარვარების ნათურის მუშაობის ვადას.

განსაკუთრებით გავრცელებულია ვერცხლისწყლის მაღალი და დაბალი წნევის გაზგანმუხტვადი ნათურები. მაღალი წნევის ნათურები გამოიყენება ძირითადად ქუჩის განათებაში და დიდი სიმძლავრის მანათ ხელსაწყოებში, მაშინ როდესაც დაბალი წნევის ნათურები გამოიყენება საცხოვრებელი და საწარმოო სათავსების გასანათებლად.

ლუმინესცენციური ნათურის მუშაობისას ნათურის ურთიერთსაწინააღმდეგო ბოლოებში არსებულ ორ ელექტროდს შორის წარმოიქმნება დაბალტემპერატურული რკალური განმუხტვა. ნათურა შევსებულია ინერტული აირით და ვერცხლისწყლის ორთქლით, გამავალი ელდენი იწვევს ულტრაიისფერ გამოსხივებას, რომელიც უხილავია ადამიანის თვალისთვის, მაგრამ ლუმინესცენციის მოვლენის წყალობით გარდაიქმნება ხილულ სინათლედ. ნათურის შიგა კედელი დაფარულია სპეციალური ნივთიერებით – ლუმინოფორით, რომელიც შთანთქამს ულტრაიისფერ სხივებს და გამოასხივებს ხილულ სინათლეს. ლუმინოფორის შემადგენლობის ცვლილებით შესაძლებელია ნათურის ნათების

ელფერის შეცვლა. ლუმინოფორად გამოიყენება ძირითადად კალციუმის ჰალოფოსფატები და კალციუმ-თუთიის ორთოფოსფატები.

შუქდიოდი ანუ შუქგამომსხივებელი დიოდი – არის ნახევარგამტარული ხელსაწყო ელექტრონულ-ხერედიანი გადასვლით ან მეტალ-ნახევარგამტარი კონტაქტით, რომელიც ქმნის ოპტიკურ გამოსხივებას ელექტრული დენის გატარებისას. გამოსხივებული სინათლე სპექტრის ვიწრო დიაპაზონშია, მისი სპექტრული მახასიათებლები დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე, მათ შორის გამოყენებული ნახევარგამტარების ქიმიურ შემადგენლობაზე. ელექტრული დენის გატარებისას სისტემაში “მუხტის მატარებელი – ელექტრონები და ხერელები” ერთი ენერგეტიკული დონიდან მეორეზე ელექტრონების გადასვლის შედეგად ხდება რეკომბინირება ფოტონების გამოსხივებით.

რეკომბინაციის დროს ყველა ნახევარგამტარი მასალა ეფექტურად არ გამოასხვებს სინათლეს. სინათლის საუკეთესო გამომსხივებლები მიეკუთვნება სწორხაზოვანზონურ ნახევარგამტარებს (ე.ი. ისეთს, რომელშიც ხდება პირდაპირი ოპტიკური გადასვლები ზონა-ზონა). ნახევარგამტარების შემადგენლობის ვარირებით შესაძლებელია შუქდიოდების შექმნა ყველა შესაძლო სიგრძის ტალღისთვის – ულტრაიისფერიდან საშუალოინფრაწითელ დიაპაზონამდე.

## 12.16. განათების ეკოლოგიური ნორმირების კრიტერიუმები

განათების ხარისხის ნორმირება ტარდება გარემოზე ფაქტორების ზემოქმედების ისეთი ზღვრული დასაშვები მნიშვნელობების დადგენის მიზნით, რომლებიც უზრუნველყოფს მოსახლეობის ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას, გენეტიკური ფონდის შენარჩუნებას, სანეურნეო საქმიანობის მდგრადი განვითარების პირობებში ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად გამოყენებას და კვლავწარმოებას.

ადამიანის თვალს ყველაზე მაღალი მგრძობიარობა სინათლისადმი აქვს სპექტრის მწვანე ნაწილში 555 ნმ ტალღის სიგრძის დიაპაზონში.

განათების ეკოლოგიური ნორმირების ძირითად კრიტერიუმად გამოდგება მდგომარეობა, რომლის შესაბამისად უსაფრთხოდ ითვლება განათების აუცილებელი პირობების ინტენსივობა.

ხელოვნური განათების წყაროების კვლევაში აჩვენა, რომ ლუმინესცენციური ეკონომნათურების გამოსხივება სცილდება ადამიანისათვის ოპტიმალური განათებულობის საზღვრებს. მისი გამოსხივება უახლოვდება იისფერს

(ულტრაიისფერს). ლუმინესცენციური ნათურების გამოსხივების დიაპაზონი ადამიანისათვის არახელსაყრელ ე.ი. სტრესის ზონაში იმყოფება.

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ლუმინესცენციური ეკონომნათურების ექსპლუატაციის ღონისძიებებს.

უსაფრთხოების ღონისძიებები: ექსპლუატაციის ვადის დამთავრების დროს ნათურა შეიძლება აფეთქდეს, კოლბა სკდება, შეიძლება მოხდეს გარღვევა კერამიკულ სამაგრთან კოლბის მიერთების ადგილზე. ეს აფეთქება შეიძლება ძალიან საშიში იყოს ადამიანისათვის, ამ დროს გამოიყოფა მწვავე სუნი, ვითარდება მაღალი ტემპერატურა. ამიტომ საჭიროა არამარტო განცალკევებით უტილიზაცია, არამედ ინსტრუქციაში თანმიმდევრობის მითითებაც. დაუშვებელია ლუმინესცენციური ეკონომნათურების ექსპლუატაცია დახურული პლაფონების გარეშე, განსაკუთრებით სასწავლო დაწესებულებებში.

ახალი ლამპარების მაღალხარისხიანი ოპტიკური სისტემა გამორიცხავს სინათლით დაბინძურებას სინათლის ნაკადის ზუსტად ფორმირებული კუთხისა და ბრტყელი მინის წყალობით. მაღალხარისხიანი ოპტიკური სისტემა საუკეთესო შექანაწილების გარანტიას იძლევა.

ცალკეული შექლიოდები ერთნაირი არაა. შექლიოდები, რომელთაც ახლო მახასიათებლები აქვთ, მწარმოებლის მიერ დაჯგუფებულია. ფერის თანაბრობის მისაღწევად აუცილებელია სხვადასხვა შექლიოდთან შექმნილი სინათლის კომბინირება.

თანამედროვე ქალაქის განათების ყველა მოთხოვნას პასუხობს კომპანია Philips-ის შექლიოდური ლამპარები.

## თავი 13

### 13.1. ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი გამოსხივება ულტრაიისფერი გამოსხივება

ოპტიკური დიაპაზონის სპექტრში ულტრაიისფერი გამოსხივება 1%-ზე ცოტა მეტს მოიცავს. ფოტობიოლოგები ულტრაიისფერი გამოსხივების მთელ სპექტრს 3 ნაწილად ყოფენ მათი ტალღის სიგრძისა და ბიოლოგიური ქმედების თავისებურებების მიხედვით.

არე A –  $0,4 \div 0,32$  მკმ, ახასიათებს განსაკუთრებულად გამოკვეთილ პიგმენტწარმოქმნას;

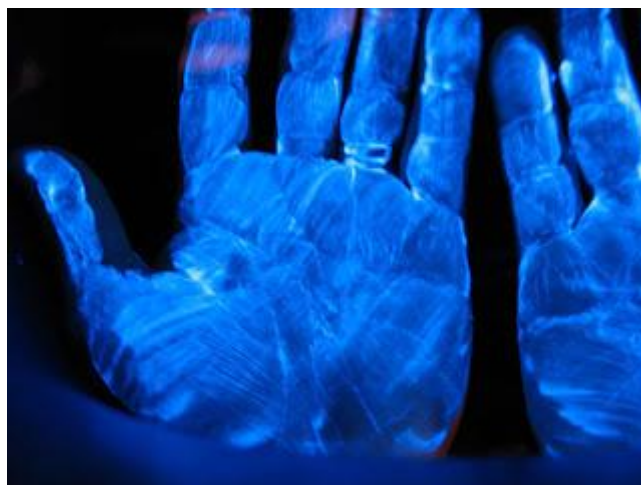
არე B –  $0,32 \div 0,275$  მკმ;

არე C –  $0,275 \div 0,18$  მკმ;

ულტრაიისფერი გამოსხივება ქსოვილში აღწევს 0,62 მმ სიღრმეზე. თუმცა ფოტონის დიდი ენერჯიის წყალობით ულტრაიისფერი გამოსხივება გამოკვეთილ ფოტოფიზიკურ და ფოტოქიმიურ ზემოქმედებას ავლენს. ულტრაიისფერ გამოსხივებაზე კანის ბუნებრივი რეაქციაა ულტრაიისფერი ერითემა, რომელიც განსაზღვრავს ულტრაიისფერი გამოსხივების ანთებისსაწინააღმდეგო და ტკივილგამაჩუყებელ ქმედებას, რაც გამოიყენება კანის ჩირქოვანი დაავადებების, ფერიჭამელების მკურნალობისას.

ულტრაიისფერი გამოსხივება კანს სასიამოვნო ოქროსფერ-ბრინჯაოსფერს ანიჭებს. ულტრაიისფერ გამოსხივებას გარუჯვის გარდა სამკურნალო ეფექტიც ახასიათებს, უმჯობესდება იმუნიტეტი, ძლიერდება წითელი სისხლის რეგენერაცია, ნორმალიზდება ორგანიზმის რეაქტიულობა. თუმცა, მრავალჯერადი ულტრაიისფერი დასხივება იწვევს კანის დანაოჭებას და კანის საფარის გამოშრობას, შეიმჩნევა თმებისა და კანის სხვადასხვა ახალწარმონაქმნების გაძლიერებული ზრდა.

### 13.2. გარემოს დაბინძურება ულტრაიისფერი გამოსხივებით



ულტრაიისფერი გამოსხივება ეწოდება ელექტრომაგნიტური გამოსხივების 0,4 მკმ-დან 20Å-მდე დიაპაზონის ტალღებს.

ულტრაიისფერი სხივების ერთადერთ ბუნებრივ წყაროდ ითვლება მზე. უნდა აღინიშნოს, რომ ადამიანის მიერ მიღებული ულტრაიისფერი დასხივების დაახლოებით მხოლოდ 50% არის პირდაპირი მზის შუქი. დანარჩენი არის არეკვლილი და გარდატეხილი ულტრაიისფერი. წყლისგან, ქვიშისგან და განსაკუთრებით თოვლისგან არეკვლილი ულტრაიისფერი გამოსხივების ინტენსივობა შეიძლება იყოს უფრო მაღალი, ვიდრე პირდაპირ მზის შუქში. ღრუბლიან ამინდში გამოსხივების ინტენსიურობა სრულად კი არ იკარგება, არამედ ოდნავ მცირდება. ამიტომ ნისლში, განსაკუთრებით მაღალმთიან რაიონში, აუცილებელია თვალის დაცვა.

ულტრაიისფერი გამოსხივების მთელი სპექტრი შეიძლება დაიყოს შორ (100 ნმ – 200 ნმ) და ახლო (200 ნმ – 380 ნმ) გამოსხივებად. ულტრაიისფერი სპექტრის შორი მდგენელი ძალიან კარგად შთაინთქმება ატმოსფერული ჰაერით, ამიტომ თვალზე მისი ზემოქმედება მინიმალურია.

ულტრაიისფერი სხივების ხელოვნურ წყაროდ ითვლებიან გაზგანმუხტვის ნათურები, ელექტრული რკალი და სხვ.

### 13.3. ულტრაიისფერი გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი

ულტრაიისფერი გამოსხივება მზის სპექტრის ბიოლოგიურად ყველაზე აქტიურ ნაწილს წარმოადგენს. ულტრაიისფერი სხივები ხილული სხივების ტალღაზე უფრო მოკლე ტალღებია და იყოფა სამ კლასად : A კლასის სხივებად, B კლასის სხივებად და C კლასის სხივებად. დედამიწის ოზონის შრის წყალბით სიცოცხლისათვის საშიში C კლასის ულტრაიისფერი სხივები დედამიწის ზედაპირამდე ვერ აღწევს და არსებით გაუელენას ვერ ახდენს ადამიანის ორგანიზმზე.

ულტრაიისფერი B გამოსხივების დაახლოებით 90% შთაინთქმება ოზონით, წყლის ორთქლით, ჟანგბადით, ნახშირბადის ოქსიდით, ხოლო ულტრაიისფერი -A გამოსხივება მცირედ შთაინთქმება დედამიწის ატმოსფეროში. ამრიგად, დედამიწის ზედაპირზე მოღწეული ულტრაიისფერი გამოსხივების ნაკადი წარმოადგენს ძირითადად ულტრაიისფერი A და მცირე ულტრაიისფერი B გამოსხივების კომპოზიციას.

A და B კლასების ულტრაიისფერი სხივები ურთიერთანაფარდობა და სიმძლავრე ჩვეულებრივ მერყეობს და დამოკიდებულია, მაგალითად, დღისა და წლის დროზე, ჰაერის დაბინძურების ხარისხზე, გეოგრაფიულ განედზე და სინათლის არეკვლის ინტენსივობაზე (წყალი, თოვლი და ა.შ.).

ულტრაიისფერი გამოსხივება აუცილებელია ადამიანის ორგანიზმის ნორმალური ცხოველქმედებისათვის. მისი არარსებობის შემთხვევაში ორგანიზმში ადგილი აქვს არასასურველ მოვლენებს, რომელსაც „სინათლის შიმშილს“ ან „ულტრაიისფერ უკმარისობას“ უწოდებენ.

ბიოლოგიური ეფექტის მიხედვით გამოყოფენ ულტრაიისფერი გამოსხივების სამ დიაპაზონს: **მაღალტალღოვანი სხივები** – ხასიათდება სუსტი ბიოლოგიური ეფექტით; **საშუალოტალღოვანი სხივები** – ხელს უწყობს კანის გარუჯვას და ბავშვების დაცვას რაქიტისაგან; **მოკლეტალღოვანი ულტრაიისფერი სხივები** – აქტიურად მოქმედებენ ცილებთან, ცხიმებთან, ხასიათდებიან გამოკვეთილი ბაქტერიოციდული ე.ი. გამაუვნებელი მოქმედებით.

ულტრაიისფერი გამოსხივება ამცირებს ადამიანის ორგანიზმის მგრძობელობას ზოგიერთი მავნე ნივთიერების მიმართ. ასეთი სახის სხივების ოპტიმალური დოზები ხელს უწყობს ნივთიერებათა ცვლას, აუმჯობესებს სისხლწარმოქმნას, ზრდის ფერმენტების აქტივობას.

ცნობილია ულტრაიისფერი გამოსხივების ხელსაყრელი მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე. ნაკლებობა მზის სხივებისა, რომლის სპექტრი ხილულ სხივებთან ერთად ულტრაიისფერ სხივებსაც შეიცავს, იწვევს ორგანიზმში ფიზიოლოგიური წონასწორობის დარღვევას და პათოლოგიური ცვლილებების განვითარებას, რომელიც ცნობილია “სინათლის შიმშილის” ან “ულტრაიისფერი უკმარისობის” სახელით. ასეთი პათოლოგიის ხშირი გამოვლენაა D ავიტამინოზი, რომელსაც თან ახლავს არა მარტო ფოსფორ-კალციუმის მიმოცვლის და ძვლების წარმოქმნის პროცესის დარღვევა, არამედ ორგანიზმის დამცველი ძალების შესუსტება, ადამიანის მიდრეკილება გაცივებითი დაავადებების მიმართ.

მცირე დოზებით ულტრაიისფერი გამოსხივება დადებითად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, ამღლებს შრომისუნარიანობას და ზრდის ორგანიზმის წინააღმდეგობას ინფექციების მიმართ. ამჟამად მიწისქვეშა სათავსებში, ქვანახშირის შახტებში, საბადოებში და სხვ. ფართოდ გამოიყენება ფოტარია –

ულტრაიისფერი სხივებით ადამიანების ხელოვნურად დასხივების მოწყობილობა, განსაკუთრებით შემოდგომა-ზამთრისა და გაზაფხულის პერიოდში.

დიდ ქალაქებში ატმოსფეროს დაბინძურების შედეგად მისი განჭვირვალობა მცირდება, რაც ხელს უშლის ულტრაიისფერი სხივების გამტარობას.

ადამიანზე ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედების დადებითი ასპექტებია: ორგანიზმში D ვიტამინი მხოლოდ ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით წარმოიქმნება;

ულტრაიისფერი სხივები ამაღლებს სიმპათიკურ-ადრენალინის სისტემის ტონუსს;

ულტრაიისფერი სხივები ააქტიურებს ორგანიზმის დაცვით მექანიზმს; ულტრაიისფერი სხივები ამაღლებს არასპეციფიკური იმუნიტეტის დონეს, ზრდის მთელი რიგი ჰორმონების სეკრეციას;

ულტრაიისფერი გამოსხივება ორგანიზმში წარმოქმნის ჰისტამინს და მისმსგავს ნივთიერებებს, რომლებსაც სისხლძარღვების გაფართოების უნარი აქვს და ამაღლებს კანის სისხლძარღვების გამტარობას.

მზის სხივები ადამიანს უზრუნველყოფს სინათლითა და სითბოთი, რაც აუმჯობესებს საერთო განწყობას და ახდენს სისხლის მიმოქცევის სტიმულირებას. ადამიანის ჯანმრთელობაზე საერთო დადებით გავლენას ახდენს ულტრაიისფერი რადიაციის საშუალოტალღოვანი ნაწილი. მისი ზეგავლენით: კანში წარმოიქმნება ეპიგეტატიური ნერვული სისტემის მასტიმულირებელი ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთები, დაზიანებულ ქსოვილებში ხდება აღდგენითი პროცესები, ძლიერდება ჰემოგლობინის, ანტისხეულების, სისხლის დამცველი უჯრედების წარმოქმნა, თმისა და ფრჩხილების ზრდა, ძვლის ქსოვილის წარმოქმნა, მცირდება ორგანიზმის მგრძობიარობა ტოქსიკური ნივთიერებების მოქმედებისადმი, ჩქარდება აღდგენითი და გამოჯანსაღების პროცესები.

ულტრაიისფერ სხივებს მადეზინფიცირებელი (ბაქტერიციდული) ქმედებაც ახასიათებს, რომელიც განსაკუთრებით ძლიერია 180-280 ნმ დიაპაზონში. ულტრაიისფერი გამოსხივება გამანადგურებლად მოქმედებს უმეტესი სახეობის პათოგენურ ბაქტერიებზე, ვირუსებსა და სოკოებზე, და ამიტომ ფართოდ გამოიყენება საოპერაციო და სხვა საავადმყოფო სათავსების ჰაერის გაუსუნებოვნებისათვის, აგრეთვე სამკურნალო პრაქტიკაში. ბუნებრივი მზის

რადიაციის დეფიციტი (კლიმატურ პირობებთან, ასაკთან, სხვადასხვა დაავადებასთან, დახურულ სივრცეში ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იძულებით ყოფნასთან დაკავშირებით) დაკავშირებულია არახელსაყრელ შედეგებთან – ნეგატიურად მოქმედებს ადამიანის გუნებაგანწყობაზე, მის ნერვულ-ფსიქიკურ ტონუსზე, აქვეითებს გონებრივ და ფიზიკურ შრომისუნარიანობაზე, ინფექციური და სხვა დაავადებების მიმართ წინააღმდეგობაზე, აძლიერებს მოტეხილობების და საყრდენ-მამოძრავებელი აპარატის სხვა დაზიანებების საშიშროებას.

და მაინც, თანამედროვე პირობებში, ადამიანის ჯანმრთელობისათვის დიდ საშიშროებას წარმოადგენს მზის დასხივების არა უკმარისობა, არამედ სიჭარბე.

ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედების ნეგატიური ასპექტებია:

ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედება იწვევს კანის დამწვრობას;

ულტრაიისფერი გამოსხივების ხანგრძლივი მოქმედება ხელს უწყობს კანის სხვადასხვა სახის კიბოს განვითარებას, აჩქარებს დაბერებას და ნაოჭების გაჩენას;

ულტრაიისფერი გამოსხივება ინტენსიური დასხივებისას იწვევს ბადურას დამწვრობას.

მზის ულტრაიისფერი გამოსხივება მოქმედებს მთელ თვალზე – ქუთუთოზე, რქოვანაზე, კონიუქტივზე, ბროლზე და ბადურაზე, და შეიძლება გამოიწვიოს თვალის მწვავე დაზიანებები: ქუთუთოს გაწითლება დაშესიება; ფოტოკერატიტი (რქოვანას დამწვრობა), რომელსაც ახლავს თვალის გაწითლება და მწვავე ტკივილი, ცრემლდენა; ბადურას დამწვრობა, სერიოზული დაზიანება, რომელსაც შეუძლია დროებითი დაბრმავეების გამოწვევა. ულტრაიისფერი გამოსხივების ხანგრძლივმა მოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს თვალის ქრონიკული დაავადებების (კატარაქტის, კარცინომისა და მისთ.) განვითარება.

ხელოვნური წყაროების ულტრაიისფერი სხივები შეიძლება გახდეს მწვავე და ქრონიკული პროფესიული დაავადებების მიზეზი.

ამ მხრივ ყველაზე ფაქიზ ორგანოდ ითვლება თვალი (რქოვანა და ლორწოვანი გარსი). ვითარდება თვალის დაავადება ელექტროოფტალმია, რომლის სიმპტომებია თვალში უცხო სხეულის შეგრძნება, სინათლის შიში, ცრემლდენა. პარალელურად ვითარდება ლორწოვანას ანთება – კონიუნქტივიტი და კატარაქტა.



ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედება კანზე მიმდინარეობს მისი ანთებით, შეშუპებით და ავთვისებიანი სიმსივნეების წარმოქმნით.

გრძელი ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებისას წარმოიქმნება ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები და დაშლის პროდუქტები; მოკლე ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებაში ჭარბობს დენატურაციის პროცესი – ცილის მოლეკულის ბუნებრივი სტრუქტურის ცვლილება, რომელიც შეიძლება იყოს შექცევადი ან შეუქცევადი. ულტრაიისფერი სხივების მკვეთრად გამოხატული მოქმედება კანზე იწვევს დერმატიტებს ეგზემით, ქავილით, შეშუპებით, წვით. ულტრაიისფერი სხივები მოქმედებენ აგრეთვე ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე, რის შედეგადაც აღიძვრება საერთო ტოქსიკური სიმპტომები – თავის ტკივილი, თავბრუსხვევა, სხეულის ტემპერატურის აწევა, მოთენთვა, ნერვული აღზნება და სხვა მოვლენები.

ულტრაიისფერი სხივები, განსაკუთრებით 320 მმკ-ზე ნაკლები ტალღის სიგრძით, უარყოფითად მოქმედებს თვალის ბადურაზე და იწვევს თვალის დაავადებას – ელექტროოფთალმიას. დაზიანების დამახასიათებელი ფორმაა: დასხივებიდან 5-6 საათის შემდეგ ძლიერი ტკივილი, თვალის ჭრა, თვალეში ქვიშის შეგრძნება, ბუნდოვანი მხედველობა, თავის ტკივილი. შეიმჩნევა კონიუნქტივის – თვალის გამჭირვალე ღორწოვანი გარსის ძლიერი გაღიზიანება, ჭარბი ცრემლდენით და მკვეთრად გამოხატული სინათლის შიშით. ხშირად ადგილი აქვს რქოვანას დაზიანებასაც წვრილი ზედაპირული ბუშტების სახით. ეს დაავადება ძირითადად შეიმჩნევა ელექტროშემდუღებლებში და კინოგადაღებაზე მომუშავე ადამიანებში, აგრეთვე შედუღების ზონაში მყოფ დამხმარე მუშებში.

#### 134. ულტრაიისფერი გამოსხივების საწარმოო წყაროები

წარმოებაში გვხვდება 360÷220 მმკ ტალღის სიგრძის ულტრაიისფერი სხივები. ულტრაიისფერი სხივები წარმოიქმნება სხეულებში, რომელთა ტემპერატურა 1500 °C-ზე მეტია და მნიშვნელოვან ინტენსიურობას აღწევს 2000 °C-ზე მაღალ ტემპერატურაზე.

ულტრაიისფერი გამოსხივების წყაროებს წარმოადგენს ვოლტას რკალი და ვერცხლისწყალ-კვარცის მილაკი, რომლებიც გამოასხივებენ მოკლე ტალღის სიგრძის ულტრაიისფერ სხივებს (280 მმკ-ზე მცირე). ულტრაიისფერი დასხივება შეიძლება განიცადონ მუშებმა, რომლებიც მუშაობენ რკალურ ელექტროშედუღებაზე, ფოლადის ელექტროდნობაზე, რადიომილაკების და

ვერცხლისწყლის გამმართველების წარმოებაში, აგრეთვე ვერცხლისწყალ-კვარცის მილაკთან მომუშავე ტექნიკურმა და სამედიცინო პერსონალმა. მეტალურგიაში ულტრაიისფერი გამოსხივება აღიძვრება ფოლადის დნობისას რკალურ ელექტროლუმელში, მარტენის ღუმელში და კონვერტერში ჟანგბადის გამოყენებისას, აგრეთვე შედუღების სამუშაოების შესრულებისას.

ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან დასაცავად გამოიყენება გამოსხივების წყაროს ეკრანირება, სპეცტანსაცმელი. ულტრაიისფერი სხივებისაგან თავის დასაცავად ელექტროშედუღებაზე მომუშავენი აღჭურვილი უნდა იყვნენ სპეციალური მუქმინებიანი ფარებით ან მუზარადებით, ხოლო ულტრაიისფერი სხივების მოქმედების ზონაში მყოფი ადამიანები – დამცველი სათვალეებით.

მომუშავეებისათვის (კანის დაუცველ ადგილებზე) ულტრაიისფერი გამოსხივების ინტენსივობა არ უნდა აღემატებოდეს 10 ვტ/მ<sup>2</sup>-ს. ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან დასაცავად გამოიყენება მზის საწინააღმდეგო ეკრანები, რომლებიც შეიძლება იყოს ქიმიური (ქიმიური საცხები) და ფიზიკური (სხივების შთანთქმა, გამბნევი და ამრეკლავი წინაღობები). კარგ დამცავ საშუალებად ითვლება სპეცტანსაცმელი, რომელიც დამზადებულია სხივაუმტარი მასალისაგან. თვალების დასაცავად გამოიყენება სათვალე დამცავი მინებით.



### 13.5. ოზონის სფეროები

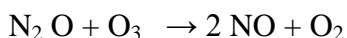
დედამიწაზე სიცოცხლის შენარჩუნება ხდება პლანეტის ირგვლივ ოზონის ეკრანის წარმოქმნის წყალობით, რომელიც დამცველი ფილტრის როლს თამაშობს და ბიოსფეროს იცავს მომაკვდინებელი ულტრაიისფერი სხივებისაგან. ატმოსფეროში ოზონის ძირითადი მასა 10-50 კმ სიმაღლეზე იმყოფება. ოზონის ფენის სისქე 2,3-5,2 მმ ფარგლებში მერყეობს. შეიმჩნევა ოზონის შემცველობის გაზრდა ეკვატორიდან პოლუსისაკენ; ოზონის ფენის სისქე მინიმალურია შემოდგომაზე, მაქსიმალური – გაზაფხულზე.

ოზონის დამცველ ფენაში უკანასკნელ ათწლეულებში შემჩნეულ იქნა ოზონის შემცველობის შემცირება. დადგენილია, რომ ოზონის შრის 50%-ით დაზიანება დედამიწაზე 10-ჯერ გაზრდის ულტრაიისფერი სხივების შემოღწევას.

ოზონის ეკრანის დაზიანება შეიმჩნევა 1975 წლიდან მოყოლებული ყოველ გაზაფხულზე ანტარქტიდის თავზე. მოგვიანებით ჩრდილოეთ პოლუსის თავზე იქნა შემჩნეული ოზონის სვეტის შემოკლება 10%-ით, ხოლო ანტარქტიდის თავზე -40%-ით (ოზონის სვეტი არის ოზონის ფენა, რომელიც უნდა გაიაროს ულტრაიისფერმა სხივებმა ატმოსფეროს ზედა ფენებიდან დედამიწის ზედაპირამდე მოცემულ პუნქტში), ანუ დამცველ ოზონის ფენაში გაჩნდა “ხვრელები”.

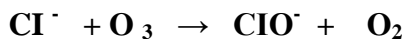
სტრატოსფეროში ოზონის კონცენტრაცია შეადგენს დაახლოებით 0,0003%, თუმცა სხვადასხვა გეოგრაფიულ ადგილში მისი შემცველობა მერყეობს. ერთი და იგივე ადგილზე ოზონის კონცენტრაციის ცვალებადობა 30%-ის ფარგლებში ნორმალურად ითვლება. დონის საშუალო ცვალებადობამ შეიძლება 10%-ს მიაღწიოს, რაც სავარაუდოდ განპირობებულია ოზონის შემცველობის ბუნებრივი ფლუქტუაციით.

“ოზონის ხვრელების” გაჩენის მიზეზს მეცნიერები სხვადასხვანაირად ხსნიან. შესაძლოა ეს დამოკიდებული იყოს ბუნებაში მიმდინარე ბუნებრივ ციკლთან, რომელზეც ადრე არ მიუქცევიათ ყურადღება. “ოზონის ხვრელის” წარმოქმნის მიზეზად პირველად თვლიდნენ ოზონის ფენაზე ზებგერითი სატრანსპორტო თვითმფრინავების გამანადგურებელ ზემოქმედებას; კერძოდ, თვლიდნენ, რომ ზებგერითი თვითმფრინავის გამონაბოლქვში არსებული წყალი და აზოტის ოქსიდები ურთიერთქმედებენ ოზონთან შემდეგი რეაქციის მიხედვით

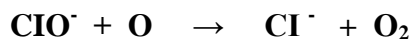


მაგრამ ასეთი ფრენის მაღალმა ღირებულებამ იმდენად შეაფერხა ზებგერითი გადაზიდვების განვითარება, რომ ის აღარ წარმოადგენს ოზონის ეკრანისათვის არსებით საშიშროებას. დღეისათვის მეცნიერები თვლიან, რომ ოზონის ფენის განადგურებას ხელს უწყობს ატმოსფეროს ზედა ფენებში შეღწეული ფრეონები (ქლოროფთორნაჰშირწყალბადები). ადამიანის მიერ შექმნილი ეს ქიმიური ნივთიერებები ინერტულია, მდგრადია და არ იწვის, არა აქვს სუნი და ახასიათებს დაბალი ტოქსიკურობა. ფრეონი ფართოდ გამოიყენება როგორც აეროზოლის გამომფრქვევი საშუალება, როგორც მაცივარაგენტი და როგორც გამსხნელი. მოხვდება რა სტრატოსფეროში, ფრეონი იშლება მზის გამოსხივების ულტრაიისფერი სხივებით და

ამ დროს გამოყოფილი ქლორის იონი კატალიზურად შლის ზედა ატმოსფეროში ოზონის შრეს:



წარმოქმნილი ქლორის მონოქსიდი ურთიერთქმედებს ქანგბადის ატომებთან და ადადგენს ქლორს:



შემდეგ მიდის ოზონის დაშლის ჯაჭვური რეაქცია.

მსოფლიოში ფრეონების წარმოებამ დიდ მასშტაბებს მიაღწია. აღმოჩნდა რომ ფრეონი არა მარტო ოზონზე მოქმედებს, არამედ მასთან ერთად შთანთქავს ინფრაწითელ გამოსხივებას, რამაც შეიძლება კიდევ უფრო გააძლიეროს სათბურის ეფექტი.

კოსმოსური რაკეტის გაშვებისას ზედა ატმოსფეროში გამოიფრქვევა დიდი რაოდენობით ქიმიურად აქტიური ნივთიერებები, რომლებიც ასევე აჩქარებენ ოზონის ხვრელის გაჩენას.

ოზონის რაოდენობის შემცირება უარყოფითად აისახება ადამიანების ჯანმრთელობაზე და დედამიწის კლიმატზე. 1987 წელს მსოფლიო დონეზე იქნა მიღებული კონვენცია ოზონის ფენის დაცვის შესახებ. დღეისათვის აკრძალულია ფრეონების გამოყენება აეროზოლების გამოსაფრქვევად. ევროპაში 200-მდე სადგურია შექმნილი, საიდანაც ხდება ოზონის ფენის მდგომარეობაზე დაკვირვება.

### 13.6. ინფრაწითელი გამოსხივება



ბიოსფეროს ფიზიკური დაბინძურების ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს თბური (ინფრაწითელი) გამოსხივება. ინფრაწითელი გამოსხივება ეწოდება 0,8 მკმ- 1-2 მმ ტალღის სიგრძის ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას.

ინფრაწითელი გამოსხივების სპექტრი პირობითად იყოფა სამ ნაწილად: გრძელტალღოვანი – 3 მკმ-ზე მეტი, საშუალოტალღოვანი – 1,5-3,0 მკმ და მოკლელტალღოვანი – 1,4 მკმ-ზე ნაკლები. ინფრაწითელ ტალღებს გამოასხივებს გახურებული სხეულები, ამიტომ ინფრაწითელ გამოსხივებას თბურ გამოსხივებასაც უწოდებენ. ინფრაწითელ გამოსხივებაზე მოდის მზის გამოსხივების ენერჯის დაახლოებით ნახევარი. აბსოლუტურ ნულზე ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ) მაღალი ტემპერატურის მქონე ნებისმიერი სხეული გამოასხივებს ინფრაწითელი არის სხივებს. ამ სხივებს თვალი ვერ აღიქვამს, თუმცა ადამიანის კანქვეშა ნერვული სისტემა მას აღიქვამს როგორც სითბოს. რაც უფრო თბილია ობიექტი, მით უფრო მაღალია ინფრაწითელი გამოსხივების ინტენსივობა.

ინფრაწითელ სხივებს გამოასხივებს გახურებული სხეულები, ხოლო ნივთიერების მიერ მისი შთანთქმისას –ახურებენ ნივთიერებას. ინფრაწითელი გამოსხივება ექვემდებარება არეკვლის, გარდატეხისა და განბნევის იგივე კანონებს, რასაც ხილული სხივები და ინფრაწითელი სხივების მიერ ხდება სითბოს გადატანა მანძილზე. ინფრაწითელი გამოსხივება არის ენერჯის ფორმა, რომელიც ახურებს უშუალოდ ობიექტს გამოსხივების წყაროსა და ობიექტს შორის ჰაერის გახურების გარეშე.

მზის გამოსხივების დაახლოებით 14% შთანთქმება ატმოსფეროს მიერ, 42% აირეკლება უკან მსოფლიო სივრცეში, ხოლო 44 % შთანთქმება დედამიწის ზედაპირით, მისი ლითოსფეროს და ჰიდროსფეროს მიერ (ეს ენერჯია იხარჯება ტენის აორთქლებაზე, ჰაერის კონვექციურ გათბობაზე და გამოსხივებით თბოცვლაზე.

ყოველი ცოცხალი ორგანიზმი, მათ შორის ადამიანის ორგანიზმიც, გარემოსთან უწყვეტი სხივური მიმოცვლის მდგომარეობაშია. ორგანიზმის მდგომარეობა , მისი ტემპერატურა, მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული გარემოს ტემპერატურაზე, ორგანიზმსა და გარემოს საგნებს შორის გამოსხივებათა ბალანსის დამყარებაზე. ადამიანის სხეულის გამოსხივების მაქსიმუმი მოდის 9,3 მკმ სიგრძის ტალღაზე. ეს

ფაქტი ადასტურებს ადამიანის ცხოველქმედებისათვის ინფრაწითელი გამოსხივების როლის მნიშვნელოვნებას.

### 13.7. ინფრაწითელი გამოსხივების გამოყენების სფეროები

**მედიცინა.** სუსტი ინფრაწითელი სხივები სამედიცინო მიზნებით გამოიყენება – დადებითად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, შეუძლია გააძლიეროს ადგილობრივი სისხლის მიმოქცევა, ნივთიერებათა ცვლა, გააფართოვოს სისხლძარღვები.

**დისტანციური მართვა.** ინფრაწითელი დიოდები და ფოტოდოდები ფართოდ გამოიყენება დისტანციური მართვის პულტებში, ავტომატიკის სისტემებში, დაცვით სისტემებში და მისთ.

**შედებისას.** ინფრაწითელი გამომსხივებელი გამოიყენება მრეწველობაში ლაქსაღებავებიანი ზედაპირების გასაშრობად. შრობის ინფრაწითელი მეთოდი ტრადიციულ, კონვექციურ მეთოდთან შედარებით ეკონომიურია – ინფრაწითელი შრობის სიჩქარე და დახარჯული ენერჯია გაცილებით ნაკლებია.

**საკვები პროდუქტების სტერილიზაცია.** ინფრაწითელი გამოსხივების დახმარებით დეზინფექციის მიზნით ახდენენ საკვები პროდუქტების სტერილიზებას.

**ანტიკოროზიული საშუალება.** ინფრაწითელი სხივები გამოიყენება ლაქით დაფარული ზედაპირების კოროზიის თავიდან აცილების მიზნით.

**კვების მრეწველობა.** კვების მრეწველობაში ინფრაწითელი გამოსხივების გამოყენების თავისებურებას წარმოადგენს ელექტრომაგნიტური ტალღების შეღწევა 7 მმ სიღრმეზე ისეთ კაპილარულ-ფოროვან პროდუქტებში, როგორცაა ხორბალი, ბურღული, ფქვილი და მისთ. ელექტრომაგნიტური ტალღა პროდუქტზე ახდენს არამარტო თერმულ, არამედ ბიოლოგიურ ზემოქმედებასაც, ხელს უწყობს ბიოლოგიურ პოლიმერებში ბიოქიმიური გარდაქმნების დაჩქარებას.

ინფრაწითელი სხივების დახმარებით საკვების მომზადებისას ხდება პროდუქტის სტერილიზება, ნადგურდება მავნე მიკროორგანიზმები, ამასთან ხდება ყველა მინერალისა და ვიტამინის შენარჩუნება. ინფრაწითელი ღუმელი განსხვავდება მიკროტალღური ღუმლისგან. ინფრაწითელი გამოსხივების ღუმელი არ იწვევს პროდუქტის დაშლას, არამედ პირიქით, ინარჩუნებს ყველა მის ბუნებრივ თვისებას.

### 13.8. ინფრაწითელი გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი

ინფრაწითელი გამოსხივების ანუ სხივური სითბოს ზომიერი დოზა ხელს უწყობს ორგანიზმის თერმორეგულაციის რეჟიმს. ზომაზე მეტი თბური გამოსხივების შემთხვევაში ადამიანი შთანთქავს რა თბური ენერჯის ნაწილს, მატულობს კანისა და მასთან მიმდებარე ქსოვილების ტემპერატურა. ეს მოქმედება არ შემოისაზღვრება სხეულის დასხივებულ უბანზე მომხდარი ცვლილებებით. დასხივებაზე რეაგირებს მთელი ორგანიზმი: მიდის ბიოქიმიური ძვრები, ირღვევა გულ-სისხლძარღვთა და ცენტრალური ნერვული სისტემის მუშაობა.

ინფრაწითელი გამოსხივების მოქმედების ეფექტი დამოკიდებულია ტალღის სიგრძეზე, გამოსხივების ნაკადის ინტენსიურობაზე, დასხივებული ზედაპირის სიდიდეზე, ორგანიზმის დასხივებულ უბანზე, დასხივების ხანგრძლივობაზე, სხივების დაცემის კუთხეზე, ტანსაცმელზე.

გრძელი ინფრაწითელი სხივები შთანთქმება კანის ზედა ფენაში 0,1-0,2 მმ სიღრმეზე. კანის ზედაპირს ყველაზე მეტად ასურებს 3 მკ ტალღის სხივები. კანის რქოვანა გარსში აღწევს 2,75 მკ-ზე მოკლე ტალღები. განსაკუთრებული შემღწვეუნარიანობა ახასიათებთ ხილულ სხივებს. 0,76-1,4 მკ ტალღის სიგრძის მქონე ინფრაწითელი სხივები ორგანიზმში რამდენიმე სანტიმეტრის სიღრმეზე აღწევს.

მოკლე ინფრაწითელი სხივები განსაკუთრებით მავნედ მოქმედებს თვალის რქოვანა გარსზე და ტვინზე. თვალზე 0,72-1,5 მკ ტალღის სიგრძის მქონე სხივების (ფოხტის სხივების) ხანგრძლივი მოქმედება თვალზე იწვევს პროფესიულ, ე.წ. ინფრაწითელ კატარაქტას, ხოლო თავის ქალაში შეღწევისას მოქმედებს ტვინის ქსოვილებზე და სხვადასხვა უჯრედულ წარმონაქმნებზე და შეიძლება თბური დარტყმა გამოიწვიოს. მოსალოდნელია დამწვრობა, კაპილარების მკვეთრი გაგანიერება, კანის პიგმენტაცია. მაგალითად, მინამბერებს და მეფოლადეებს აღენიშნებათ მდგრადი წითელი პიგმენტაცია სახეზე და ხელებზე.

ადამიანზე ინფრაწითელი გამოსხივების შესაძლო ზემოქმედების შესაფასებლად სპექტრალურ მახასიათებლებთან ერთად დიდი მნიშვნელობა აქვს გამოსხივების ინტენსიურობას. ტექნიკაში სხივური, თბური ენერჯის ინტენსიურობის ერთეულად მიღებულია ადამიანის კანის 1 სმ<sup>2</sup>-ზე ერთი წუთის განმავლობაში მოსული სითბოს რაოდენობა.

ცხრილი №23

გამოსხივების ინტენსიურობა, ჯოული/ სმ <sup>2</sup> წთ	ადამიანის ორგანიზმზე შესაძლო მოქმედება
4,2 – 8,4	შესამჩნევ ზეგავლენას არ ახდენს
8,4 – 12,6	გაძლიერებული ოფლდენა
12,6 – 21	დამწვრობა
29,4 – 33,6	ორგანიზმის გადახურება და თბური დარტყმა

რაც უფრო მეტია დასხივებული ზედაპირი და რაც უფრო ახლოსაა ორგანიზმის დასხივებული უბანი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ორგანოებთან, მით უფრო მძიმეა თბური დასხივების ეფექტი.

ცხრილი №24

გამოსხივების ენერჯია, მჯოული/ მ <sup>2</sup> სთ	მოქმედების ხასიათი	უწყვეტი მოქმედების შემთხვევაში დაყოვნების უსაფრთხო დრო
1-2	სუსტი	განუსაზღვრელი
2- 3,7	ზომიერი	3 – 5 წთ
3,7 - 5,7	საშუალო	40 – 60 წმ
5,7 – 7,5	მნიშვნელოვანი	20 – 30 წმ
7,5 – 10	დიდი	12 – 24 წმ
10 – 12,5	ძლიერი	8 – 10 წმ
12,5 –ზე მეტი	ძლიერი	2 – 5 წმ

ინფრაწითელი გამოსხივების ოპტიმალური ინტენსივობის ზედა ზღვარია 1,25 მჯოული/ მ<sup>2</sup> სთ

**პროფილაქტიკური ღონისძიებები:** ინფრაწითელ გამოსხივებასთან დაკავშირებულ სამუშაოთა რაციონალური გრაფიკის შედგენა; მუშებისათვის შრომისა და დასვენების რეჟიმის შემუშავება; სათავსში ეფექტური ვენტილაციის მოწყობა; თბური გამოსხივების წყაროს თბოიზოლაცია და ეკრანირება; საჰაერო შხაპები და კონდიციონირება; მუშებისთვის დასვენების ადგილების მოწყობა. ე.წ. „ცხელი“ პროფესიის მუშებისათვის სასმელი რეჟიმის უზრუნველყოფა, ცილოვან-ვიტამინიზირებული სასმელი რეჟიმი, სპეციალური კვების რაციონი. მუშათა წინასწარი და პერიოდული სამედიცინო შემოწმება.





ნახ.82. ინფრაწითელი გამოსხივების საზომი აპარატურა

### 13.9. ინფრაწითელი გამოსხივებისაგან დაცვა

თბური გამოსხივებისაგან მუშის დასაცავად საჭიროა გამოსხივების წყაროს ეკრანირება, რადიაციული გაციება, თბოდამცველი ხალიჩები, ფეხსაცმელი, გამაცივებელი კოსტიუმები.

მოქმედების პრინციპის მიხედვით ეკრანები პირობითად შეიძლება დავეყოთ თბომრეკლავ, თბოშთამნთქავ და თბოგამომყვან ეკრანებად. კონსტრუქციული შესრულების მიხედვით თბოდამცველი ეკრანები იყოფა სტაციონარულ, ასაწყობ და გადასადგილებელ ეკრანებად. ეკრანის გარე ზედაპირის ტემპერატურა შეიძლება დაგვარად უნდა უახლოვდებოდეს გარემოს ჰაერის ტემპერატურას. ამ დროს მინიმალურება ეკრანის ზედაპირიდან სათავსის ჰაერის კონვექციური გახურება.

თბომრეკლავი ეკრანის მასალად გამოიყენება: ფურცლოვანი ალუმინი, თეთრი თუნუქი, მზიდ კონსტრუქციებზე დამაგრებული ალუმინის ფოლგა. ინფრაწითელი სხივების არეკვლის პრინციპი გამართლებულია გამოსხივების წყაროსა და სამუშაო ადგილს სორის ამრეკლავი ფარების მოწყობისას.

თბოშთამნთქავ ეკრანებში გამოიყენება დიდი თბოწინააღმდეგობის მქონე მასალა (ლითონურ ბადეზე ან ფურცელზე დამაგრებული აზბესტის ფარი, ცეცხლგამძლე აგური), რის გამოც ეკრანის გარე ზედაპირის ტემპერატურა მნიშვნელოვნად დაბალია. სხივური სითბოს შთანთქმის პრინციპი ფართოდ

გამოიყენება ღუმლის მუშა ხერხების წინ წყლის ფარდის მოწყობისას. წყლის თხელი ფენა პრაქტიკულად სრულად შთანთქავს მასში გამავალ ინფრაწითელ სხივებს, ხილული სხივებისათვის კი სრულიად გამჭვირვალეა. ამრიგად, ინფრაწითელი გამოსხივების ინტენსიურობის შემცირებასთან ერთად იცვლება გამოსხივების სპექტრული შემადგენლობა. წყლის ფარდა 60%-ით ამცირებს თბურ გამოსხივებას.

თბოგამყვან ეკრანებს მიეკუთვნება ლითონური ფურცელი ან ბადე, რომლის ზედაპირი წყლით ირწყვება.

მუშა პროცესზე დაკვირვების შესაძლებლობის მიხედვით ეკრანი შეიძლება იყოს: გამჭვირვალე, ნახევრადგამჭვირვალე ან გაუმჭვირვალე. გამჭვირვალე ეკრანისათვის გამოიყენება სილიკატური, კვარცის ან ორგანული მინა, აგრეთვე მინა თხელი ლითონური აფსკით. ნახევრადგამჭვირვალე თბომშთანთქავ ეკრანებს მიეკუთვნება: ლითონური ბადე (უჯრედის ზომით 3 – 3,5 მმ), ჯაჭვის რგოლები, სპეციალური მინა. ასეთი ეკრანები მთლიან ეკრანებთან შედარებით ნაკლებად ეფექტურია. ამიტომ მათ იყენებენ 1000 ვტ/მ<sup>2</sup>-ზე ნაკლები ინტენსიურობის შემთხვევაში.

რადიაციული გაციების დანიშნულებაა სამუშაო ადგილზე ცივი ზედაპირის შექმნა ორგანიზმიდან გამოსხივების გზით სითბოს გაცემის დასაჩქარებლად, ე.ი. გარემოსა და მომუშავეს შორის სხივური თბოცვლის აღსადგენად. რადიაციული გაციების სისტემაში გამაცივებელი ზედაპირები იქმნება სპეციალური გამაცივებელი დანადგარებით ან წყალგამაცივებელ ეკრანებში ცივი ტექნიკური წყლის გაშხეფვით. გამაცივებელი ზედაპირის ტემპერატურა მერყეობს 7-14<sup>0</sup>C-ის ფარგლებში. რადიაციული გაციების სისტემა მცირე ენერგეტიკული დანახარჯებით სწრაფად ქმნის კომფორტულ პირობებს.

მუშების დაცვა თბური გამოსხივებისაგან შეიძლება უზრუნველყოფილ იქნეს გამოსხივების წყაროს მოქმედების ზონაში მუშის დაყოვნების ხანგრძლივობის შემცირებით.

**ცხრილი №25**

ზემოქმედების ხასიათი	თბური გამოსხივების ინტენსივობა, ვტ/მ <sup>2</sup>							
	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800
	დასხივების მაქსიმალური ხანგრძლივობა, წთ							
ერთჯერადი	20	15	12	9	7	5	3,5	2,5
1 სთ განმ-ში	45		30			15		

ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები. სპეციალური აჭრის სპეცტანსაცმელი (მაუდი, ბრეზენტი, ბამბის ქსოვილი, ქიმიურად დამუშავებული ლითონური დაფარვის მქონე ქსოვილები). ტყავის სპეციალური ფეხსაცმელი, ჩექმა ან ნახევარჩექმა.

საბუხარი (მაუდის, ბრეზენტის ან ცეცხლგამძლე მასალით გაუღენთილი სელის) სახისა და თვალის დასაცავად: – თბოდამცველი ფარი MT3-C, ადჭურვილი დამცველი სათვალთ C-32, დამცველი ნიღაბი გამჭვირვალე ეკრანით C 40;; შუქფილტრები II-2 და II-3; დამცველი სათვალე.

თავის დასაცავად: ჩაჩქანი, ჩაფხუტი, ფართოფარფლებიანი ქუდი (ქეჩის, ფეტრის ან უხეში მაუდის).

საბოლოო ჯამში შეიძლება შემდეგი დასკვნის გაკეთება:

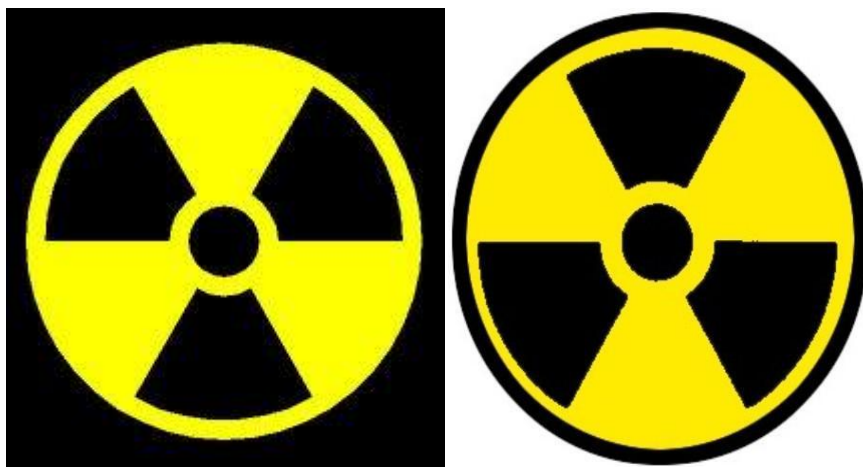
სინათლე ელექტრომაგნიტური გამოსხივებაა, თვალისათვის უხილავი;

სინათლე აბიოტიკური ფაქტორია, რომელიც ცოცხალ ორგანიზმზე ახდენს როგორც ხელსაყრელ, ისე არახელსაყრელ ზემოქმედებას;

სინათლე გავლენას ახდენს ადამიანის ფიზიკურ და ფსიქოლოგიურ ჯანმრთელობაზე, ცხოველთა ჯანმრთელობასა და პროდუქტიულობაზე და მთლიანად ეკოსისტემის პროდუქტიულობაზე.

## თავი 14

### 14.1. გარემოს რადიაქტიური დაბინძურება



ნახ. 83. “რადიაციული საფრთხე”

თანამედროვე პირობებში ადამიანზე ყველაზე უარყოფით ზეგავლენას რადიაქტიური და აკუსტიკური დაბინძურება ახდენს. რადიაქტიური დაბინძურება არის გარემოს დაბინძურება ნივთიერებებით, რომლებიც წარმოადგენს მაიონიზირებელი გამოსხივების წყაროს. გარემოში გავრცელებისას მაიონიზირებელი (რადიაქტიური) გამოსხივება იწვევს გრემოს მოლეკულების იონიზაციას ან ალგუნებას. მაიონიზირებელ გამოსხივებას, ისევე როგორც ელექტრომაგნიტურ გამოსხივებას, ადამიანი გრძნობათა ორგანოებით ვერ აღიქვამს. ამიტომ ის განსაკუთრებით საშიში ფაქტორია, რამდენადაც ადამიანმა არ იცის, რომ ის განიცდის მაიონიზირებელი გამოსხივების ზემოქმედებას.

რადიაქტიური დაბინძურება ფიზიკური (ენერგეტიკული) დაბინძურების სახეა, რომელიც დაკავშირებულია ადამიანის საქმიანობის შედეგად გარემოში რადიაქტიურ ნივთიერებათა შემცველობის დონის ბუნებრივ დონესთან გადაჭარბებასთან.

რადიაციული დაბინძურება არსებითად განსხვავდება დაბინძურების სხვა სახეებისაგან. ბიოსფეროში ყველგანაა რადიაციის ბუნებრივი წყაროები, და ადამიანი, ისევე როგორც ცოცხალი ორგანიზმები, ყოველთვის განიცდის ბუნებრივ დასხივებას.

სახალხო მეურნეობასა და სამეცნიერო-კვლევით პრაქტიკაში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება რადიაქტიური ნივთიერებები და მაიონიზირებელი გამოსხივების წყაროები. ტექნიკაში ხელოვნური რადიაქტიური ნივთიერებები გამოიყენება დეფექტოსკოპიაში (შედულების ნაწიბურების, დეტალთა ცვეთის, ლითონთა სტრუქტურის განსაზღვრისას), ტექნოლოგიური პროცესების კვლევისათვის, ინტენსიფიკაციისათვის და კონტროლისათვის (სისქისა და დონის მზომები, მუშა სათავსის ჰაერში აირის ან მტვრის ძალიან მცირე კონცენტრაციის განსაზღვრისას-სიგნალიზატორებში).

ბიოლოგიასა და მეცნიერებაში რადიაქტიური იზოტოპები გამოიყენება მცენარეთა განვითარების, მოლეკულათა აგებულების, ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლის შესასწავლად, დიაგნოსტიკაში და ავთვისებიანი სიმსივნეების სამკურნალოდ და სხვ.

ტექნოლოგიურ პროცესებში რადიაქტიური ნივთიერებები გამოიყენება:

სხვადასხვა გამოკვლევაში და საწარმოო პროცესებში – ტექნოლოგიური მიზნებისათვის, საკონტროლო-საზომ ხელსაწყოებში და ავტომატიკის მოწყობილობებში; ტექნოლოგიური პროცესის, დეტალთა ცვეთის და მზა ნაკეთობის კონტროლისათვის (გამა-დეფექტოსკოპები, რენტგენის აპარატები, ბეტატრონები).

რადიაქტიურ, მაიონიზებელ გამოსხივებასთან მუშაობა გარკვეულ საშიშროებასთან არის დაკავშირებული, და შეიძლება მძიმე შედეგიც გამოიწვიოს, მაგრამ შრომის სწორი ორგანიზაციისა და დაცვის ღონისძიებათა ზუსტად შესრულებისას მაიონიზებელი გამოსხივების გამოყენება უსაფრთხოა.

რადიაციული უსაფრთხოება შეისწავლის ბუნებრივ და ხელოვნურ რადიაციას, ცოცხალ ორგანიზმებზე რადიაქტიური გამოსხივების ზემოქმედებას, ბიოსფეროში რადიაქტიური ნივთიერებების მიგრაციის გზებს და კონცენტრაციის სფეროებს, მის გავლენას ბიოგეოცენოზზე და ცოხალი ორგანიზმების ევოლუციაზე, ბირთვული ენერჯის და რადიაქტიური ბიოტექნოლოგიების გამოყენების შედეგებს.

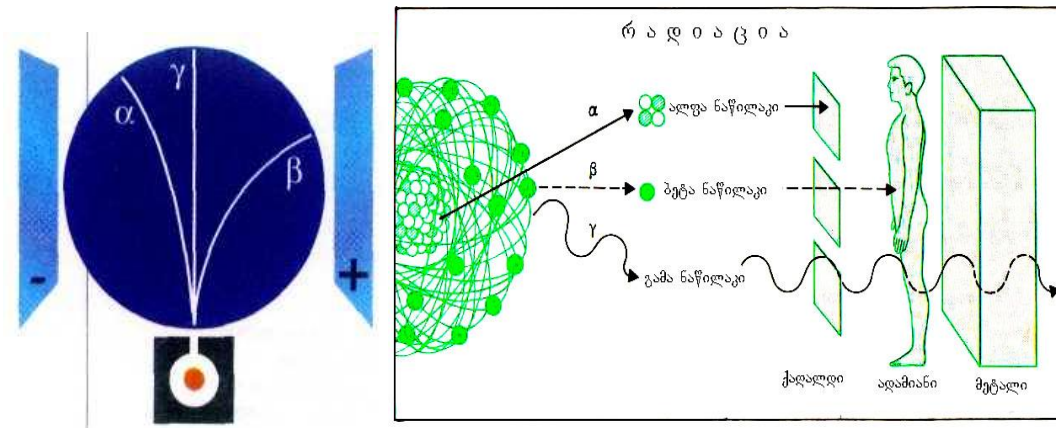
რადიაციული უსაფრთხოების ბიოლოგიური ასპექტებია: ორგანიზმში რადიაქტიური ნივთიერების შეღწევის გზების, ორგანიზმიდან გამოყვანის საშუალებების და მეთოდების, აგრეთვე გამოსხივების წყაროების მიმართ ორგანიზმის მგრძობიარობის შესწავლა.

## 14.2. მაიონიზირებელი გამოსხივების სახეები

მაიონიზირებელი გამოსხივების ქვეშ იგულისხმება ნებისმიერი გამოსხივება, რომელიც ნივთიერებაზე ზემოქმედებისას იწვევს მასში სხვადასხვა ნიშნის იონების წარმოქმნას. მაიონიზირებელი გამოსხივების ენერჯის სისტემგარეშე ერთეულია ელექტრონვოლტი (ეე). ელექტრონვოლტი იმ მუშაობის ტოლი ენერჯიაა, რომელიც სრულდება ელექტრონის გადაადგილებისას ელ.ველის ისეთ ორ წერტილს შორის, რომელთა შორის პოტენციალთა სხვაობა ერთი ვოლტის ტოლია. გამოიყენება ჯერადი ერთეულებიც:

კილოელექტრონვოლტი (კეე),  $1 \text{ კეე} = 1 \cdot 10^3 \text{ ეე}$  და

მეგაელექტრონვოლტი (მეე),  $1 \text{ მეე} = 1 \cdot 10^6 \text{ ეე}$



ნახ. 84. რადიაციული გამოსხივების სახეები და შემღწვეუნარიანობა

გამოყოფენ მაიონებელი გამოსხივების შემდეგ სახეებს:

**ალფა-გამოსხივება (α-გამოსხივება)** – დადებითად დამუხტული ნაწილაკების, ჰელიუმის ბირთვების ნაკადია, რომელსაც გამოასხივებს რადიოაქტიური ელემენტის ატომგული. α-ნაწილაკის ენერგიაა 2-9 მევ. მისი განარბენი ჰაერში შეადგენს 2-9 სმ, წყალსა და ბიოლოგიურ ქსოვილებში 0,02-0,06 მმ. α-გამოსხივება ხასიათდება იონიზაციის მაღალი სიმკვრივით და დაბალი შემღწვეუნარიანობით. α-გამოსხივება საშიშროებას არ წარმოადგენს გარეგანი დასხივებისას, მაგრამ ძალიან საშიშია α-გამომსხივებლის მოხვედრისას კანზე, თვალის ღორწოვან გარსზე და ორგანიზმში (ფილტვებში, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში).

**ბეტა-გამოსხივება (β-გამოსხივება)** წარმოადგენს ელექტრონებისა და პოზიტრონების ნაკადს. β-ნაწილაკების ენერგია 0,01-10 მევ-ის ფარგლებშია, უმეტეს შემთხვევაში 3 მევ. β-გამოსხივება შედარებით დაბალი იონიზაციის ხარისხით ხასიათდება, ვიდრე α-გამოსხივება, მაგრამ უფრო მაღალი შემღწვეუნარიანობით. β-ნაწილაკების განარბენი ჰაერში 14,5 მეტრს აღწევს, ხოლო წყალში და ბიოლოგიურ ქსოვილებში – რამდენიმე სანტიმეტრს. β-გამოსხივების მოქმედება ორგანიზმზე საშიშია როგორც გარეგანი, ისე შინაგანი დასხივებისას. საშიშია 0,1-2 მევ ენერგიის მქონე β-ნაწილაკების მოქმედება კანზე, თვალის ღორწოვან გარსზე და მათი მოხვედრა ფილტვებში და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში. ასევე საშიშია 2 მევ-ზე მაღალი ენერგიის β-ნაწილაკების მოქმედება თვალის ბროლზე.

**გამა-გამოსხივება (γ-გამოსხივება)** – ელექტრომაგნიტური (ფოტონური) ირიბად მაიონებელი გამოსხივებაა, რომელიც აღიძვრება ატომის ბირთვის ენერგეტიკული მდგომარეობის ცვლილებისას ან ნაწილაკთა ანიგილაციის (მოსპობის) დროს. ენერგიის მიხედვით განასხვავებენ რბილ (0,2 მევ-მდე), საშუალო სიხისტის (0,2-1 მევ), ხისტ (1-10 მევ) და ზეხისტ (10-მევ-ზე მეტი ენერგიით) γ-სხივებს. γ-გამოსხივება ძალიან მაღალი შემღწვეუნარიანობით ხასიათდება. ფოტონების საშუალო განარბენი ჰაერში  $\approx 100$  მეტრია, ბოლო ბიოლოგიურ ქსოვილებში – 10-15 სმ. შეუძლია გააღწიოს ტყვიის სქელ ფირფიტაში, დიდი სისქის ბეტონის კედელში. ძირითადად, საშიშია როგორც გარეგანი დასხივების წყარო. γ-სხივებით დასხივებისას ინტენსიურობა მანძილის კვადრატის უკუპროპორციულია.

**ნეიტრონული გამოსხივება** – მაღალი ენერგიის მქონე დაუმუხტავი ნაწილაკების-ნეიტრონების ნაკადია, რომელიც წარმოიქმნება ბირთვული გარდაქმნებისას. ენერგიის მიხედვით განასხვავებენ: თბურ, შუალედურ და სწრაფ ნეიტრონებს. ნეიტრონული გამოსხივება ხასიათდება მაღალი შემღწვევი და მაიონებელი უნარით. თბური ნეიტრონების საშუალო განარბენი ჰაერში შეადგენს 10-20 მ, ხოლო ბიოლოგიურ ქსოვილებში –  $\approx 2,8$  სმ. სწრაფი ნეიტრონებისა : ჰაერში – 110-130 მ, ხოლო ბიოლოგიურ ქსოვილებში – 10 სმ.

ნეიტრონების ნაკადი გარემოს იონიზაციას მეორადი პროცესების ხარჯზე ახდენს. ცოცხალ ორგანიზმში ნეიტრონების მოქმედებით შესაძლებელია ქსოვილის შემადგენელი სტაბილური იზოტოპების (ძირითადად ნატრიუმის და ფოსფორის) გარდაქმნა რადიოაქტიურ იზოტოპებად. რადიოაქტიური ნატრიუმის ბირთვი γ-ქვანტებს გამოასხივებს. ელემენტთა ბირთვებთან ნეიტრონების ურთიერთქმედებისას აღიძვრება α-და β-გამოსხივება.

ნეიტრონული გამოსხივების ძირითად წყაროს წარმოადგენს რეაქტორი, და-მაჩქარებელი. მათთან მუშაობისას შესაძლებელია მომსახურე პერსონალის გარეგანი დასხივება.

**რენტგენის გამოსხივება** – მახასიათებელი და დამუხრუჭების გამოსხივების ერთობლიობაა. მახასიათებელი გამოსხივება დისკრეტული სპექტრის მქონე ელექტრომაგნიტური (ფოტონური) გამოსხივებაა, რომელიც ატომის ენერგეტიკული მდგომარეობის ცვლილებისას აღიძვრება; დამუხრუჭების გამოსხივება უწყვეტი სპექტრის ფოტონური გამოსხივებაა, რომელიც დამუხტული ნაწილაკების

კინეტიკური ენერჯის ცვლილებისას აღიძვრება. რენტგენის სხივები აღიძვრება რენტგენის მილებში, აგრეთვე ბეტატრონების, ციკლოტრონების მუშაობისას, ელექტრონულ მიკროსკოპებში, მძლავრ გენერატორულ და გამმართველ ელექტრონულ მილაკებში, ზოგიერთ ელექტრონულ-სხივურ მილაკში. მეტალურგიულ წარმოებაში რენტგენის გამოსხივება მოქმედებს ლითონების კვლევისათვის გამოყენებული რენტგენის დანადგარის მომსახურე პერსონალზე.

რენტგენის გამოსხივების ენერჯია 1 მევ-ს არ აღემატება. რენტგენის გამოსხივება დაბალი მაიონებელი და ღრმად შეღწევის უნარით ხასიათდება. რენტგენის სხივები ღრმად შეღწევის უნარის გამო დიდ საფრთხეს უქმნის ადამიანს გარეგანი დასხივებისას.

რენტგენის სხივების უარყოფითი მოქმედება მჟღავნდება ადამიანის თვითშეგრძნების გაუარესებაში (სისუსტე, თავის ტკივილი, პირღებინება), სისხლის ნორმალური შემადგენლობის ცვლილებაში, მხედველობისა და კანის დაზიანებაში, რომელიც შეიძლება კანის კიბოში გადაიზარდოს.

### 14.3. ძირითადი ცნებები

მაიონიზებელი გამოსხივების წყაროს დამახასიათებელი პარამეტრებია: რადიონუკლიდის აქტიურობა, გამოსხივების შთანთქმული დოზა, რენტგენისა და  $\gamma$ -გამოსხივების ექსპოზიციური დოზა, გამოსხივების ექვივალენტური დოზა, ხარისხის კოეფიციენტი, ეფექტური ექვივალენტური დოზა.

რადიონუკლიდის აქტიურობა განისაზღვრება ერთ წამში დაშლილ ატომთა რიცხვით. SI სისტემაში რადიონუკლიდის აქტიურობის ერთეულია ბეკერელი (ბკ), ე.ი. ისეთი ნივთიერების აქტიურობა, რომელშიც ერთ წამში ერთი ბირთვული გარდაქმნა ხდება.

დასხივებულ ნივთიერებაზე რადიოაქტიური გამოსხივების მოქმედების რადონობრივი შეფარდებისათვის გამოიყენება დოზის ცნება. განასხვავებენ: გამოსხივების შთანთქმულ დოზას, რენტგენისა და  $\gamma$ -გამოსხივების ექსპოზიციურ დოზას და რადიოაქტიური გამოსხივების ექვივალენტურ დოზას.



**გამოსხივების შთანქმული დოზა** – ხასიათდება ნივთიერების მასის ერთეულის მიერ შთანთქმული ენერგიის რაოდენობით. SI სისტემაში მაიონებელი გამოსხივების შთანთქმული დოზის ერთეულად მიღებულია გრეი (გრ). ეს არის გამოსხივების შთანთქმული დოზა, როდესაც ნივთიერების მასის 1 კგ-ში შთანთქმება 1 ჯ ენერგია. მაიონებელი გამოსხივების შთანთქმული დოზის სისტემგარეშე ერთეულია რადი, რომელიც შეესაბამება 1 გ. მასის სხეულის მიერ 100 ერგი გამოსხივების ენერგიის შთანქმას.  $1 \text{ გრ} = 100 \text{ რადი}$ ;  $\text{რადი} = 0,01 \text{ ჯ/კგ}$ . გამოსხივების შთანთქმული დოზის სიდიდე დამოკიდებულია გამოსხივების ველზე, დასხივებული ობიექტის თვისებებზე და დასხივების პირობებზე.

**გამოსხივების ექვივალენტური დოზა** არის რადიაციული უსაფრთხოების სფეროში ძირითადი დოზიმეტრიული სიდიდე, რომელიც შემოღებულია იმასთან დაკავშირებით, რომ თანაბარი დოზით შთანთქმული სხვადასხვა სახის გამოსხივება ბიოლოგიურ ქსოვილებში სხვადასხვა ბიოლოგიურ მოქმედებას იწვევს. გამოსხივების ექვივალენტური დოზის მიხედვით ხდება დასხივების რადიაციული საშიშროების შეფასება. ექვივალენტური დოზის ერთეულია ზივერტი (ზვ). ზივერტი არის ნებისმიერი სახის გამოსხივების ექვივალენტური დოზა, რომელიც ისეთივე ბიოლოგიურ ეფექტს იწვევს, როგორსაც 1 გრეი დოზით შთანთქმული სანიმუშო რენტგენის ან  $\gamma$ -გამოსხივება. სანიმუშოდ მიღებულია 200 კეე ენერგიის მქონე რენტგენის გამოსხივება.

ექვივალენტური დოზის სისტემგარეშე ერთეულია ბერი (ბიოლოგიური ექვივალენტი რადის).  $1 \text{ ზივერტი} = 100 \text{ ბერი}$ ;  $1 \text{ ბერი} = 1 \text{ რად} \cdot K = 0,01 \text{ ჯ/კგ}$ .

K არის ხარისხის კოეფიციენტი, რომელსაც ზოგჯერ ფარდობით ბიოლოგიურ ეფექტურობასაც უწოდებენ. ეს კოეფიციენტი ითვალისწინებს სხვადასხვა სახის გამოსხივების განსაზღვრული ექვივალენტური დოზის ბიოლოგიურ ეფექტურობას.

ცხრილი №26

გამოსხივების სახე	ფარდობითი ბიოლოგიური ეფექტურობა, K
რენტგენის და $\gamma$ -სხივები	$\geq 1$
ელექტრონები, პოზიტრონები, $\beta$ -გამოსხივება	1
$\alpha$ -გამოსხივება, 10 მევ-ზე ნაკლები ენერგიით	20
ნეიტრონები (სწრაფი) 0,1-10 მევ ენერგიით	10
ნეიტრონები (თბური) 20 კეე-ზე ნაკლები ენერგიით	3

ამრიგად,  $\alpha$ -გამოსხივების მოქმედების ბიოლოგიური ეფექტი 20-ჯერ, თბური ნეიტრონებისა 3-ჯერ, სწრაფი ნეიტრონებისა და პროტონებისა კი 10-ჯერ აღემატება  $\gamma$ - და რენტგენის სხივების ბიოლოგიური მოქმედების ეფექტს.

**რენტგენისა და  $\gamma$ -გამოსხივების ექსპოზიციური დოზა** გამოიყენება ელექტრომაგნიტური (ფოტონური) გამოსხივების დასახასიათებლად იონიზაციის ეფექტის მიხედვით. სისტემაში ექსპოზიციური დოზის ერთეულია კულონი (კ). ხშირად გამოიყენება სისტემაზე ერთეული რენტგენი (რ). დროში დოზის განაწილების დასახასიათებლად შემოტანილია ექსპოზიციური დოზის სიმძლავრის ცნება, რომლის სპეციალური ერთეულია რ/წმ.

**ეფექტური ექვივალენტური დოზა** არის თითოეული ორგანოს მიერ მიღებული დოზის და შესაბამისი წონითი კოეფიციენტის ნამრავლების ჯამი. ე.წ. წონითი კოეფიციენტი ითვალისწინებს ორგანოების განსხვავებულ მგრძობიარობას დასხივების მიმართ. ეფექტური ექვივალენტური დოზა სხეულის არათანაბარი დასხივების შედეგისა და მუდმივი დასხივებისას შედეგის შედარების საშუალებას იძლევა. გამოსხივების ექვივალენტური დოზის მსგავსად ეფექტური ექვივალენტური დოზის ერთეულია ზივერტი.

ცხრილი № 27

ორგანო	წონითი კოეფიციენტი
სასქესო ჯირკვლები	0,25
სარძევე ჯირკვლები	0,15
ძვლის წითელი ტვინი	0,12
ფილტვები	0,12
ფარისებრი ჯირკვალი	0,03
ძვლის ზედაპირი	0,03
ორგანიზმის დანარჩენი ორგანოები და ქსოვილები	0,3

მაგალითად, 1 მზვ (100 მბერი)-ით ფილტვების დასხივების დოზა შეესაბამება 0,12 მზვ (12 მბერი) ეფექტურ ექვივალენტურ დოზას, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ 0,12 მზვ დოზით მთელი სხეულის თანაბარი დასხივებისას რისკის ალბათობა ისეთივეა, როგორც 1 მზვ დოზით მხოლოდ ფილტვების დასხივებისას.

#### 14.4. რადიაციის ბუნებრივი წყაროები

დედამიწის მოსახლეობა დასხივების ძირითად ნაწილს ღებულობს რადიაციის ბუნებრივი წყაროებიდან. ატომური ენერგეტიკის განვითარებასთან დაკავშირებული რადიაცია ადამიანის საქმიანობით შექმნილი რადიაციის მხოლოდ მცირე ნაწილს შეადგენს, გაცილებით დიდ დოზებს ღებულობენ ადამიანები სამედიცინო გამოკვლევისას. მაგალითად, რენტგენის სხივების გამოყენებით; ბუნებრივი რადიაციით გამოწვეული დასხივების დონე მნიშვნელოვნად შეიძლება გაიზარდოს ნახშირის დაწვისას და საჰაერო ტრანსპორტის გამოყენებისას, აგრეთვე კარგად ჰერმეტიზირებულ სათავსში ხანგრძლივად ყოფნისას.

ბევრი მათგანი ისეთია, რომელთაგან თავის დაღწევა შეუძლებელია. მოსახლეობის ძირითადი ნაწილისათვის რადიაციის ყველაზე საშიში წყაროა რადიაციის ბუნებრივი წყაროები, საიდანაც ადამიანი რადიაციის ყველაზე დიდ დოზას იღებს. დედამიწის არსებობის მთელი ისტორიის მანძილზე კოსმოსიდან დედამიწამდე აღწევს გამოსხივების სხვადასხვა სახე, ხოლო დედამიწის ქერქში არსებული რადიაქტიური ნივთიერებებიდან დამატებით იქმნება რადიაქტიური გამოსხივება.

დედამიწის წარმოქმნის პროცესში გაჩნდა 25 იზოტოპი. მათი რადიაქტიური დაშლის და კოსმოსური სხივების მოქმედების შედეგად წარმოიქმნა და წარმოიქმნება მრავალი იზოტოპი. დედამიწაზე იზოტოპების წარმოქმნის გამორჩეული წყაროა ურანის მინერალები. დედამიწაზე ურანი უფრო მეტადაა გავრცელებული, ვიდრე ვერცხლისწყალი და ვერცხლი. ურანის ნაწილი იმყოფება ოკეანეში.

ატმოსფერულ ჰაერში მყოფი  $\text{CO}_2$  –ის მცირე ნაწილი შეიცავს ნახშირბადის რადიაქტიურ იზოტოპს  $^{14}\text{C}$ . ფოტოსინთეზის პროცესში ყველა მცენარე შთანთქავს  $^{14}\text{C}$ -ს  $\text{CO}_2$ -ის ფორმით. შედეგად ნახშირბადის რადიაქტიური იზოტოპი აღმოჩენილია ყველა ცოცხალ ორგანიზმში. ცოცხალ ქსოვილებს მუდმივად აქვთ რადიაქტიურობის მუდმივი დონე, რომელიც თანდათან მცირდება ცოცხალი ქსოვილების სიკვდილის შემდეგ.

რადიაციის ბუნებრივი წყაროებიდან დასხივებას განიცდის დედამიწის ნებისმიერი მაცხოვრებელი, თუმცა მეტნაკლებად. დედამიწის სფეროს ზოგიერთ ადგილებში, მაგალითად, რადიაქტიური ქანების განლაგების ადგილებში,

რადიაციის დონე მნიშვნელოვნად აღემატება საშუალოს, ხოლო ზოგ ადგილებში – შედარებით დაბალია. დასხივების დოზა დამოკიდებულია აგრეთვე ცხოვრების წესზე. ზოგიერთი სამშენებლო მასალის გამოყენება, საკვების მოსამზადებლად ბუნებრივი აირით სარგებლობა, სათავსების ჰერმეტიზება და თვითმფრინავით გადაფრენაც კი რადიაციის ბუნებრივი წყაროების ხარჯზე ზრდის დასხივების დონეს.

ადამიანი შეიძლება განიცდიდეს როგორც შინაგან, ისე გარეგან დასხივებას. თუ რადიოაქტიური ნივთიერება აღმოჩნდება ჰაერში, რომლითაც სუნთქავს ადამიანი, წყალში ან საკვებში, მაშინ რადიოაქტიური ნივთიერება შეიძლება აღმოჩნდეს ორგანიზმში, ანუ ადგილი ექნება შინაგან დასხივებას.

რადიაციის ზემოქმედების ხარისხი დამოკიდებულია იმ ვითარებაზე ადამიანი დასხივდა გარემოდან, თუ რადიოაქტიურმა ნივთიერებამ შეაღწია ორგანიზმში (საკვების, ჩასუნთქული ჰაერის მეშვეობით). ზოგიერთი ნივთიერება გროვდება ადამიანის ორგანიზმში, რაც ზრდის რადიაციის დოზას. რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოყვანა ორგანიზმიდან რთულდება იმის გამო, რომ მათ ორგანიზმი სხვადასხვანაირად ითვისებს.

რადიოაქტიური ნატრიუმი, კალიუმი, ცეზიუმი, თანაბრად ნაწილდება ორგანიზმში და ქსოვილებში. სტრონციუმი, რადიუმი, კალციუმი, ფოსფორი გროვდება ძვლებში. რუთენიუმი, პოლონიუმი – ღვიძლში, თირკმელში, ელენთაში. იოდი-131 გროვდება ფარისებრ ჯიკვალში, რომელიც შთანთქავს მთელ იოდს სრულ გაჯერებამდე. რადიოაქტიური იოდის დაგროვება იწვევს ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონალური სტატუსის მოშლას. განსაკუთრებულად საშიშია იოდით გაჯერება ბავშვებში, რადგან ეს ორგანო მათი ზრდისათვის და განვითარებისათვის უფრო მნიშვნელოვანია ვიდრე დიდებისათვის.

ორგანიზმში მოხვედრისას ყველაზე საშიშია პლუტონიუმის და პოლონიუმის ა-სხივები.

დედამიწის რადიაციული წყაროები ძირითადად შინაგანი დასხივების საფუძველზე უზრუნველყოფს მოსახლეობის მიერ მიღებული წლიური ეფექტური ექვივალენტური დოზის 5/6-ზე მეტს. დანარჩენ ნაწილს ავსებს კოსმოსური გამოსხივება, ძირითადად გარეგანი დასხივების გზით.

დედამიწაზე ბუნებრივი რადიაციული ფონი შეადგენს  $4,85 \cdot 10^{-9}$  გრ/სთ. ყოფილ სსრკ ტერიტორიაზე საშუალო ეფექტური ექსპოზიციური დოზა წელიწადში ბუნებრივი და ტექნოგენური რადიაციული ფონის ანგარიშზე არის 2,37 ზვ.

შინაგანი დასხივებისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს რადონს – რადიაქტიურ აირს, რომელზეც მოდის ბუნებრივი რადიაციის წყაროებიდან მოსახლეობის საშუალო დოზით დასხივების ყველაზე დიდი წილი.

#### 14.5. კოსმოსური გამოსხივება

კოსმოსური სხივებით შექმნილი რადიაციული ფონი იძლევა გარეგანი დასხივების თითქმის ნახევარს, რომელსაც მოსახლეობა რადიაციის ბუნებრივი ფონიდან იღებს. კოსმოსური სხივები ჩვენამდე აღწევს სამყაროს სიღრმიდან, მაგრამ მისი გარკვეული ნაწილი წარმოიქმნება მზეზე აფეთქების დროს. კოსმოსურ სხივებს შეუძლია მოაღწიოს დედამიწის ზედაპირამდე ან იმოქმედოს მის ატმოსფეროსთან, გამოიწვიოს მეორადი გამოსხივება და წარმოქმნას სხვადასხვა რადიონუკლიდი.

დედამიწაზე არ არსებობს ადგილი, სადაც ვერ აღწევდეს ეს უხილავი რადიაქტიური შხაპი, მაგრამ დედამიწის ზოგიერთი უბანი კოსმოსური სხივების შედარებით ძლიერი ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება. მაგალითად, დედამიწის ჩრდილო და სამხრეთ პოლუსები უფრო ძლიერ კოსმოსურ რადიაციას ღებულობს, ვიდრე ეკვატორული არეები. ეს მოვლენა იმით აიხსნება, რომ დედამიწას აქვს მაგნიტური ველები, რომელიც გადახრის დამუხტულ ნაწილაკებს (კოსმოსური სხივები ძირითადად დამუხტული ნაწილაკებისაგან შედგება).

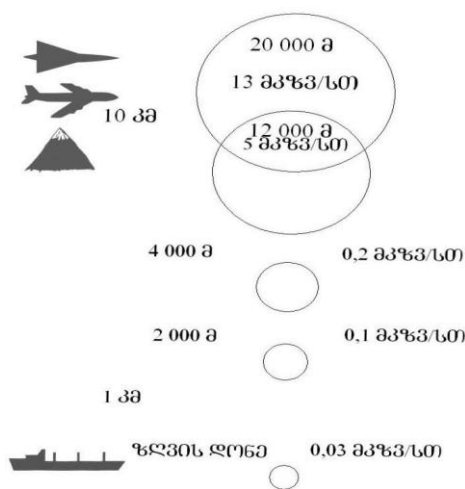
კოსმოსური დასხივების დონე იზრდება სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ვინაიდან ამ დროს მცირდება ჰაერის ფენის სისქე, რომელიც დამცველი ეკრანის როლს ასრულებს.

ზღვის დონეზე მცხოვრები ადამიანების მიერ კოსმოსური სხივებით მიღებული წლიური ეფექტური ექვივალენტური დოზა საშუალოდ 300 მიკროზივერტს შეადგენს, ხოლო ზღვის დონიდან 2000 მ სიმაღლეზე მცხოვრები ადამიანებისათვის ეს დოზა რამდენჯერმე იზრდება. კიდევ უფრო ინტენსიურ, თუმცა შედარებით ხანმოკლე დასხივებას განიცდიან თვითმფრინავის ეკიპაჟის წევრები და მგზავრები.

ზღვის დონიდან 12 000 მ სიმაღლეზე (ტრანსკონტინენტალური ავიახაზები) ფრენისას კოსმოსური დასხივების ხარჯზე დასხივების დონე ~ 25-ჯერ მაღალია, ვიდრე ზღვის დონიდან 4 000 მ სიმაღლეზე (დასახლებული პუნქტების მაქსიმალური

სიმაღლე, მაგ. ევერესტის ფერდობზე სოფლები). დასხივების დონე კიდევ უფრო იზრდება 20 000 მსიმაღლეზე ( ბგერითი რეაქტიული თვითმფრინავების ფრენის მაქსიმალური სიმაღლე).

ნიუ-იორკიდან პარიზში გადაფრენისას ჩვეულებრივი ტურბორეაქტიული თვითმფრინავის მგზავრი ~50 მკზვ დოზას ღებულობს, ხოლო ზებგერითი თვითმფრინავის მგზავრი 20%-ით ნაკლებს, თუმცა უფრო ინტენსიურ დასხივებას განიცდის. ეს იმით აისნება, რომ ზებგერითი თვითმფრინავით ფრენა გაცილებით ცოტა დროს მოითხოვს. სულ საჰაერო ტრანსპორტით სარგებლობის ხარჯზე კაცობრიობა წელიწადში ~ 2 000 ად.ზვ. კოლექტიურ ეფექტურ ექვივალენტურ დოზას ღებულობს.

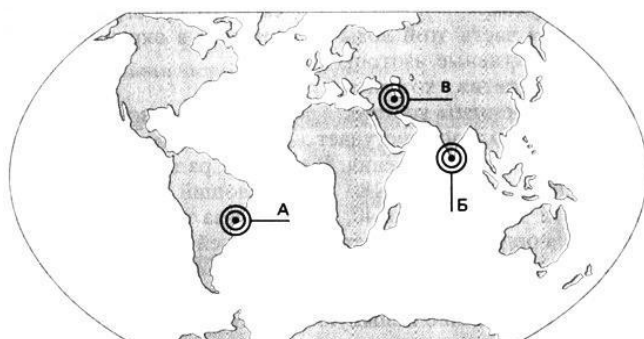


ნახ. 85. კოსმოსური გამოსხივების დონეები

#### 14.6. დედამიწის გამოსხივება

ძირითადი რადიაქტიური იზოტოპებია: კალიუმ-40, რუბიდიუმ-87 და ორი რადიაქტიური ოჯახის წევრები. ეს ოჯახები იწყება ელემენტებით: ურანი-238 და თორიუმი-232, რომლებიც დედამიწის შემადგენლობაში მისი გაჩენის დღიდან შედის. დედამიწის სფეროს სხვადასხვა ადგილისათვის დედამიწისეული რადიაციის დონე სხვადასხვაა და დამოკიდებულია დედამიწის ქერქის ამა თუ იმ უბანზე რადიონუკლიდების კონცენტრაციაზე. მოსახლეობის ძირითადი ნაწილის საცხოვრებელ ადგილებში რადიაციის დონე დაახლოებით ერთნაირია. მაგალითად,

საფრანგეთში, გერმანიაში, იტალიაში, იაპონიაში და აშშ-ში მოსახლეობის ~95% ცხოვრობს ადგილებში, სადაც დასხივების დოზის სიმძლავრე საშუალოდ  $0,3 \pm 0,6$  მილიზივერტი/წ-ს აღწევს. მაგრამ მოსახლეობის გარკვეული ჯგუფები დასხივების გაცილებით დიდ დოზას ღებულობენ. მოსახლეობის 3% ისეთ ადგილებში ცხოვრობს, სადაც დასხივების დოზის სიმძლავრე 1 მზვ/წ-ს აღწევს, ხოლო მოსახლეობის 1,5% ღებულობს 1,4 მზვ/წ-ს დასხივების დოზის სიმძლავრეს. არსებობს ადგილები, სადაც დედამიწისეული რადიაციის დონე კიდევ უფრო მაღალია, მაგალითად, თორიუმით მდიდარ ქვიშებში (ნახ. ). ბრაზილიაში ქალაქ პოსუს-დი-კალდასის მახლობლად (სან-პაულუდან ჩრდილოეთით 200 კმ დაშორებით) არის პატარა დაუსახლებელი მაღლობი, სადაც რადიაციის დონე 800-ჯერ აღემატება რადიაციის საშუალო დონეს და აღწევს 250 მზვ/წ. რადიაციის ოდნავ დაბალი დონე დარეგისტრირდა ამ მაღლობიდან 600 კმ-ით დაშორებულ საზღვაო კურორტზე.



ნახ.86. დედამიწის ზოგიერთი ადგილი, სადაც განსაკუთრებით მაღალია დედამიწისეული რადიაციის დონე

გაეროს კომისიის მონაცემების მიხედვით, გარეგანი დასხივების საშუალო ეფექტური ექვივალენტური დოზა, რომელსაც ადამიანი წლის განმავლობაში ღებულობს დედამიწის ბუნებრივი რადიაციის წყაროებიდან, შეადგენს 350 მკზვ, რაც ოდნავ აღემატება რადიაციული ფონის გამო დასხივების ინდივიდუალურ დოზას, რომელსაც კოსმოსური გამოსხივება ქმნის ზღვის დონეზე.

#### 14.7. შინაგანი დასხივება

რადიაციის ბუნებრივი წყაროებიდან მიღებული ეფექტური ექვივალენტური დოზის 2/3 მოდის რადიაქტიურ ნივთიერებებზე, რომლებიც ორგანიზმში ხვდება საკვებთან,

წყალთან და ჰაერთან ერთად. ამ დოზის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი მოდის რადიაქტიურ იზოტოპებზე, რომლებიც წარმოიქმნება კოსმოსური რადიაციის ზემოქმედებით (მაგ.,  $C^{14}$ ). ეფექტური ექვივალენტური დოზის ძირითადი ნაწილი მოდის დედამიწისეული წარმოშობის წყაროებიდან.

ადამიანი წელიწადში საშუალოდ 180 მიკროზივერტს ღებულობს  $K^{40}$ -ის ხარჯზე, რომელსაც ორგანიზმი ითვისებს კალიუმის არარადიაქტიურ იზოტოპებთან ერთად. ეს უკანასკნელი აუცილებელია ორგანიზმის ნორმალური ცხოველქმედებისათვის. ადამიანი შინაგანი დასხივების მნიშვნელოვნად დიდ დოზას ღებულობს  $U^{238}$  რადიაქტიური რიგის ნუკლიდებისაგან და შედარებით ნაკლებს – თორიუმ-238 რიგის რადიონუკლიდებისაგან.

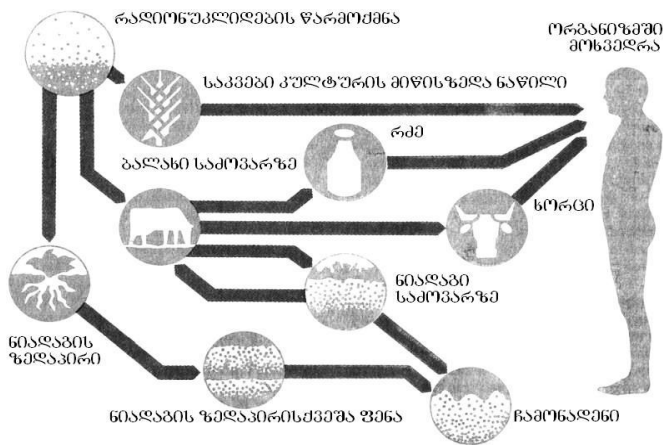
ზოგიერთი ნუკლიდი, მაგალითად, ტყვია-210 და პოლონიუმი-210, ორგანიზმში ხვდება საკვებთან ერთად. ეს ნუკლიდები კონცენტრირებულია თევზებსა და მოლუსკებში. ამიტომ ადამიანები, რომლებიც ძირითადად თევზითა და ზღვის პროდუქტებით იკვებებიან, დასხივების შედარებით მაღალ დოზას ღებულობენ.

უკიდურეს ჩრდილოეთში ათეულ ათასობით ადამიანი იკვებება ძირითადად ჩრდილოეთის ირმის (კარიბუს) ხორციით, რომელშიც საკმაოდ მაღალი კონცენტრაციით შედის ზემოაღნიშნული ორივე იზოტოპი (განსაკუთრებით მაღალია Po-210 –ის შემცველობით). ეს იზოტოპები ირმის ორგანიზმში ხვდება ზამთარში, როდესაც ირემი იკვებება ლიქენებით, რომელშიც დაგროვილია ეს იზოტოპი. ამ შემთხვევაში Po-210 –ის იზოტოპით ადამიანის შინაგანი დასხივების დოზა 35-ჯერ აღემატება საშუალო დონეს.

დედამიწის მეორე ნახევარსფეროში, დასავლეთ ავსტრალიაში (იქ, სადაც ურანის მაღალი შემცველობაა) მოსახლეობა ღებულობს დასხივების დოზას, რომელიც 75-ჯერ აღემატება სასუალო დონეს, რამდენადაც იკვებებიან ცხვრისა და კენგურუს ხორციით, რომელშიც კონცენტრირებულია ურანი.

ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრამდე რადიაქტიური იზოტოპი რთულ მარშრუტს გაივლის გარემოში, რაც უნდა გავითვალისწინოთ დასხივების დოზის შეფასებისას (ნახ. ).





ნახ.87. რადიონუკლიდების გავრცელება გარემოში

რადიონუკლიდების კონცენტრირება განსაკუთრებით შეიმჩნევა წყალში არსებულ ორგანიზმებში და ნიადაგში.

ნიადაგში რადიაქტიური ნივთიერებების მიგრაცია ძირითადად განისაზღვრება ნიადაგის ჰიდროლოგიური რეჟიმით, ნიადაგის და რადიონუკლიდების ქიმიური შემადგენლობით. მცირე სორბციულობა ახასიათებს ქვიშიან ნიადაგს, ხოლო თიხნარ, თიხოვან და შავმიწა ნიადაგს – შედარებით დიდი. ნიადაგში დიდხანს დაყოვნების უნარი ახასიათებს Sr და Cs.

ცხრილი № 28

კულტურულ მცენარეთა მშრალი მასის რადიაქტიური დაბინძურების საორიენტაციო მნიშვნელობები (ბკ/კგ)

კულტურული მცენარე	Sr	Cs
ხორბალი	2.849	10.730
სტაფილო	0.555	1.887
კომბოსტო	0.469	2.109
კარტოფილი	1.185	1.406
ჭარხალი	0.666	1.702
ვაშლი	0.333	1.998

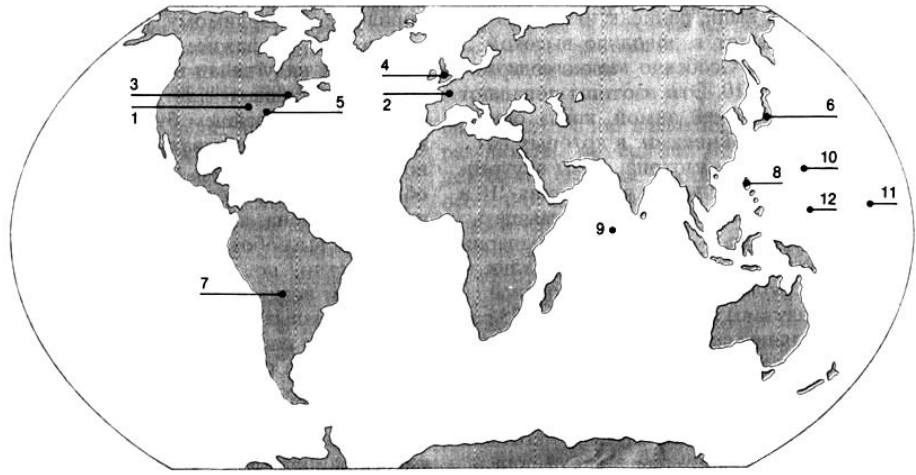
ეს დაბინძურება, რომელიც განპირობებულია რადიაქტიური ნივთიერებების გლობალურად გადასვლით ნიადაგში, არ აღემატება დასაშვებ დონეებს. საშიშროება წარმოიქმნება მხოლოდ მაშინ, როდესაც სასოფლო-სამეურნეო კულტურები აღმოცენდება მაღალი რადიაქტიური დაბინძურების ზონებში.

### 14.8. რადონი

თანამედროვე მონაცემების თანახმად, რადიაციის ბუნებრივი წყაროებიდან ყველაზე ძლიერია რადონი (Rn) – უხილავი, მძიმე აირი (ჰაერზე 7,5-ჯერ მძიმე) სუნისა და გემოს გარეშე. რადონზე და მისი დაშლის პროდუქტებზე მოდის დასხივების წლიური ინდივიდუალური ეფექტური ექვივალენტური დოზის . ამ დოზის დიდ ნაწილს ადამიანი ღებულობს რადიონუკლიდებიდან, რომლებიც ორგანიზმში ხვდება ჩასუნთქულ ჰაერთან ერთად, განსაკუთრებით, გაუნიაგებელ სათავესში.

ბუნებაში რადონი გვხვდება ძირითადად ორი რადიაქტიური იზოტოპის – რადონი-222 ( $U^{238}$  -ის დაშლის პროდუქტი) და რადონი-220 (თორიუმი-232 რადიაქტიური რიგის წევრი) სახით. რადონი-222 იზოტოპის აქტიურობა 20-ჯერ აღემატება რადონი-220 იზოტოპის რადიაქტიურობას. საერთოდ, დასხივების დიდი ნაწილი მოდის რადონის დაშლის პროდუქტებზე და არა თვით რადონზე. ატმოსფეროში რადონი დედამიწის ქერქის დიფუზიური პროცესების შედეგად გადადის.

დედამიწის ქერქიდან რადონის გამონთავისუფლება ყველგან ხდება, მაგრამ ჰაერში მისი კონცენტრაცია დედამიწის სფეროს სხვადასხვა წერტილსი განსხვავებულია და მერყეობს  $9,6 \pm 0,02$  ბკ/მ<sup>3</sup> ფარგლებში (ნახ.



ნახ. 88. დედამიწის სფეროს სხვადასხვა ადგილებში ჰაერში რადონ-222-ის კონცენტრაციის გაზომვის რეზულტატი (ბეკერელი/მ<sup>3</sup>)

ჰაერში რადონ-22-ის კონცენტრაცია, ბეკერელი/მ<sup>3</sup>

- 1. ცინცინატი.....9,6
- 2. საფრანგეთი.....9,3
- 3. ნიუ-იორკი.....4,8

4. დიდი ბრიტანეთი .....3,3
5. ვაშინგტონი.....2,9
6. იაპონია.....2,1
7. ბოლივია.....1,5
8. ფილიპინები.....0,3
9. ინდოეთის ოკეანე.....0,07
10. მარიანის კუნძულები.....0,05
11. მარშალის კუნძულები.....0,02
12. კაროლინის კუნძულები.....0,02

საშუალო დონე ~ 2ბკ/მ<sup>3</sup>

რადონისაგან დასხივების დოზის ძირითად ნაწილს ადამიანი ღებულობს დახურულ, გაუნიავებელ სათავსში ყოფნისას. ზომიერი კლიმატის ზონაში დახურული სათავსის ჰაერში რადონის კონცენტრაცია საშუალოდ 8-ჯერ აღემატება გარეთა ჰაერში რადონის კონცენტრაციას. ტროპიკულ ქვეყნებში მსგავსი კვლევა არ ჩატარებულა; თუმცა სავარაუდოა, რომ რამდენადაც აქ თბილი კლიმატია, ხოლო საცხოვრებელი სათავსები – უფრო ღია, სათავსის ჰაერში რადონის კონცენტრაცია ოდნავ განსხვავდება გარეთა ჰაერში რადონის კონცენტრაციისაგან.

შეაღწევს რა, რადონი სათავსში (გრუნტიდან ფუნდამენტის ან იატაკის გავლით, ან სახლის კონსტრუქციაში 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 სათავსის ჰერმეტიზება კიდევ უფრო ამძიმებს მდგომარეობას.

ბოლო წლებში სულ უფრო ხშირად არეგისტრირებენ საცხოვრებელი სახლების ჰაერში რადონის მაღალ კონცენტრაციას. ჰელსინკში რადონის მაქსიმალური კონცენტრაცია (ატმოსფერულ ჰაერში მის საშუალო კონცენტრაციაზე 5 000-ჯერ მაღალი) აღმოჩნდა ისეთ სახლებში, სადაც დასხივების წყარო შეიძლება იყოს მხოლოდ გრუნტი. 1982 წელს დიდ ბრიტანეთში საცხოვრებელი სახლების

სათავსებში აღმოჩენილ იქნა რადონის კონცენტრაცია, რომელიც 500-ჯერ აღემატებოდა გარეთა ჰაერში მის კონცენტრაციას.

მრავალსართულიანი სახლის ზედა სართულებში 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, სხვა მასალებთან შედარებით ხე ძალიან უმნიშვნელო რაოდენობის რადონს გამოჰყოფს. ამ შემთხვევაში რადონის მაღალი კონცენტრაცია აიხსნება იმით, რომ ხის სახლები დაბალსართულიანია და ოთახები მიწასთან ახლოს არის.

მიწიდან გამოყოფილი რადონის სათავსში შეღწევის სიძქარე ფაქტიურად განისაზღვრება სართულებს შორის გადახურვის სისქით და მთლიანობით (ბზარებისა და მიკრობზარების რაოდენობით).

სათავსის ჰაერში რადონის რაოდენობის შემცირების განსაკუთრებით ეფექტური საშუალებაა სარდაფებში სავენტილაციო დანადგარების მოწყობა. კედლებიდან რადონის ემისია 10-ჯერ მცირდება კედლების მოპირკეთებისას (პოლიამიდით, პოლივინილქლორიდით, პოლიეთილენით) ან კედლების დაფარვისას ეპოქსიდურ ფუძეზე დამზადებული საღებავით. კედლებზე შპალერის აკვრის შემთხვევაში რადონის ემისია 30%-ით მცირდება.

საცხოვრებელ სათავსში რადონის შეღწევის წყაროა აგრეთვე წყალი და ბუნებრივი აირი. ჩვეულებრივ, სასმელად გამოყენებულ წყალში რადონის კონცენტრაცია ძალიან დაბალია, მაგრამ ზოგიერთი წყაროს წყალი, განსაკუთრებით ღრმა ჭის ან არტეზიული ჭაბურღილის წყალი, დიდი რაოდენობით რადონს შეიცავს. მაგალითად, დიდი რაოდენობით რადონი აღმოჩნდა ფინეთში და აშშ-ში არტეზიული ჭის წყალში. ატომური რადიაციის მოქმედების შემსწავლელი სამეცნიერო კომიტეტის შეფასების მიხედვით დედამიწის მოსახლეობის 1% მოიხმარს წყალს, რომლის ხვედრითი რადიაქტიურობა 1 მლნ ბკ/მ<sup>3</sup> –ს აღემატება; ხოლო მოსახლეობის 10% სვამს წყალს, რომლის ხვედრითი რადიაქტიურობა 100 000 ბკ/მ<sup>3</sup> –ს აღემატება. მაგრამ მთავარი საშიშროება წყალი არაა, ვინაიდან წყალს ადამიანები ძირითადად ადუღებულ მდგომარეობასი (ჩაი, ყავა, კერძები). თუმცა, აუღულარ წყალთან ერთად მიღებული რადონიც კი სწრაფად გამოდის ორგანიზმიდან. გაცილებით დიდ

საშიშროებას წარმოადგენს რადონის მაღალი შემცველობის წყლის ორთქლის მოხვედრა ფილტვებში (ჩასუნთქულ ჰაერთან ერთად, მაგალითად, აბაზანაში).

რადონი მიწის ქვეშ ბუნებრივი აირის შემადგენლობაშიც არწევს. ამიტომ სათავსში, სადაც არის გაზქურა, გამათბობელი ღუმელი და ბუნებრივ აირზე მომუშავე სხვა მოწყობილობები, აუცილებელია ვენტილაციის მოწყობა.

მნიშვნელოვნად იზრდება რადონის კონცენტრაცია ისეთი სათავსის ჰაერში, რომელიც ენერჯის ეკონომიის მიზნით არ ნიავედება. ეს მოვლენა განსაკუთრებით შეიმჩნევა შვედეთში, სადაც განსაკუთრებით ჰერმეტიზირდება სახლები.

გამოთვლილა, რომ სახლების ჰერმეტიზაციით ყოველ გიგავატ-წელიწად ელექტროენერჯიაზე გაკეთებული ეკონომიის სანაცვლოდ შვედებმა მიიღეს დამატებითი დასხივების დოზა 5600 ად-ზვ. ე.წ. „შვედეთის პრობლემა“ აიხსნება შემდეგი ფაქტორებით:

- სათავსები ჰერმეტიზებულია გულდასმით;
- დედამიწიდან ხდება რადონის გაძლიერებული გამოყოფა;
- შვედეთში ძირითადად დაბალსართულიანი სახლებია;
- სამშენებლო მასალებში დამატებულია თიხამიწა.

როგორც უკანასკნელ ხანებში გამოირკვა, შვედეთი არაა გამონაკლისი. ანალოგიური სიტუაციაა სხვა ქვეყნებშიც – უბრალოდ, შვედეთში ადრე დაიწვეს ამ საკითხების გამოკვლევა.

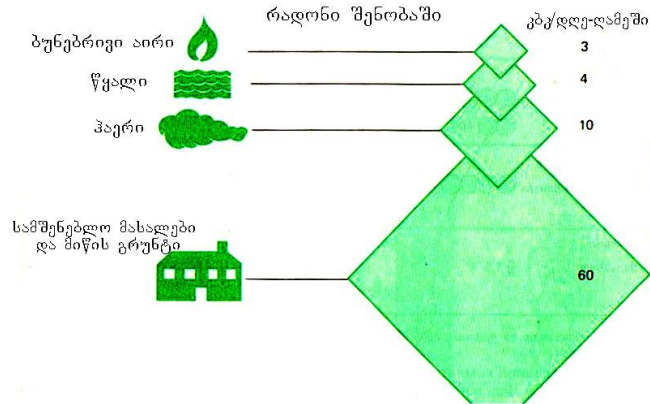
სხვადასხვა ქვეყანაში ჩატარებული გამოკვლევის განზოგადების შედეგად დადგინდა, რომ რადიაციის ყველა ბუნებრივი წყაროდან მიღებული წლიური დოზის დაახლოებით ნახევარს ადამიანი რადონით დასხივების შედეგად იღებს.

ცხრილი №29

ბუნებრივ წყაროებში რადონის განაწილება \

წყარო	რადონი, ბკ/დღ.დ.
ბუნებრივი აირი	3
წყალი	4
ჰაერი (გარეთ)	10
სამშენებლო მასალები და გრუნტი (შენობის ქვეშ)	60

საცხოვრებელ სათავსში რადიაქტიურობის დონე დამოკიდებულია საამშენებლო მასალაზე. აგურით, რკინაბეტონით, წიდაბლოკით ნაგებ სახლში რადიაქტიურობის დონე რამდენადმე მაღალია ხის სახლთან შედარებით.



ნახ. 89. რადონის განაწილება ბუნებრივ გარემოში

ბუნებრივი აირების წვის შედეგად სახლში გამოიყოფა არა მარტო ტოქსიკური აირები  $N_xO_y$ , CO და კანცეროგენები, არამედ რადიაქტიური აირებიც. ამიტომ სამზარეულოში გაზქურის მუშაობისას რადიაქტიურობის დონე მნიშვნელოვნად აღემატება რადიაქტიურობის ბუნებრივ ფონურ დონეს. დახურული, გაუნიავებელი სათავსის ქაერში მაღალია რადონ-222 და რადონ-220-ის კონცენტრაცია, რომლებიც მუდმივად გამოიყოფა დადამიწის ქერქიდან. ფუნდამენტიდან, იაატაკიდან, წყლიდან ან სხვა გზით შეღწეული რადონი გროვდება იზოლირებულ სათავსში. რადონის საშუალო კონცენტრაცია ჩვეულებრივ შეადგენს (ბკ/მ<sup>3</sup>): აბაზანაში – 8.5; სამზარეულოში – 3; საძინებელში – 0.2. რადონის კონცენტრაცია შენობის ზედა სართულებში შედარებით უფრო დაბალია, ვიდრე პირველ სართულზე. ქაერში რადონის კონცენტრაციის შემცირება შეიძლება სათავსის განიავებით.

#### 14.9. რადიაციის სხვა წყაროები

**ქვანახშირი.** ქვანახშირი, სხვა ბუნებრივი მასალების მსგავსად, შეიცავს უმნიშვნელო რაოდენობით რადიონუკლიდებს, რომლებიც ქვანახშირის დაწვის შედეგად გარემოში გადადის და შეიძლება ადამიანების დასხივების წყარო გახდეს. რადიაქტიური ნუკლიდები ძირითადად წიდაში ან ნაცარში გადადის. ამ ნაცრის

ნაწილი გამწოვი მილით გაიტყორცნება ჰაერში. დადგენილია, რომ თითოეული გიგავატი ელექტროენერჯის წარმოების შედეგად კაცობრიობა იღებს 2 ად-ზე-ის ტოლ მოსალოდნელ კოლექტიურ ეფექტურ ექვივალენტურ დოზას.

ნაცარს ხშირად იყენებენ სამშენებლო მასალაზე დანამატად, ან სოფლის მეურნეობაში – ნიადაგის სტრუქტურის გასაუმჯობესებლად, რაც კიდევ უფრო ზრდის მოსახლეობის დასხივების მოსალოდნელ კოლექტიურ ექვივალენტურ დოზას.

**თერმული წყლები.** ზოგ ქვეყანაში ელექტროენერჯის მისაღებად და სახლების გასათბობად იყენებენ ორთქლისა და ცხელი წყლის მიწისქვეშა რეზერვებს. მაგალითად, იტალიაში ლანდერელოში XX საუკუნის დასაწყისიდან ელექტროსადგურებში ტურბინების ასამუშავებლად მიწისქვეშა ბუნებრივი რეზერვი გამოიყენება. ასეთი ელექტროსადგურების გამოკვლევის შედეგად დადგინდა, რომ მათ მიერ გამომუშავებული ელექტროენერჯის ყოველი გიგავატ-წელი იწვევს დასხივების მოსალოდნელ კოლექტიურ ეფექტურ ექვივალენტურ დოზას 6 ად-ზე-ის ოდენობით. ე.ი. სამჯერ უფრო მეტს, ვიდრე ქვანახშირზე მომუშავე ანალოგიური ელექტროსადგური. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ გეოთერმულ წყაროებზე მომუშავე ელექტროსადგურები შედარებით ცოტაა და მსოფლიო სიმძლავრის მხოლოდ 0,1% შეადგენს.

**ფოსფატების** მოპოვება დედამიწის მრავალ წერტილში ხდება. ფოსფატები ძირითადად სასუქების წარმოებაში გამოიყენება. ფოსფატების საბადოების უმეტესობა დიდი რაოდენობით შეიცავს ურანს. მადნის მოპოვებისა და გადამუშავებისას გამოიყოფა რადონი. რადიაქტიურია თვით სასუქიც. მასში შემავალი რადიაციული იზოტოპები ნიადაგიდან საკვებ კულტურებში გადადის. მცენარეთა რადიაქტიური დაბინძურება იზრდება თხევადი სასუქის გამოყენების შემთხვევაში. ფოსფატ-შემცველი ნივთიერებებით საქონლის გამოკვებისას ადგილი აქვს რადიაქტიური ნივთიერებების გადასვლას საქონლის ორგანიზმში და საბოლოო ჯამში, რძეში.

ანთროპოგენული წყაროებით (სამედიცინო გამოკვლევებისას მიღებული გამოსხივების გარდა) შექმნილი დასხივების დოზა დასხივების ბუნებრივ ფონთან შედარებით უმნიშვნელოა. იმ შემთხვევაში, თუ ეკონომიკის ობიექტებზე არ არის დაცული რადიაციული უსაფრთხოების ნორმატიული მოთხოვნები და წესები, მკვეთრად გაიზრდება მაიონიზირებელი ზემოქმედების დონე.

რადიაციული ნუკლიდების კონცენტრირება განსაკუთრებით შეიმჩნევა წყალში არსებულ ორგანიზმებში და ნიადაგში.

ეს დაბინძურება, რომელიც განპირობებულია რადიაქტიური ნივთიერებების გლობალურად გადასვლით ნიადაგში, არ აღემატება დასაშვებ დონეებს. საშიშროება წარმოიქმნება მხოლოდ მაშინ, როდესაც სასოფლო-სამეურნეო კულტურები აღმოცენდება მაღალი რადიაქტიური დაბინძურების ზონებში.

საცხოვრებელ სათავსში რადიაქტიურობის დონე დამოკიდებულია საამშენებლო მასალაზე. აგურით, რკინაბეტონით, წიდაბლოკით ნაგებ სახლში რადიაქტიურობის დონე რამდენადმე მაღალია ხის სახლთან შედარებით.

ბუნებრივი აირების წვის შედეგად სახლში გამოიყოფა არა მარტო ტოქსიკური აირები  $NxOy$ ,  $CO$  და კანცეროგენები, არამედ რადიაქტიური აირებიც. ამიტომ სამზარეულოში გაზქურის მუშაობისას რადიაქტიურობის დონე მნიშვნელოვნად აღემატება რადიაქტიურობის ბუნებრივ ფონურ დონეს. დახურული, გაუნიავებელი სათავსის ჰაერში მაღალია რადონ-222 და რადონ-220-ის კონცენტრაცია, რომლებიც მუდმივად გამოიყოფა დადამიწის ქერქიდან. ფუნდამენტიდან, იატაკიდან, წყლიდან ან სხვა გზით შეღწეული რადონი გროვდება იზოლირებულ სათავსში. რადონის საშუალო კონცენტრაცია ჩვეულებრივ შეადგენს (ბკ/მ<sup>3</sup>): აბაზანაში -8.5; სამზარეულოში - 3; საძინებელში - 0.2. რადონის კონცენტრაცია შენობის ზედა სართულებში შედარებით უფრო დაბალია, ვიდრე პირველ სართულზე. ჰაერში რადონის კონცენტრაციის შემცირება შეიძლება სათავსის განიავეებით.

გარკვეულ საშიშროებას წარმოადგენს ბირთვული თბური ციკლის ობიექტებიდან გარემოში გამოყოფილი რადინუკლიდები. ატომური ენერჯის საზოგადოებრივი ცენტრის მონაცემების მიხედვით მოსახლეობის მიერ მიღებული წლიური კოლექტიური ექვივალენტური დოზა შეადგენს:

ატომური ელექტროსადგურის სიახლოვეს - 2.5 ად.-ზვ. (ადამიან-ზივერტი). შედარებისათვის, მაზუთზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის სიახლოვეს 0.5 ად.-ზვ.; აირზე მომუშავე თეს-ის სიახლოვეს-0.03 ად.-ზვ.; ნახშირზე მომუშავე თეს-ის სიახლოვეს 4ად.-ზვ.

ბირთვული თბოცენტრალის მაიონიზირებელი დაბინძურების 95% მოდის ბირთვული სათბობის გადამუშავების პროცესზე. მნიშვნელოვან



პრობლემებთანაა დაკავშირებული მაღალაქტიური ბირთვული ნარჩენების გადამუშავება და დამარხვა, რომელთა საერთო წლიური რაოდენობა მსოფლიოში ათი ათას ტონას აღწევს.

#### 14.10. სამშენებლო მასალების ბუნებრივი რადიაქტიურობა

მაიონიზირებელი გამოსხივების ბუნებრივ წყაროებში წამყვანი ადგილი უკავია სათავსის რადიაციული ფონის კომპონენტებს, რომელთა რაოდენობა დამოკიდებულია სამშენებლო მასალის სახეზე, შენობის კონსტრუქციაზე, სათავსის ვენტილაციაზე, მის განლაგებაზე და ა.შ.

რადიაქტიურობა ახასიათებს ბევრ მთის ქანს, რომლის რადიაქტიური კომპონენტები დედამიწის ზედაპირის შემადგენლობაში დედამიწის გაჩენის დღიდან შედის. მთის ქანებში ძირითადად გვხვდება შემდეგი რადიაქტიური იზოტოპები: კალიუმი-40, რუბიდიუმი-87, და ურანი-238 და თორიუმი-232 და მათი დაშლის პროდუქტები.

სამშენებლო მასალის რადიაქტიურობა დამოკიდებულია მთის ქანის მდებარეობაზე და განლაგების სიღრმეზე. გარემოზე და ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედების შეფასებისას სხვა ფაქტორებთან ერთად მნიშვნელოვანია მთის ქანების და სამშენებლო მასალების ზემოქმედებაც, რამდენადაც მაიონიზირებელი დასხივება ხდება ყველა ეტაპზე: მასალის მოპოვების, გადამუშავების, ტრანსპორტირების და შენახვის პროცესში, აგრეთვე მასთან კონტაქტისას როგორც საწარმოო, ისე არასაწარმოო გარემოში.

ცხრილი №30

სამშენებლო მასალა	რადიაქტიურობა, ბკ/კგ	ქვეყანა
ხე	11	ფინეთი
ბუნებრივი თაბაშირი	29	დიდი ბრიტანეთი
ქვიშა და ხრეში	<34	გერმანია
პორტლანდცემენტი	<45	გერმანია
აგური	126	გერმანია
გრანიტი	170	დიდი ბრიტანეთი
ნაცრის მტვერი	341	გერმანია
თიხამიწა (1974-79 წწ)	496	შვედეთი

ფოსფორთაბაშირი	<574	გერმანია
კალიუსილიკატური წიდა	2140	აშშ
ურანის გამამდიდრებელი ფაბრიკის ნარჩენები	4625	აშშ

ვულკანური წარმოშობის მთის ქანისთვის (გრანიტი, პემზა, ტუფი) რადიაქტიურობა ძალიან მაღალია, ხოლო კარბონატული ქანისათვის (კირქვა, მარმარილო და სხვ.) – შედარებით მცირე. ქვიშაში, ღორღში და ხრეშში შემავალი ბუნებრივი რადიონუკლიდების ხვედრითი რადიაქტიურობა, როგორც წესი, დედამიწის ქერქის საშუალო მაჩვენებელს უახლოვდება. წითელ (თიხის) აგურში რადიონუკლიდების ხვედრითი აქტიურობა რამდენჯერმე აღემატება სილიკატური აგურის ხვედრით აქტიურობას. ცემენტის ბეტონში ხვედრითი აქტიურობა დამოკიდებულია შემავსებლის შემადგენლობაზე. ხვედრითი რადიაქტიურობა დამოკიდებულია აგრეთვე ნედლეულის მოპოვების ადგილმდებარეობაზე. მაგალითად, შვედურ მასალებში იგი გაცილებით მაღალია, ვიდრე სხვა ქვეყნებში მოპოვებულ მასალებში. შვედეთში XX საუკუნის 30-იან წლებში მშენებლობასი ფართოდ გამოიყენებოდა შაბის ფიქალები (ასეთ სახოვრებელ სახლებში ცხოვრობს მოსახლეობის 10%). გამოირკვა, რომ ასეთი ფიქალი მაღალი რადიაქტიურობით ხასიათდება. ამასთან დაკავშირებით შეწყდა ფიქალის გამოყენება მშენებლობაში.

#### 14.11. სამშენებლო მასალების ტექნოგენური რადიაქტიურობა

ბუნებრივი ნედლეულის გადამუშავების ზოგიერთი ტექნოგენური პროდუქტი – ბოქსიტური შლამი, ფოსფორის მადნების გადამუშავების ნარჩენები, ფოსფორთაბაშირი, ბრძმეული წიდა და ქვანახშირის დაწვის შედეგად მიღებული ნაცარი – მაღალი რადიაქტიურობით ხასიათდება. ზოგიერთი სახის ქვანახშირის 1ტ შეიცავს 1 კგ ურანს, სხვა რადიაქტიური იზოტოპები კი უფრო მცირეა, ვიდრე დედამიწის ქერქში. ქვანახშირის დაწვისას ხდება ამ რადიონუკლიდების კონცენტრირება წიდაში და ნაცარში, მათ შორის, ნაცრის მტვერშიც. ამ უკანასკნელს კი ზოგიერთ ქვეყანაში (მაგალითად, შვედეთში) ცემენტში დანამატად იყენებდნენ.

მაღალი რადიაქტიურობა ახასიათებს თიხამიწას, რომელიც ასევე რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში გამოიყენებოდა შვედეთში. თიხამიწის გამოყენება მშენებლობაში ჯერ შეიზღუდა, ხოლო შემდეგ სავსებით აიკრძალა.

მაღალია ურანის შემცველობა უმეტეს ფოსფატურ საბადოებში. ასევე მაღალია ფოსფოროვანი მადნების გადამუშავების თანაური პროდუქტის – კალციუმ-სილიკატური წიდის ხვედრითი რადიაქტიურობა. ეს უკანასკნელი კი ჩრდილოეთ ამერიკასა და კანადაში გამოიყენება ბეტონისა და სხვა სამშენებლო მასალების ერთ-ერთ კომპონენტად. ბუნებრივ თაბასირთან შედარებით მაღალი რადიაქტიურობით გამოირჩევა ფოსფორთაბაშირი – ფოსფოროვანი მადნების გადამუშავების კიდევ ერთი თანაური პროდუქტი, რომელიც დღემდე გამოიყენება სამშენებლო ბლოკების, ტიხრის, მშრალი ბათქაშისა და ცემენტის წარმოებაში, შემკვრელი ნარეგების მისაღებად, ასფალტბეტონში მინერალური ფხვნილის დანამატად. ფოსფორთაბაშირი უფრო იაფია, ვიდრე ბუნებრივი თაბაშირი და მის გამოყენებას გარემოს დამცველებიც მისაღმებოდნენ, რამდენადაც ფოსფორთაბაშირი სამრეწველო ნარჩენია და თვლიდნენ, რომ მისი გამოყენება ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნებას და გარემოს გაბინძურების შემცირებას შეუწყობს ხელს. სამშენებლო მრეწველობამ 1974 წელს მარტო იაპონიაში 3 მლნ ტონა ასეთი მასალა გამოიყენა. მოგვიანებით ცნობილი გახდა, რომ ფოსფორთაბაშირის შემცველი მასალებით აშენებულ სახლებში 30%-ით იზრდება ადამიანების დასხივება. გაეროს კომისიის მონაცემების მიხედვით 70-იანი წლების ბოლოსათვის ფოსფორთაბაშირით დასხივების დოზამ დაახლოებით 300 000 ად.ზვ-ს მიაღწია, ხოლო ქვანახშირზე მომუშავე ყველა ელექტროსადგურიდან დასხივების დოზამ – 2 000 ად.ზვ-ს.

ძალიან მაღალი ხვედრითი აქტიურობა აქვს თიხას, წითელ აგურს, კერამზიტს, გრანიტის რორღს და წიდას. დაბალი ხვედრითი აქტიურობა ახასიათებს კირქვის ღორღს, კირს. გერმანელი მკვლევარები თვლიან, რომ მეტალურგიული წიდები რადიაქტიურობის თვალსაზრისით უსაფრთხოა გარემოსათვის. სხვადასხვა ქვეყნისა და სხვადასხვა სამრეწველო საწარმოს ნარჩენებში რადიონუკლიდების ხვედრითი აქტიურობა სხვადასხვაა.

მშენებლობაში გამოყენებული მაღალი რადიაქტიურობის მქონე სამრეწველო ნარჩენებიდან აღსანიშნავია წითელი თიხა – ალუმინის წარმოების ნარჩენი, ბრზმედის წიდა – შავი მეტალურგიის ნარჩენი და ნაცრის მტვერი, რომელიც წარმოიქმნება ნახშირის წვისას. ცნობილია ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც მშენებლობაში გამოიყენებოდა ურანის მადნის ნარჩენებიც კი. მაგალითად, 1952-1966

წლებში ურანის გამამდიდრებელი ფაბრიკის ფუჭი ქანები გამოიყენებოდა სამშენებლო მოედნებზე მოსაყრელად, განსაკუთრებით, ქალაქ გრანდ-ჯანკშენში (კოლორადოს შტატი), ხოლო კანადის ქალაქ პორტ-ჰოპში (ონტარიოს პროვინცია) სამშენებლო მიზნებისათვის გამოიყენებოდა რადიუმის ამოწვილვის შემდეგ დარჩენილი მადანი. ორივე შემთხვევაში ჩაერია მთავრობა და დამნაშავენი პასუხისგებაში მისცა იმ ზარალისათვის, რომელიც მათ მიაყენეს ამ სახლების მცხოვრებლების ჯანმრთელობას.

#### **14.12. ადამიანის მიერ შექმნილი რადიაქტიური წყაროები**

უკანასკნელი 50-60 წლის განმავლობაში ადამიანმა შექმნა რამდენიმე ასეული ხელოვნური რადიაქტიული ნუკლიდი და დაიწყო ატომის ენერჯის გამოყენება სხვადასხვა მიზნით: მედიცინაში, ატომური იარაღის შესაქმნელად, ელექტროენერჯის მისაღებად, ხანძრების აღმოსაჩენად, სასარგებლო წიაღისეულის საძიებლად და ა.შ. ყოველივე ეს იწვევს როგორც ცალკეული ადამიანების, ისე მთელი კაცობრიობის დასხივების დოზის გაზრდას.

#### **14.13. მედიცინაში გამოყენებული რადიაქტიური წყაროები**

რადიაციის ტექნოგენური წყაროებიდან ადამიანის მიერ მიღებული რადიაციის დიდი ნაწილი მოდის სამედიცინო პროცედურებზე და მკურნალობის მეთოდებზე, რომლებიც დაკავშირებულია რადიაქტიური დასხივების გამოყენებასთან. რადიაცია მედიცინაში გამოიყენება როგორც დიაგნოსტიკის, ისე მკურნალობის მიზნით. ყველაზე გავრცელებულია რენტგენის აპარატი. ხშირად მედიცინაში გამოყენებული დოზები გაუმართლებლად მაღალია. ამჟამად განვითარებულ ქვეყნებში (შვედეთი, დიდი ბრიტანეთი, აშშ და სხვ.) მნიშვნელოვნად შემცირდა რენტგენოდიაგნოსტიკის გამოყენების სიხშირე, თუმცა ზოგიერთ ქვეყანაში მოსახლეობის 1/3 ძველებურად აგრძელებს სამედიცინო გამოკვლევას. ბოლო წლებში შეიქმნა სრულყოფილი აპარატურა, რომელიც რენტგენის სხივებით დასხივებიდ დოზის შემცირების საშუალებას იძლევა. აუცილებელია აპარატურის სრულყოფა და პერსონალის კვალიფიკაციის ამაღლება. რენტგენის სხივების აღმოჩენის დროიდან რენტგენოდიაგნოსტიკის მეთოდების შემუშავებაში ყველაზე მნიშვნელოვანი მიღწევაა კომპიუტერული ტომოგრაფია, რომლის გამოყენებით კანის დასხივების

დოზა 5-ჯერ მცირდება, ხოლო საკვერცხეების -25-ჯერ და სათესლეებისა - 50-ჯერ.

რენტგენოლოგიური გამოკვლევისას მხედველობაში მიიღება გენეტიკურად მნიშვნელოვანი ექვივალენტური დოზა - ანუ დოზა, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს გენეტიკური დაზიანებები.

#### 14.14. ბირთვული აფეთქებები

უკანასკნელი 50-60 წლის მანძილზე გაიზარდა მოსახლეობის დასხივება რადიაქტიური ნალექებით, რომელიც წარმოიქმნება ატმოსფეროში ატომური იარაღის გამოცდის და ატომურ ელსადგურებში ავარიის შედეგად.

ატომური იარაღის გამოცდათა მაქსიმუმი მოდის ორ პერიოდზე:

I - 1954-1958 წწ (ინგლისი, აშშ, სსრკ);

II - 1961-1962 წწ (აშშ, სსრკ).

1963 წელს ბირთვულმა სახელმწიფოებმა ხელი მოაწერეს ხელშეკრულებას ატმოსფეროში, წყლის ქვეშ და კოსმოსში ატომური იარაღის გამოცდის შეწყვეტის შესახებ. ამის შემდეგ მხოლოდ საფრანგეთმა და ჩინეთმა ჩაატარა ატომურ აფეთქებათა სერია ატმოსფეროში. თუმცა, აფეთქებათა სიმძლავრე მნიშვნელოვნად დაბალი იყო, ხოლო აფეთქებები - იშვიათი. მიწისქვეშა აფეთქებები დღესაც გრძელდება, მაგრამ მას არ ახლავს რადიაციული ნუკლიდების ნალექების წარმოქმნა.

ბირთვული აფეთქებების შედეგად მოსახლეობის მოსალოდნელ კოლექტიურ ეფექტურ ექვივალენტურ დოზას ქმნის მხოლოდ ოთხი რადიაციული ნუკლიდი:

ნახშირბადი-14 ( $T_{1/2} = 5730$  წ);

ცეზიუმი-137 ( $T_{1/2} = 30$  წ);

ცირკონიუმი-95 ( $T_{1/2} = 64$  დღ.)

სტრონციუმი-90 ( $T_{1/2} = 30$  წ).

ბირთვული აფეთქების შედეგად რადიაქტიური მასალის ნაწილი გამოილეკება გამოცდის ადგილის სიახლოვეს, გარკვეული ნაწილი შეყოვნდება ტროპოსფეროში, მას აიტაცებს ქარი და გადაადგილებს დიდ მანძილზე. რადიაქტიური ნივთიერებები ჰაერში იმყოფება საშუალოდ ერთი თვის განმავლობაში და გადაადგილების დროს თანდათან ილეკება დედამიწაზე. რადიაქტიური მასალის დიდი ნაწილი კი

გაიფრქვევა სტრატოსფეროში, სადაც ის რჩება მრავალი თვის განმავლობაში, ნელმნელა ეშვება და გაიფანტება დედამიწის მთელ ზედაპირზე.

აღსანიშნავია, რომ ბირთვულ გამოცდათა უმეტესობა მოხდა დედამიწის ჩრდილო ნახევარსფეროში, აქვე გამოილექება ყველაზე მეტი რადიაქტიური ნალექი. უკიდურეს ჩრდილოეთში მწვემსებმა მიიღეს ცეზიუმ-137-ით დასხივების დოზა, რომელიც 100-1000-ჯერ აღემატება დანარჩენი მოსახლეობის საშუალო ინდივიდუალურ დოზას. თუმცა, ისინი დასხივების დიდ დოზას დასხივების ბუნებრივი წყაროებიდანაც იღებენ – ცეზიუმი გროვდება ირმის ხავსში და კვების ჯაჭვით ხვდება ადამიანის ორგანიზმში.

სამწუხაროდ, გამოსაცდელი პოლიგონის სიახლოვეს მყოფი ადამიანები დასხივების მნიშვნელოვან დოზას ღებულობენ. მაგალითად, მარშალის კუნძულის მოსახლეობამ და იაპონური თევზსაჭერი გემის (რომელიც შემთხვევით მიცურავდა აფეთქების ადგილის მახლობლად) მეზღვაურებმა მიიღეს დასხივების დიდი დოზა. საერთოდ, უკვე მომხდარი აფეთქებების ეფექტურ ექვივალენტურ დოზას მოსახლეობა კიდევ მილიონობით წლის განმავლობაში მიიღებს.

#### 14.15. ატომური ენერგეტიკა

ატომური ელექტროსადგურების ირგვლივ ინტენსიური კამათი მიდის, ტუმცა, მოსახლეობის ჯამურ დასხივებაში მას უმნიშვნელო წილი შეაქვს. ატომური ელექტროსადგურის დანადგარების ნუშაობის დროს რადიაქტიური მასალები უმნიშვნელო რაოდენობით გამოიფრქვევა გარემოში.

1984 წლის ბოლოსათვის 26 ქვეყანაში მუშაობდა 345 ბირთვული რეაქტორი, რომელთა სიმძლავრე (220 გიგავატი) ელექტროენერჯის ყველა წყაროს ჯამური სიმძლავრის 13%-ს შეადგენდა. ეს სიმძლავრე ყოველ 5 წელიწადში ორმაგდება. ამჟამად შეიმჩნევა ატომური ელექტროსადგურების სიმძლავრის კლების ტენდენცია. ამის მიზეზია: ეკონომიკური კრიზისი, ელ.ენერჯის ეკონომიის დონისძიებათა რეალიზება, აგრეთვე საზოგადოების მხრიდან წინააღმდეგობა.

ადამიანი რაც უფრო ახლოს ცხოვრობს რეაქტორთან, მით უფრო მეტ დასხივებას ღებულობს. ბირთვული რეაქტორიდან მიღებული დასხივების დოზა დამოკიდებულია დასხივების ხანგრძლივობაზე და დასორებაზე. თითოეული რეაქტორი გარემოში გამოაფრქვევს ნახევარდაშლის სხვადასხვა პერიოდის მქონე

მთელ რიგ რადიაციულ ნუკლიდებს, რომელთა უმეტესობა სწრაფად იშლება და მათ მხოლოდ ადგილობრივი მნიშვნელობა აქვს. თუმცა ამ რადიონუკლიდების ნაწილი დიდხანს ცოცხლობს და მთელ დედამიწაზე ვრცელდება, ხოლო იზოტოპების განსაზღვრული ნაწილი პრაქტიკულად სამუდამოდ რჩება გარემოში.

ბირთვული საწვავის ციკლი ასეთია:

- ურანის მადნის მოპოვება და გამდიდრება;
- ბირთვული საწვავის წარმოება;
- ატომურ ეს-ში ნამუშევარი ბირთვული საწვავის მეორადი გადამუშავება (მისგან ურანის და პლუტონიუმის ამოღების მიზნით);
- რადიაქტიური ნარჩენების დამარხვა.

თითოეულ ამ სტადიაზე გარემოში ხვდება რადიაქტიური ნივთიერების გარკვეული რაოდენობა. აეს-ის მაიონიზირებელი დაბინძურების 95% მოდის ბირთვული სათბობის გადამუშავების პროცესზე. მნიშვნელოვან პრობლემებთანაა დაკავშირებული მაღალაქტიური ბირთვული ნარჩენების გადამუშავება და დამარხვა, რომელთა საერთო წლიური რაოდენობა მსოფლიოში ათი ათას ტონას აღწევს.

მოპოვებული ურანის მადანი გადააქვთ გამამდიდრებელ ფაბრიკაში. მაღაროც და გამამდიდრებელი ფაბრიკაც გარემოს რადიაქტიური ნივთიერებებით დაბინძურების წყაროს წარმოადგენს. გამამდიდრებელი ფაბრიკა ქმნის ხანგრძლივად დაბინძურების პრობლემას: მადნის გადამუშავების პროცესში წარმოიქმნება უზარმაზარი რაოდენობის ნარჩენები, ე.წ. “კუდები”, მაგალითად, ჩრდილოეთ ამერიკაში მოქმედი გამამდიდრებელი ფაბრიკის სიახლოვეს უკვე დაგროვდა 500 მლნ ტონა ნარჩენები, რომლებიც ფაბრიკის ფუნქციონირების შეწყვეტის შემდეგ კიდევ მილიონობით წლის განმავლობაში იქნება რადიაქტიური. ამრიგად მოსახლეობის დასახელების მთავარ ხანგრძლივმოქმედ წყაროს წარმოადგენს ნარჩენები. დასახელებაში მათი წილის მნიშვნელოვანი შემცირება შეიძლება ნარჩენების მოასფალტების ან პოლივინილქლორიდით დაფარვის გზით (აუცილებელია დაფარვის რეგულარულად ცვლა).

გამამდიდრებელ ფაბრიკაში მიღებული ურანის კონცენტრატის შემდგომი გადამუშავება და გაწმენდა ხდება სპეციალურ ქარხნებში, სადაც მიიღება ბირთვული საწვავი. ასეთი გადამუშავების შედეგად წარმოიქმნება აირადი და თხევადი რადიაქტიური ნარჩენები, მაგრამ მათგან დასახელების დოზა ბევრად

მცირეა, ვიდრე ბირთვული საწვავის ციკლის სხვა სტადიებზე. სხვადასხვა რეაქტორისათვის რადიაქტიური გამონაბოლქვების რაოდენობა ფართო ზღვრებში მერყეობს, რადიაქტიური ნივთიერებები განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გამოიფრქვევა მიმდინარე სარემონტო სამუშაოების დროს.

უკანასკნელ წლებში შეიმჩნევა ბირთვული რეაქტორიდან გამოფრქვევის შემცირების ტენდენცია, რაც ნაწილობრივ დაკავშირებულია რეაქტორების ტექნიკურ სრულყოფასთან, ნაწილობრივ კი რადიაციული უსაფრთხოების ღონისძიებების დანერგვასთან.

მსოფლიო მასშტაბით ატომურ ელექტროსადგურში ( აეს) გამოყენებული ბირთვული საწვავის დაახლოებით 10% მიდის გადასამუშავებლად ურანისა და პლუტონიუმის ამოწვილვისათვის მათი ხელმეორედ გამოყენების მიზნით. ასეთი გადამუშავება სამრეწველო მასშტაბით წარმოებს მარკულში და ლა-აგეში (საფრ.) და უინდსკეილში (დიდი ბრიტანეთი). მათგან ყველაზე “სუფთაა” ქარხანა მარკულში, რომელსაც განსაკუთრებულად მკაცრად აკონტროლებენ, რამდენადაც მისი ანასხლეტი ხვდება მდინარე რონაში. დანარჩენი ორი ქარხნიდან ნარჩენები ხვდება ზღვაში, ამასთან ქარხანა უინდსკეილში უფრო დიდი დაბინძურების წყაროა, თუმცა რადიაქტიური მასალების დიდი ნაწილი გარემოში ხვდება არა გადამუშავებისას, არამედ იმ ტევადობების კოროზიის შედეგად, რომელშიც გადამუშავებამდე ინახება ბირთვული საწვავი.

ბირთვული საწვავის ციკლის ბოლო სტადიაა მაღალაქტიური ნარჩენების დამარხვა. ზოგიერთ ქვეყანაში მიმდინარეობს კვლევითი სამუშაო მაღალაქტიური ნარჩენების გასამყარებლად მისი შემდგომი დამარხვის მიზნით გეოლოგიურად სტაბილურ რაიონებში. გამოთვლების მიხედვით მიწისქვეშ დამარხული რადიაქტიური ნივთიერებების შესამჩნევი რაოდენობა ბიოსფერომდე მხოლოდ  $10^5 - 10^6$  წლის შემდეგ მიაღწევს.

რადიაქტიური ნარჩენები იყოფა სამ კატეგორიად: სუსტაქტიურ, საშუალო აქტიურობის და ძლიერაქტიურ ნარჩენებად.

სუსტაქტიური ნარჩენების ემისია, როგორც წესი, ხდება გარემოში. რადიაქტიური მტვრის შემცველ ჰაერს ფილტრის გავლით გამოაფრქვევენ ატმოსფეროში. ატომურ ელექტროსადგურებიდან ჩამდინარე წყლები (რადიაქტიურობის დაბალი დონის შემთხვევაში ) მდინარეებსა და ზღვებში ჩაედინება.



საშუალო აქტიურობის ნარჩენებს ათავსებენ ბირთვული საწვავის კონტეინერებში, რომლებსაც ათავსებენ ბეტონის კონტეინერებში და ყრიან ოკეანის ღრმაწყლიან ნაწილში.

ძლიერაქტიური ნარჩენების აქტიურობის დონე იმდენად მაღალია, რომ მხოლოდ ~500 წლის შემდეგ დაეცემა იგი ურანის მადნის აქტიურობის დონემდე. ძლიერაქტიური ნარჩენები ინახება აეს-ის ტერიტორიაზე კონცენტრირებული სითხის სახით. შესაბამისად გამოიყენება უუანგავი ფოლადის ორმაგკედლებიანი კონტეინერები, რომლებსაც ათავსებენ უუანგავი ფოლადით არმირებულ ბეტონის კამერებში. საბოლოოდ მას გადაამუშავენ მინისმაგვარ ბლოკებად, რომლებიც ამოვებული უნდა იყოს ფოლადის ფილებით. დაახლოებით 50 წლის შემდეგ ეს ფილები დაიმარხოს კონტინენტის მთის ქანების დონეზე ღრმა შახტაში ან ოკეანის ფსკერზე, ღრმად.

მოსახლეობა სწრაფად დაშლადი იზოტოპებით განპირობებული დასხივების მთელი დოზის 90%-ს იღებს გამოფრქვევიდან ერთი წლის განმავლობაში, 98%-ს 5 წლის განმავლობაში. დასხივების ყველაზე დიდი დოზა მოდის ადამიანებზე, რომლებიც აეს-დან არა უმეტეს რამდენიმე ათასი კილომეტრის დაშორებით ცხოვრობენ.

ბირთვული საწვავის ციკლს თან ახლავს დიდი რაოდენობით ხანგრძლივი სიცოცხლის უნარის მქონე რადიაციული ნუკლიდების წარმოქმნა, რომელიც მთელ დედამიწაზე ვრცელდება. დედამიწის მთელი მოსახლეობა ასეთი ნუკლიდებიდან დასხივების დაახლოებით ისეთივე საშუალოწლიურ დოზასღებულობს, როგორსაცღებულობს მოსახლეობა აეს-ის სიახლოვეს ხანმოკლე სიცოცხლის უნარის მქონე რადიაციული ნუკლიდებიდან. აეს-თან ახლოს მცხოვრები მოსახლეობა რეაქტორის ნორმალურად მუშაობის დროსაც კი სრულადღებულობს ხანმოკლე სიცოცხლის უნარის მქონე იზოტოპებიდან დასხივების მთლიან დოზას, ხოლო ხანგრძლივი სიცოცხლის უნარის მქონე იზოტოპებიდან დასხივების დოზის მცირე ნაწილს.

მთელი ბირთვული ციკლიდან დასხივების წლიური კოლექტიური ეფექტური დოზა 1980 წლისათვის შეადგენდა ~ 500ად-ზვ. 2100 წლისათვის სავარაუდოა მისი გაზრდა 200 000 ად-ზვ-მდე. მაგრამ ამ შემთხვევაშიც საშუალო დოზები მეტად მცირე იქნება ბუნებრივი წყაროებიდან მიღებულ დოზებთან შედარებით – 2100 წლისათვის ის ბუნებრივი რადიაციის მხოლოდ 1%-ს მიაღწევს.

ატომური ენერჯის საზოგადოებრივი ცენტრის მონაცემების მიხედვით მოსახლეობის მიერ მიღებული წლიური კოლექტიური ექვივალენტური დოზა შეადგენს:

ატომური ელექტროსადგურის სიახლოვეს – 2,5 ად-ზვ. (ადამიან-ზივერტი). შედარებისათვის, მაზუთზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის სიახლოვეს 0,5 ად-ზვ; აირზე მომუშავე თეს-ის სიახლოვეს–0,03 ად-ზვ; ნახშირზე მომუშავე თეს-ის სიახლოვეს 4ად-ზვ.

მიუხედავად იმისა, რომ ბირთვულ რეაქტორებთან მცხოვრები ადამიანები უეჭველად გაცილებით დიდ დოზებს ღებულობენ დანარჩენ მოსახლეობასთან შედარებით, ეს დოზები ჩვეულებრივ არ აღემატება ბუნებრივი რადიაციული ფონის რამდენიმე პროცენტს.

#### 14.16. „ავარიის რისკი „

რადიაციული ავარია არის ბირთვულენერგეტიკული დანადგარის, მოწყობილობის ან აღჭურვილობის უსაფრთხო ექსპლუატაციის წესების დარღვევა, რომლის დროსაც მოხდა რადიაქტიური ნივთიერებების ან მაიონიზირებელი გამოსხივების გამომწვევა პროექტით განსაზღვრული უსაფრთხო ექსპლუატაციის საზღვრებიდან, რაც იწვევს მოსახლეობის დასხივებას და გარემოს დაბინძურებას.

ასეთი ავარიების ძირითად დამაზიანებელი ფაქტორებია რადიაციული ზემოქმედება და რადიაქტიური დაბინძურება. ავარიებს შეიძლება ახლდეს აფეთქებები და ხანძრები.

#### 14.17. ატომურ ელექტროსადგურზე ავარია და მისი პროფილაქტიკა

ატომურ ელექტროსადგურზე ავარიების კლასიფიცირება ხდება მოწყობილობის მტყუნების მიზეზის, ავარიის განვითარების მექანიზმისა და შედეგების მასშტაბების მიხედვით. განასხვავებენ ატომურ ელექტროსადგურზე რადიაციული ავარიების სამ ტიპს: ლოკალურს, ადგილობრივს და საერთოს. ლოკალური ავარიის დროს რადიაციული შედეგები შემოსაძვრება ერთი შენობით ან ნაგებობით, სადაც იქმნება გარე გამოსხივების ამაღლებული დონე, ჰაერის რადიაქტიული დაბინძურება სამუშაო სათავსებში, აგრეთვე მოწყობილობის ზედაპირზე .

ადგილობრივი ავარიის დროს რადიაციული შედეგები შემოსაზღვრება შენობით და აეს-ის ტერიტორიით, სადაც შეიძლება მოხდეს პერსონალის დასხივება

დასაშვებზე მაღალი დოზით. ჰაერში რადიაქტიური ნივთიერების კონცენტრაცია, აგრეთვე სათავისა და ტერიტორიის ზედაპირზე რეგლამენტირებულს აღემატება.

საერთოს მიეკუთვნება ავარიები, რომლის დროსაც რეაქტორიდან გამოსროლილი რადიაქტიური პროდუქტები აეს-ის ტერიტორიის საზღვრებს სცდება. შედეგად შესაძლებელია მოსახლეობის დასახივება და გარემოს ობიექტების (ნიადაგი, ჰაერი, მცენარეები) რადიაქტიული დაბინძურება.

რადიაციული საშიშროების მიხედვით ატომური ელექტროსადგურები ითვლება პირველი ხარისხის, ხოლო კვლევითი ინსტიტუტების ბირთვული რეაქციები და სტენდები – მეორე ხარისხის ობიექტებად. ასეთი ობიექტების საშიშროების დასადგენად მაგატე-ს (ატომური ენერგეტიკის საერთაშორისო სააგენტო) მიერ შემოღებულია შეფასების შვიდბაღიანი სისტემა.

ატომურ სადგურებზე ავარიის მიმდინარეობის ფაზებია: **ადრეული** – ავარიის დაწყებიდან რადიოაქტიური ნივთიერებების გაფრქვევის შეწყვეტამდე და დაბინძურების კვალის ფორმირების დამთავრებამდე. ფაზის ხანგრძლივობა შეადგენს 2 კვირას, რომლის დროსაც დიდია  $\gamma$ - და  $\beta$ -ნაწილაკებით გარეგანი დასახივების და ჰაერით, წყლით, საკვებით შიგნაგანი დასახივების ალბათობა.

**საშუალო ფაზა** ადრეული ფაზის დამთავრებიდან დაცვის ზომების მიღებამდე. ფაზის ხანგრძლივობა – რამოდენიმე წელიწადი. ამ დროის განმავლობაში გარეგანი დასახივების წყაროებად ითვლება ზედაპირზე დაღეკილი რადიოაქტიური ნივთიერებები.

**გვიანი ფაზა** – დაცვითი ღონისძიებების ჩატარების შეწყვეტამდე და შეზღუდვების მოხსნამდე.

რადიოაქტიური ობიექტის საშიშროების ხარისხი დამოკიდებულია:

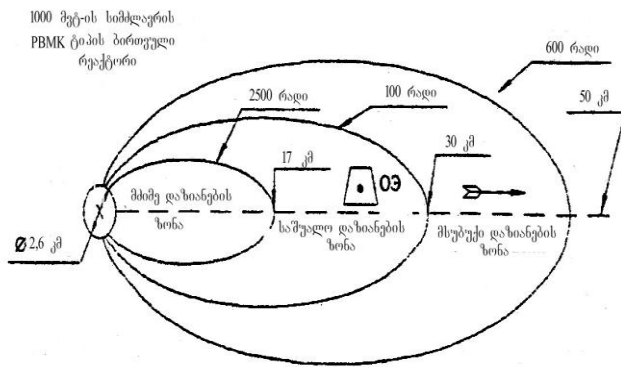
- რადიოაქტიური ობიექტის საშიშროების ხარისხზე;
- ბირთვული რეაქტორის ტიპზე;
- გაბატონებული ქარების მიმართულებაზე;
- რადიონუკლიდების რაოდენობის ალბათობაზე;
- ავარიის ლიკვიდაციისათვის შემუშავებული ღონისძიებების შესრულების

სისწრაფეზე.

რადგანაც „მოკლევადიანი“ (იოდი-131) და „გძელვადიანი“ (სტრონციუმი, ცეზიუმი) რადიონუკლიდებისაგან მოსალოდნელი საშიშროებები განსხვავებულია, ეს

ფაქტორები გათვალისწინებულია ატომური სადგურების ირგვლივ ტერიტორიების ზონირებისას.

РБМК-1000 ტიპის რეაქტორზე ავარიის შემთხვევაში ატმოსფეროში მოხვედრილი რადიოაქტიური ნივთიერებების წილი პირველადი გამოტოვრებისას შეადგენს 20-25%, შემდგომის ~ 75%. გამონატოვრების ცენტრის სიმაღლე შეადგენს 200 მეტრს, ხოლო რადიოაქტიური ნისლის გავრცელების სიშორე – 1 კმ-ს. თუ ატმოსფეროში განვითარდა ინვერსიული პროცესები (ტემპერატურის და ქარის სიჩქარის მატება) რადიაციული მდგომარეობის შეფასება და მოსალოდნელი დანაკარგები პერსონალის მხრივ შეიძლება გამოსახოს სქემით და ცხრილების სახით.



ნახ. 90. РБМК-1000 ტიპის რეაქტორზე ავარიის შემთხვევაში ინჰალაციური

დასხივების ზონები, 09 – ეკონომიკის ან სახალხო მეურნეობის ობიექტი;

I ზონა – საგანგებო ზომების დაცვის ტერიტორია (30 კმ). ამ ტერიტორიაზე მთელი სხეულის გარეგანი დასხივება შეადგენს 75 ბერს, შინაგანი დასხივება – 250 ბერს;

II ზონა – პროფილაქტიკური ღონისძიებების ტერიტორია, რომლის ფარგლებშიც სხეულის გარეგანი დასხივების დოზა არ აღემატება 25 ბერს, შინაგანი დასხივების დოზა – 90 ბერს;

III ზონა – შეზღუდვების ტერიტორია, რომლის ფარგლებშიც სხეულის გარეგანი დასხივება 10 ბერს არ აღემატება, შინაგანი დასხივებისა კი – 30 ბერს.

თუ წლის განმავლობაში გარეგანი დასხივების მოსალოდნელი დოზა 120 ბერს აღემატება, შემოდებული უნდა იყოს რადიაციული დაცვის რეჟიმი და განხორციელდეს 30 კმ-იანი ზონიდან მოსახლეობის ევაკუაცია.

ცხრილებში მოყვანილია რეაქტორის ელექტრული სიმძლავრის სხვადასხვა მნიშვნელობები, ინჰალაციური დასხივების ზონის პარამეტრები, გარეგანი დასხივების დოზები და რადიოაქტიური დაბინძურების ზონების პარამეტრები.

მოსალოდნელი ინჰალაციური დასხივების ზონის პარამეტრები

ცხრილი №31

რეაქტორის სიმძლავრე მვტ	დაზიანების ზონა, კმ						
	წრის დიამეტრი	მსუბუქი		საშუალო		მძიმე	
		სიგრძე	სიგანე	სიგრძე	სიგანე	სიგრძე	სიგანე
440	1,9	30	3,3	20	2,5	10	1,9
1000	2,6	46	4,3	30	3,3	17	2,6
1500	2,7	55	4,8	36	3,5	21	2,7
2000	2,8	63	5,3	40	3,9	24	2,8
3000	3,3	70	5,4	50	4,5	29	3,3
4000	3,6	78	5,5	56	4,8	34	3,6

გარეგანი დასხივების დოზები, გრეი

ცხრილი №32

რეაქტორის სიმძლავრე, მვტ	მანძილი რეაქტორიდან, კმ							
	5	10	20	25	30	40	50	70
440	0,65	0,26	0,12	0,09	0,04	0,03	0,02	0,01
1000	1,5	0,6	0,28	0,21	0,12	0,1	0,09	0,06
2500	2,25	0,9	0,42	0,31	0,15	0,12	0,11	0,1
4000	6	2,4	1,10	0,85	0,4	0,3	0,25	0,21

ავარიის შემთხვევაში რადიოაქტიური დაბინძურების ზონების პარამეტრები, კმ

ცხრილი №33

რეაქტორის სიმძლავრე, მვტ	Г- საგანგებოდ საშიში ზონა		В- საშიში ზონა		Б - ძლიერი ზონა		А- ზომიერი ზონა	
	სიგრძე	სიგანე	სიგრძე	სიგანე	სიგრძე	სიგანე	სიგრძე	სიგანე

440	60	7,5	140	18	200	25	340	42
1000	120	15	190	24	250	31	400	50
2000	160	20	230	29	300	37	440	55
3000	180	22	260	32	320	40	460	56
4000	200	25	270	34	340	42	480	60

ცხრილ № 34-ში მოყვანილია ადამიანების დაზიანების ხარისხი – შრომისუნარიანობის შენარჩუნების ვადის (დღე-ღამე) დამოკიდებულება რადიაციული დოზისაგან (გრეი) და პროცენტებში გამოსახული დანაკარგები.

დაუცველი ადამიანების მოსალოდნელი დანაკარგების დამოკიდებულება მიღებული ინჰალაციური დოზისაგან.

**ცხრილი №34**

დოზის სიდიდე, დანაკარგები,		დაზიანების ხარისხი;
გრეი	%	შრომისუნარიანობის შენარჩუნების ვადა, დღე-ღამე
3	1	მსუბუქი; 10-მდე
4	1,8	
5	2,8	
6	4	
7	5,5	
9	9	საშუალო; 7-მდე
10	11,3	
13	19	
16	29	
17	32,7	
18	36,6	
19	41	მძიმე; 3-დან – 7-მდე
20	45	
25	70	
27	82	
28	88	
30	100	

რადიაციის დოზის შესუსტების კოეფიციენტების მნიშვნელობები ადგილმდებარეობის მიხედვით მოყვანილია ცხრილში №35.

რადიაციის დოზის შესუსტების კოეფიციენტის (K<sub>შეს</sub>) მნიშვნელობები  
ცხრილი № 35

ადგილმდებარეობა	რადიაციის დოზის შესუსტების კოეფიციენტის (K <sub>შეს</sub> )
ღია ადგილი	1
ავტომობილი, დახურული ვაგონი	2
ბუღდოზერი, გრეიდერი	4
ღია ხვრელები, ტრანშეა	3 – 4
დეზაქტივირებული ხვრელები, ტრანშეა	20
გადახურული ხვრელები, ტრანშეა	40
თავშესაფარი	400–1000
საწარმოო შენობა, საამქრო	5–8
ქვის საცხოვრებელი სახლი: ერთსართულიანი	10–13/40–50
სამსართულიანი	20–30/400–600
ხუთსართულიანი	25–50/400–600
ხის საცხოვრებელი სახლი: ერთსართულიანი	2/7
ორსართულიანი	7–13/12–16

*მინიშნება:* მრიცხველში მოყვანილია სართულების **K<sub>შეს</sub>** მნიშვნელობები, ხოლო მნიშვნელში – სარდაფი

#### 14.18. მაიონიზებული გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი

რადიაცია თავისი ბუნებით მავნებელია სიცოცხლისათვის. დასხივების მცირე დოზებმაც კი შეიძლება მისცეს ბიპგი კიბოს განვითარებას და გენეტიკურ დაზიანებებს. რადიაციის დიდმა დოზამ შეიძლება გამოიწვიოს უჯრედების კვდომა, დააზიანოს ორგანოების ქსოვილები, რაც შეიძლება ორგანიზმის სწრაფი სიკვდილის მიზეზი გახდეს.

დასხივების დიდი დოზებით გამოწვეული დაზიანებები რამდენიმე საათის ან დღის განმავლობაში მუდგანდება. კიბოს დაავადებები კი დასხივებიდან რამდენიმე წლის

შემდეგ მჟღავნდება. უჯრედის გენეტიკური აპარატის დაზიანება მხოლოდ შემდეგ ან მომდევნო თაობებში მჟღავნდება.

მაიონიზირებელი გამოსხივების ბიოლოგიური მოქმედება დაკავშირებულია მის მაღალ ქიმიურ აქტიურობასთან, რომლის წყალობითაც მას შეუძლია ყოველგვარი ქიმიური კავშირის გაწყვეტა, აქტიური ცენტრების წარმოქმნა და რადიაქტიური რეაქციების აღძვრა. დასხივებას თან სდევს შედარებით მგრძობიარე უჯრედების დაზიანება და ქსოვილში ქიმიური სტრუქტურის შეცვლა. მაიონიზებელი გამოსხივების ბიოლოგიური მოქმედების საწყის ეტაპად ითვლება ცოცხალი მატერიის ატომებისა და მოლეკულების იონიზაცია. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება წყლის მოლეკულის იონიზაციას, რამდენადაც წყალი ადამიანის მთელი ორგანიზმისა და ქსოვილების ძირითად ნაწილს ( $\approx 65\%$ ) შეადგენს. გარკვეულ პირობებში წყლის მოლეკულების იონიზაციის შედეგად წარმოიქმნება რადიკალები, რომლებიც რეაქციაში შედის ისეთ ნივთიერებებთან, რომლებსაც აქვთ როგორც დაჟანგვის, ისე აღდგენის უნარი. წყლის დისოციაციის პროდუქტები, როგორცაა: წყალბადი ( $H^+$ ), ჰიდროქსილი ( $OH^-$ ), ჰიდროქსიდი ( $HO_2^-$ ), წყალბადის ზეჟანგი ( $H_2O_2$ ), მაღალი ქიმიური აქტიურობის გამო რეაქციაში შედიან ქსოვილის სხვა მოლეკულებთან და წარმოქმნიან ახალ ნივთიერებებს, რომლებიც ჯანმრთელი ორგანიზმისათვის არაა დამახასიათებელი. თავისუფალი რადიკალები რეაქციაში შედიან ფერმენტული სისტემის აქტიურ სტრუქტურებთან – სულფჰიდრილის ჯგუფებთან ( $SH$ ) და გადაჰყავთ ისინი არააქტიურ დისულფიდურ ჯგუფებში ( $S=S$ ), რის შედეგადაც ირღვევა ორგანიზმის ცხოველქმედებისათვის მეტად მნიშვნელოვანი თიოფერმენტული სისტემების კატალიზური აქტიურობა.

მაიონიზირებელი გამოსხივების თავისებურებაა ის, რომ ადამიანის ორგანიზმი დასხივების მომენტში ვერ გრძობს მის მოქმედებას და ეს მჟღავნდება მხოლოდ მოგვიანებით, როდესაც ესა თუ ის ორგანო უკვე დაზიანებულია. ე.ი. რადიაქტიურ გამოსხივებას ახასიათებს ორგანიზმის დაზიანების ფარული პერიოდი. მაიონიზირებელი გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი დამოკიდებულია დასხივების დოზაზე, გამოსხივების სახეზე, ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე, დასხივებული ზედაპირის ფართობზე, ინდივიდუალურ მგრძობიარობაზე.

მაიონიზირებელი გამოსხივება მავნედ მოქმედებს მთელ ორგანიზმზე, განსაკუთრებით სისხლზე და სისხლწარმოქმნელ ორგანოებზე. კერძოდ, იწვევს



სისხლწარმოქმნელი ორგანოების ფუნქციის დამუხრუჭებას (რაც, თავის მხრივ, იწვევს სისხლნაკლებობასა და ლეიკემიას), სისხლის ნორმალური შედედების დარღვევასა და სისხლძარღვების სიმკიფის გაზრდას, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მოქმედების დარღვევას, ორგანიზმის გამოფიტვას, ინფექციური დაავადებების მიმართ ორგანიზმის წინააღმდეგობის დაქვეითებას (ორგანიზმის სტერილურობა), კანის დაზიანებას, ავთვისებიან სიმსივნეებს, კატარაქტას, სიცოცხლის შემოკლებას. შეიძლება აღიძრას გენეტიკური ცვლილებებიც.

რადიაქტიურ ნივთიერებებთან მუშაობისას ხელების ინტენსიური დასხივების შედეგად შეიძლება დაზიანდეს კანი. ეს დაზიანება შეიძლება იყოს ქრონიკული ან მწვავე. კანის ქრონიკული დაზიანების ნიშნები – კანის სიმშრალე, დახეთქვა, ფრჩხილების მტვრევადობა, თმების ცვენა – ჩვეულებრივ, შეიმჩნევა მუშაობის დაწყებიდან გარკვეული დროის შემდეგ. ხელის მტევნების მწვავე სხივური დამწვრობისას ჩნდება ბუშტები, ქსოვილი კვდება, შეიძლება გაჩნდეს დიდხანს შეუხორცებელი სხივური წყლულები, რომელთა ადგილზეც შეიძლება განვითარდეს ავთვისებიანი სიმსივნე.

განსაკუთრებით ძლიერ ფიზიოლოგიურ მოქმედებას იწვევს ნეიტრონული,  $\alpha$ - და  $\beta$ -გამოსხივება. ყველაზე ღრმად შეღწევის უნარი  $\gamma$ -ქვანტებს გააჩნიათ.

რადიაქტიური ნატრიუმი, კალიუმი, ცეზიუმი, თანაბრად ნაწილდება ორგანიზმში და ქსოვილებში. სტრონციუმი, რადიუმი, კალციუმი, ფოსფორი გროვდება ძვლებში. რუთენიუმი, პოლონიუმი – ღვიძლში, თირკმელში, ელენთაში. ორგანიზმში მოხვედრისას ყველაზე საშიშია პლუტონიუმის და პოლონიუმის  $\alpha$ - სხივები.

ზოგიერთი რადიაქტიური ნივთიერება რომელიმე ორგანოში გროვდება. მაგალითად რადიუმი ( $Ra^{226}$ ) და სტრონციუმი ( $Sr^{89}, Sr^{90}$ ) – ძვლებში, ნატრიუმი ( $Na^{24}$ ) და ცეზიუმი ( $Cs^{137}$ ) მეტ-ნაკლებად თანაბრად ნაწილდებიან ორგანიზმში. დროთა განმავლობაში შეიძლება მოხდეს მათი გადანაწილება. იოდი ( $I^{131}$ ) ფარისებრ ჯირკვალში გროვდება და შთანთქავს მთელ იოდს სრულ გაჯერებამდე. რადიოაქტიური იოდის დაგროვება იწვევს ფარისებრი ჯირკვლის პორმონალური სტატუსის მოშლას. განსაკუთრებულად საშიშია იოდით გაჯერება ბავშვებში, რადგან ეს ორგანო მათი ზრდისათვის და განვითარებისათვის უფრო მნიშვნელოვანია ვიდრე დიდებისათვის.

ცალკეულ ორგანოში და ქსოვილებში რადიაქტიურ ნივთიერებათა დაგროვება განაპირობებს მათში პათოლოგიურ ცვლილებებს, მაგალითად, ავთვისებიან სიმსივნეებს.

რადიაციის ზემოქმედების ხარისხი დამოკიდებულია იმ ვითარებაზე ადამიანი დასხივდა გარემოდან, თუ რადიოაქტიურმა ნივთიერებამ შეაღწია ორგანიზმში (საკვების, ჩასუნთქული ჰაერის მეშვეობით). ზოგიერთი ნივთიერება გროვდება ადამიანის ორგანიზმში, რაც ზრდის რადიაციის დოზას. რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოყვანა ორგანიზმიდან რთულდება იმის გამო, რომ მათ ორგანიზმი სხვადასხვანაირად ითვისებს.

ადამიანი გამუდმებით განიცდის რადიაქტიური ბუნებრივი ფონის მოქმედებას, რომელიც შედგება კოსმოსური გამოსხივებისა და დედამიწის ქერქში, ატმოსფეროში, კვების პროდუქტებსა და წყალში განაწილებული ბუნებრივი რადიოაქტიური ნივთიერებების გამოსხივებისაგან. გამოსხივების ბუნებრივი ფონი იზრდება ზღვის დონიდან სიმაღლის გაზრდისას, რადიაქტიური მადნებით მდიდარ ადგილებში და სხვ. გარდა ბუნებრივი დასხივებისა, ადამიანი სხვა წყაროებითაც დასხივდება, მაგ. რენტგენის სურათის გადაღებისას.

დასხივების ეფექტი პირდაპირდამოკიდებულია შთანთქმული დოზის სიდიდესთან. დასხივების მცირე დოზამაც კი შეიძლება შეუბრუნებელი ცვლილებები გამოიწვიოს ორგანიზმში. გენებთან დაკავშირებული დასხივების მოქმედება კუმულირდება მთელი იმ პერიოდისათვის, სანამ ორგანიზმს გამრავლების უნარი აქვს. ამიტომ განმეორებადი ძალიან მცირე დოზაც კი საშიშია.

25-50 ბერი დოზით ერთჯერადი დასხივება სისხლში უმნიშვნელო ცვლილებას იწვევს, რომელიც სწრაფად გაივლის. 80-120 ბერი დოზით დასხივებისას სხივური ავადმყოფობის საწყისი ნიშნები მუდამ აღინიშნება. მწვავე სხივური ავადმყოფობა 270-300 ბერი დოზით ერთჯერადი დასხივებისას ვითარდება. ასეთ შემთხვევათა 50% სიკვდილით მთავრდება. 550-700 ბერი დოზით დასხივებისას ყველა შემთხვევა სიკვდილით მთავრდება. ეს მონაცემები სამართლიანია იმ შემთხვევაში, როდესაც ადგილი არა აქვს მკურნალობას. ამჟამად სამკურნალო პრაქტიკაში გამოიყენება ეფექტური პრეპარატები, რომლებიც დასხივების მოქმედების მნიშვნელოვნად შესუსტების საშუალებას იძლევიან.

დასხივების ერთი და იგივე ჯამური დოზის შემთხვევაში დასხივების ეფექტი მით უფრო მსუბუქია, რაც უფრო მცირეა ამ დოზის ცალკეული მდგენელები. ამრიგად, მნიშვნელობა აქვს დოზის “გაჭიმვას დროში”, ვინაიდან დასხივების მიმართ ორგანიზმის წინააღმდეგობა დაკავშირებულია აღდგენის უნართან.

დასხივების მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა კანი, სისხლის წარმომქმნელი ორგანოები, სასქესო ჯირკვლები, თვალები.

ადამიანი განსაკუთრებით მედეგია დასხივების მიმართ 25-50 წლის ასაკში. ახალგაზრდები უფრო მგრძობიარენი არიან დასხივების მიმართ, ვიდრე საშუალო ასაკის ადამიანები. განსაკუთრებით დიდი მგრძობიარობა გააჩნიათ ბავშვებს. ცენტრალური ნერვული სისტემისა და შინაგანი ორგანოების დაავადებები ამცირებენ დასხივების მიმართ ადამიანის წინააღმდეგობას.

ერთჯერადი ხანმოკლე დასხივების შედეგად, მაგ. ავარიის დროს, შეიძლება აღიძრას სხივური ავადმყოფობის მწვავე ფორმა. ზღვრულ დასაშვებზე მაღალი დოზით დასხივებისას, შეიძლება განვითარდეს ქრონიკული სხივური ავადმყოფობა. მწვავე სხივური დაავადებისათვის დამახასიათებელია განვითარების ციკლურობა, რომელშიც სქემატურად შეიძლება გამოვყოთ ოთხი პერიოდი: პირველადი რეაქციის, მოხვენებითი კარგად ყოფნის (ფარული პერიოდი), ავადმყოფობის გაჩაღების და გამოჯანმრთელების (ან სიკვდილის).

დიდი დოზით დასხივებიდან რამდენიმე საათის შემდეგ იწყება პირველადი რეაქცია – გულისრევით, თავბრუსხვევით, მოთენთილობით, პულსის აჩქარებით, ზოგჯერ 0,5-1,5 °C-ით ტემპერატურის აწევით; სისხლის ანალიზი თეთრი სხეულაკების რიცხვის მომატებას უჩვენებს (ლეიკოციტოზი). მოხვენებითი კარგად ყოფნის პერიოდში ავადმყოფობა მიდის ფარულად. რაც უფრო მოკლეა ფარული პერიოდი მით, მით უფრო მძიმეა დაავადების შედეგი. ავადმყოფობის გაჩაღების პერიოდში დაზარალებულს ეწყება გულისრევა, ძლიერი სისუსტე, უვითარდება მაღალი ტემპერატურა (40-41 °C), ეწყება სისხლდენა ღრძილებიდან ცხვირიდან შინაგანი ორგანოებიდან. მკვეთრად ეცემა ლეიკოციტების რაოდენობა. მწვავე სხივური დაავადება ყველაზე ხშირად სიკვდილით მთავრდება მეთორმეტე და მეთვრამეტე დღეთა შორის. გამოჯანმრთელების პერიოდი იწყება დასხივებიდან 25-30 დღის შემდეგ. ორგანიზმის სრულ აღდგენას ყოველთვის როდი აქვს ადგილი.

ხშირად გადატანილი დასხივების შედეგად ადგილი აქვს ნაადრევ დაბერებას, ადრინდელი ავადმყოფობების გამწვავებას.

მაიონებელი გამოსხივებით გამოწვეული ქრონიკული დაზიანება შეიძლება იყოს რაგორც საერთო, ისე ადგილობრივი. ქრონიკული დაზიანება ყოველთვის ვითარდება ფარული ფორმით ზღვრულ დასაშვებზე მეტი დიზით დასხივებისას.

სხივური ავადმყოფობის შედეგია ორგანიზმის მიდრეკილება ავთვისებიანი სიმსივნეებისა და სისხლწარმოქმნელი ორგანოების დაავადების მიმართ.

#### 14.19. მაიონიზირებელი გამოსხივების ნორმირება

სანიტარიული უსაფრთხოების ნორმებით დადგენილია დასხივების ზღვრული დასაშვები დოზები (ზდდ) და წლიური დასხივების დონე, რომელიც 50 წლის განმავლობაში თანაბარი დაგროვების შემთხვევაში არ იწვევს დასხივებული ადამიანის ან მისი შამომავლობის ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე შესამჩნევ არახელსაყრელ ცვლილებებს (“რადიაციული უსაფრთხოების ნორმები და რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან და მაიონებელი გამოსხივების სხვა წყაროებთან მუშაობის ძირითადი წესები”).

დადგენილია დასხივებულ პირთა შემდეგი კატეგორიები:

კატეგორია A : პერსონალი (პროფესიული მუშაკები) -პირები, რომლებიც უშუალოდ მუშაობენ მაიონებელი გამოსხივების წყაროსთან ან რომლებიც თავის სამუშაოსთან დაკავშირებით შეიძლება განიცადონ დასხივება;

კატეგორია B : მოსახლეობის შეზღუდული ნაწილი – პირები, რომლებიც უშუალოდ მუშაობენ იმ სათავსების მომიჯნავე სათავსებში ან ტერიტორიაზე, სადაც მიდის მუშაობა რადიოაქტიურ წყაროებთან ან მოსახლეობა, რომელიც ცხოვრობს აღნიშნული ზონის ტერიტორიაზე;

კატეგორია B: ქვეყნის მოსახლეობა.

ადამიანის კრიტიკული ორგანოები (რომელთა დასხივებამ არათანაბარი დასხივების მოცემულ პირობებში შეიძლება ყველაზე მეტად დააზიანოს ადამიანის ან მისი შამომავლობის ჯანმრთელობა) და ქსოვილები დაყოფილია სამ ჯგუფად:

I ჯგუფი – მთელი სხეული, სხეულის ხრტილოვანი ნაწილი, ძელის წითელი ტვინი;

II ჯგუფი – კუნთები, ჯარისებრი ჯირკვალი, ცხიმოვანი ქსოვილი, ღვიძლი, თირკმელები, ელენთა, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტი, ფილტვები, თვალის ბროლი, კუჭქვეშა ჯირკვალი და სხვა ორგანოები, რომელიც არ ეკუთვნიან I და III ჯგუფებს

III ჯგუფი – ძვლის ქსოვილი, ხელის მტევნების კანის საფარი, კანი.

შინაგანი და გარეგანი დასხივების ზღვრული დასაშვები დოზები ადამიანთა კატეგორიისა და კრიტიკული ორგანოების ჯგუფების მიხედვით მოცემულია ცხრილში №36.

ცხრილი №36

კრიტიკული ორგანოს ან ქსოვილის ჯგუფი	ზ.დ.დ, ბერი		
	კატეგორია A		კატეგორია B
	კვარტალში	წელიწადში	წელიწადში
I	3	5	0,5
II	8	15	1,5
III	15	30	3

ნებისმიერ შემთხვევაში 30 წლის ასაკამდე დაგროვილი დოზა არ უნდა აღემატებოდეს 12 ზ.დ.დ

A კატეგორიის პირთათვის დასხივების ზღვრული დასაშვები დაზა 1 ჯგუფის ორგანოებისათვის არ უნდა აღემატებოდეს შემდეგი ფორმულით გამოთვლილ ზ.დ.დ.

$$D \leq 5 \cdot (N - 18)$$

სადაც D არის დოზა, ბერი;

N ასაკი, წელი

B კატეგორიის პირთათვის (40 წლის ასაკამდე ქალების გარდა) წლის განმავლობაში გარეგანი დასხივების დოზების განაწილება არ რეგლამენტირდება. 40 წლის ასაკამდე ქალებისათვის შემოდებულია დასხივების დამატებითი შეზღუდვა: თეოს არეში დოზამ ნებისმიერ ორ თვეში არ უნდა გადააჭარბოს 1 ბერს.

#### 14.20. მაიონიზირებელი გამოსხივების მოქმედებისაგან დაცვა

მაიონიზირებელი გამოსხივების არახელსაყრელი მოქმედებისაგან მომუშავეთა დასაცავად გამოიყენება როგორც ორგანიზაციული, ისე ტექნიკური ღონისძიებები.

ორგანიზაციულ ღონისძიებებს მიეკუთვნება:

- მაიონიზირებელი გამოსხივების წყაროებთან მომუშავე პირების აუცილებელი სამედცინო შემოწმება როგორც სამუშაოზე მიღების წინ, ისე მუშაობის პროცესში პერიოდულად;

- შემოკლებული სამუშაო დღე, დამატებითი ყოველწლიური შვებულება, შეღავათები პენსიაზე გასვლისას;

- რძის ან სამკურნალო კვების გაცემა (სამუშაო პირობების მიხედვით);

- მაიონიზირებელი გამოსხივების წყაროებთან მუშაობის უსაფრთხო წესებისა და ღონისძიებების სწავლება.

მაიონიზირებელი გამოსხივებისაგან დაცვის ტექნიკური ღონისძიებებია:

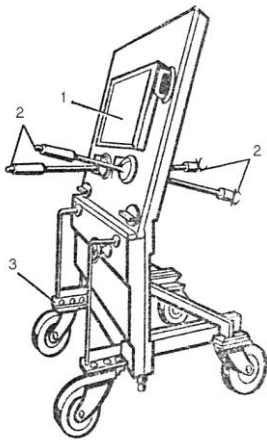
- გამოსხივების მოქმედების ზონაში მომუშავის ყოფნის უსაფრთხო დროის დადგენა ("დაცვა დროით");

- სამუშაო ადგილის მოწყობა გამოსხივების წყაროდან უსაფრთხო მანძილზე ("დაცვა მანძილით");

- გამოსხივების დოზის შემცირება დასაშვებ მნიშვნელობამდე დამცველი ეკრანის გამოყენებით ("დაცვა ეკრანით");

ა-გამოსხივებისაგან დასაცავად გამოიყენება რეზინის ხელთათმანები და სპეცტანსაცმელი. გამოსხივების წყაროსგან 10 სმ-ით და მეტად დაშორებული სხეულის ღია ნაწილები ა-გამოსხივების მავნე მოქმედებას არ განიცდიან.

ბ-ნაწილაკებისაგან დასაცავად გამოიყენება სპეციალური სატაცები, მაშები, დამცველი ეკრანები და დამცველი სათვალეები. ბ-გამოსხივებისაგან დამცველი ეკრანის მასალად ნებისმიერი ლითონი გამოიყენება. მაღალი ენერგიის მქონე ბ-ნაწილაკების მოქმედებისაგან დასაცავად კი გამოიყენება ტყვიის ეკრანი, რომელიც შიგნიდან უნდა მოპირკეთდეს მცირე ატომური მასის მქონე მასალით. შიგა ეკრანის სისქეს იღებენ ბ-ნაწილაკის განარბენის სიგრძის ტოლს (ნახ. № ).



ნახ. 91 . რადიაქტიური გამოსხივებისაგან დამცავი გადასაადგილებელი ეკრანი:

1-საჭკვრეტი სარკმელი;

2-მანიპულატორები;

3-გადაადგილების მექანიზმი

γ-გამოსხივებისაგან უფრო საიმედო დაცვაა საჭირო. γ-გამოსხივებისაგან დაცვის ძირითადი საშუალებაა გამოსხივების წყაროს ეკრანი – დიდი ატომური მასისა და მაღალი სიმკვრივის მასალებით (ტყვია, ვოლფრამი). ხშირად გამოიყენება უფრო მსუბუქი მასალები, რომლებიც შედარებით იაფი და ნაკლებად დეფიციტურია: ფოლადი, თუჯი, სპილენძის შენადნობები. სტაციონარული ეკრანი, რომელიც სამშენებლო კონსტრუქციის ნაწილს შეადგენს, მიზანშეწონილია დამზადდეს ბეტონისა და ბარიტობეტონისაგან.

რენტგენის გამოსხივებისაგან დასაცავად აუცილებელია გაბნეული რენტგენის სხივების შემცირება და ადამიანების დაცვა ეკრანით, (ტყვიის ეკრანი, თვალების დასაცავად – ტყვიის მინა).

სათვალთვალ სისტემები მზადდება გამჭირვალე მასალებისაგან: ტყვიის მინა, თხევადი შემავსებლებიანი – ბრომოვანი და ქლოროვანი თუთია – მინა და სხვ. γ-გამოსხივებისაგან დამცველ მასალად გამოიყენება ტყვიის რეზინა.

ნეიტრონების ღრმად შეღწევის უნარის გათვალისწინებით გამოიყენება ისეთი დაცვა, რომელიც უზრუნველყოფს ნეიტრონების შთანთქმას. სწრაფი ნეიტრონებისაგან დასაცავად გამოიყენება წყალი, პარაფინი, სპეციალური ბეტონი. თბურ ნეიტრონებს კარგად შთანთქავს ბორი და კადმიუმი. ნეიტრონებისაგან დასაცავად მაღალი ეფექტურობით ხასიათდება წყალბადშემცველი მასალები (წყალი, პარაფინი), აგრეთვე ბერილიუმი, გრაფიტი და სხვ.

პერიოდულად აუცილებელია დამცავი მოწყობილობის კონტროლი დოზიმეტრიული ხელსაწყოების საშუალებით, ვინაიდან ეკრანს დროთა განმავლობაში შეიძლება ნაწილობრივ დაეკარგოს დაცვის უნარი. ეს შეიძლება გამოიწვიოს ბეტონისა და ბარიტობეტონის გადაღობვაში ბზარების, ხოლო ტყვიის ფურცლებში შენაჭყლეტებისა და გაგლეჯვის გაჩენამ და ა.შ.

რადიაქტიურ იზოტოპებთან სამუშაოდ განკუთვნილი სათავსი უნდა იყოს სპეციალურად აღჭურვილი და დანარჩენი შენობებისაგან იზოლირებული. თვით სათავსში კედლები, ჭერი და კარი უნდა იყოს გლუვი, ფორებისა და ბზარების გარეშე. რადიაქტიური მტერისაგან სათავსის გაწმენდის გასაადვილებლად სათავსში ყველა კუთხე უნდა იყოს მომრგვალებული, კედლები 2 მეტრის სიმაღლეზე ზეთის საღებავით დაფარული, ხოლო სათავსის ჰაერში რადიაქტიური აეროზოლის ან ორთქლის არსებობის შემთხვევაში კედლებიც და ჭერიც მთლიანად უნდა იყოს დაფარული ზეთის საღებავით. იატაკი მკვრივი მასალისაგან მზადდება (ლინოლიუმი, პოლიქლოროვინილის პლასტიკატი და ა.შ.), რომლის ბოლო აწეული უნდა იყოს კედლის გასწვრივ 20 სმ-ის სიმაღლეზე და გულდასმით ამოქოლილი. სათავსში აუცილებელია საჰაერო გათბობის გათვალისწინება – მომდენ-გამწოვი ვენტილაცია (არანაკლებ ხუთჯერადი ჰაერცვლით). მუშა სათავსში აუცილებელია ყოველდღიური სველი წმენდა, ხოლო თვეში ერთხელ სათავსის გენერალური წმენდა – კედლების, ფანჯრების, კარისა და ავეჯის ჩამორეცხვა ცხელი საპნიანი წყლით.

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

მოწყობილობაზე, კონტეინერზე, სატრანსპორტო საშუალებებზე, ხელსაწყოებზე, აპარატზე, და სათავსის კარზე, რომლებიც განკუთვნილია რადიაქტიურ ნივთიერებებთან და მაიონიზირებელი გამოსხივების წყაროებთან სამუშაოდ, უნდა გაუკეთდეს რადიაციული საშიშროების ნიშანი.

#### **14.21. რადიაქტიურ ნივთიერებათა შენახვა, აღრიცხვა და გადაზიდვა.**

##### **ნარჩენების ლიკვიდაცია**

ლაბორატორიაში რადიაქტიური ნივთიერება უნდა ინახებოდეს ისეთი ოდენობით, რომელიც არ აჭარბებს დღე-ღამური მოხმარების აუცილებელ ნორმას.  $\gamma$ -გამომსხივებელი და  $\gamma$ -აქტიურობის მქონე ნივთიერება, თუ იგი Ra-ის 1 მგ-ეკვ-ს აღემატება, აგრეთვე ნივთიერება, რომელიც ასხივებს მხოლოდ  $\alpha$ - და  $\beta$ -სხივებს, შეიძლება შენახულ იქნეს ლაბორატორიაში სპეციალურ რკინის სეიფში. რადიაქტიური ნივთიერების აღიცხვა უნდა უზრუნველდეს ნებისმიერი თარიღისათვის



ნივთიერების ფაქტიურ რაოდენობას. მათ გამოყენებაზე უნდა ხორციელდებოდეს ყოველდღიური კონტროლი.

რადიაქტიურ ნივთიერებათა ტრანსპორტირებისას უნდა გამოირიცხოს მათი დაქცევის ან დაზიანების ყოველგვარი შესაძლებლობა. ქალაქის ფარგლებში რადიაქტიური ნივთიერების ტრანსპორტირება შეიძლება მხოლოდ სპეციალურად აღჭურვილი მანქანით. უზრუნველყოფილი უნდა იყოს როგორც გამყოლის, ისე გარემომცველი ხალხის უსაფრთხოება.

რადიაქტიური ნარჩენების ლიკვიდაცია იმ სირთულესთანაა დაკავშირებული, რომ რადიაქტიურობის განეიტრალება ფიზიკური და ქიმიური მეთოდებით შეუძლებელია. აკრძალულია რადიაქტიური ჩამდინარე წყლების ჩაშვება კანალიზაციის ორმოებში, ჭაბურღილებსა და სარწყავ მინდვრებში. დაუშვებელია რადიაქტიური ნივთიერების შემცველი წყლის ჩაშვება გუბურებში, რომელიც განკუთვნილია თევზისა და წყალში მცურავ ფრინველთა მოსაშენებლად, აგრეთვე იმ ნაკადულებსა და წყალსაცავებში, საიდანაც წყალი აღნიშნულ გუბურებში ჩაედინება.

ნარჩენებით დაზიანებისას ტექნოსფეროს უსაფრთხოების კრიტერიუმებია მის სასიცოცხლო სივრცეში ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციები და ენერჯიათა ნაკადების ზღვრული დასაშვები ინტენსივობები.

ნივთიერებათა მიმდინარე კონცენტრაციების რეგლამენტირება ხდება სასიცოცხლო სივრცეში ამ ნივთიერებათა ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციების მიხედვით, ანუ სასიცოცხლო სივრცეში i-ური ნივთიერების კონცენტრაცია უნდა იყოს ნაკლები ან ტოლი სასიცოცხლო სივრცეში i-ური ნივთიერების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციისა, ენერჯიათა ნაკადების მიმდინარე მნიშვნელობა უნდა იყოს ნაკლები ან ტოლი ენერჯიის ნაკადის ზღვრული დასაშვები ინტენსივობისა (ენერჯიის გამოსხივების წყაროთა რაოდენობის გათვალისწინებით). ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია/ინტენსივობა დადგენილია სანიტარიულ-ეპიდემიოლოგიური ნორმირების სახელმწიფო სისტემის ნორმატიული აქტებით

რადიაქტიური ნივთიერების დასამარხად გამოყოფილია სპეციალური პუნქტები, რომლებიც აღჭურვილია მყარი და თხევადი ნარჩენებისათვის ბეტონის სამარხებით, მანქანებისა და კონტეინერების გასაწმენდი ადგილით, საქვებით, მორიგე პერსონალის შენობით, დოზიმეტრიული პუნქტით და გასასვლელით. ზოგჯერ ასეთ

პუნქტში ეწეობა საწვავი ნარჩენების დასაწვავი ღუმელი. რადიაქტიური ნარჩენების დასამარხი პუნქტი უნდა განლაგდეს ქალაქიდან არა უმცირეს 20 კმ დაშორებით – ისეთ რაიონში, სადაც არ არის გათვალისწინებული მშენებლობა, სასურველია ტყეში, 1000 მეტრიანი სანიტარიულ-დამცველი ზონით. ადგილის შერჩევას უპირატესობა უნდა მიენიჭოს იმ მონაკვეთს, სადაც წყალგაუმტარი თიხოვანი ნიადაგია. სამარხი პუნქტის ტერიტორია უნდა შემოიღობოს სათანადო აღნიშვნებით და უზრუნველყოფილი უნდა იყოს მუდმივი დაცვით. თვით სამარხი უნდა იყოს მიწისქვეშა და დახურული, რომელშიც გამორისხული უნდა იყოს წყლის შეღწევა.

#### 14.22. დოზიმეტრიული კონტროლი

მაიონებელი გამოსხივების წყაროებთან უსაფრთხო მუშაობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია მომსახურე პერსონალის შინაგანი და გარეგანი დასხივების დონეზე, აგრეთვე გარემოში რადიაციის დონეზე სისტემატური დოზიმეტრიული კონტროლი. პერიოდულად უნდა შემოწმდეს დაცვის დონისძიებათა ეფექტურობა. უნდა ხდებოდეს ყოველკვირეული (საჭიროების შემთხვევაში უფრო ხშირი) კონტროლი გარეგანი დასხივების დონეზე, თხევადი ნარჩენების რადიაქტიურობის სისტემატური კონტროლი. დოზიმეტრიული კონტროლის მონაცემები რეგისტრირდება სპეციალურ ჟურნალში.



ნახ. 92. რადიაციის დონის გაზომვა რადიაციული ავარიის შემდგომ დღეებში

დოზიმეტრების მოქმედების პრინციპი ეფუძნება იმ ცვლილებათა ეფექტების რეგისტრაციას, რომლებიც დასხივების შედეგად აღიძვრება ნივთიერებაში. არსებობს რადიაქტიური გამოსხივების გაზომვის იონიზაციური, სცინტილაციური, ფოტოგრაფიული, ქიმიური და კალორიმეტრიული მეთოდები. ფართოდ გამოიყენება ინდივიდუალური დოზიმეტრები, გადასატანი და სტაციონალური სასიგნალო-გამზომი მოწყობილობები.



ნახ. 93. დოზიმეტრი

რადიაქტიური დასხივების საშიშროების დროს გამოიყენება აგრეთვე გამაფრთხილებელი დოზიმეტრიც, რომელშიც გამოსხივების რეგისტრაცია ხდება ბგერითი ან შუქის მეთოდით.

სათავსში ზედაპირების, აღჭურვილობის, სხეულისა და ტანსაცმლის რადიაქტიური გაჭუჭყიანების გასაზომად გამოიყენება ნაცხის მეთოდი. ამოსხივების დოზის კონტროლისათვის პერსონალი აღჭურვილი უნდა იყოს ინდივიდუალური დოზიმეტრიული ხელსაწყოებით.

#### 14.23. ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები. პირადი ჰიგიენა

რადიაქტიურ ნივთიერებებთან და გამოსხივების წყაროებთან მომუშავე ყველა პირი სამუშაოთა შესრულებისას აღჭურვილი უნდა იყოს ინდივიდუალური დაცვის საშუალებებით. მათი დანიშნულებაა ადამიანის დაცვა კანზე და ორგანიზმში რადიაქტიური ჭუჭყის მოხვედრისაგან, აგრეთვე  $\alpha$ - და, შეძლებისდაგვარად,  $\beta$ -

გამოსხივებისაგან. ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები, როგორც წესი, ვერ იცავს ადამიანს ნეიტრონული და  $\gamma$ -გამოსხივებისაგან.

უმნიშვნელო რადიაქტიური გამოსხივების (გაჭუჭყიანების) შემთხვევაში გამოიყენება შეუღებავი ბამბის ქსოვილის ხალათები, ქუდები, კომბინეზონები, ნახევარკომბინეზონები, და სპეცთეთრეული. მიზანშეწონილია აგრეთვე ლავსანის ქსოვილის ტანსაცმელი. ასეთი ტანსაცმელი კარგად ირეცხება, თუმცა ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს რადიაქტიური ნივთიერებისაგან სხეულის საიმედო დაცვას. ამ მხრივ საიმედოა ქლორენილისაგან, პოლიეთილენის ან ზოგიერთი ხარისხის რეზინისაგან დამზადებული აფსკოვანი ტანსაცმელი (სამკლაურები, ხალათი, კოსტიუმი, წინსაფარი).

ხელების დასაცავად გამოიყენება რეზინის სამედიცინო ხელთათმანი, ხოლო დიდი აქტიურობის მქონე რადიოაქტიურ ნივთიერებებთან მუშაობისას – დრეკადსამკლავიანი ტყვიაშემცველი რეზინის ხელთათმანი.

სარემონტო სამუშაოების შესრულებისას, როდესაც მაღალია რადიაქტიური ნივთიერებებით გაჭუჭყიანების ხარისხი, გამოიყენება პლასტიური მასალისაგან დამზადებული პნევმატიკური კოსტიუმი ЛГ-2, ЛГ-4, ЛГ-5, რომელშიც მიეწოდება ჰაერი. ეფექტურად გამოიყენება აგრეთვე პნევმოშუზარადები (ЛИЗ-4, ЛИЗ-5). პნევმოკოსტიუმი საიმედოდ იცავს მომუშავის ძირითად სპეცტანსაცმელსა და კანს რადიოაქტიური მტვრისა და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებების მოხვედრისაგან. სრული ჰერმეტიკულობისა და სპეციალური კონსტრუქციის წყალობით შესაძლებელია გაჭუჭყიანების ზონიდან გამოსვლის შემდეგ უშუალოდ მომუშავის ტანზე



კოსტიუმის დეზაქტივაცია. ეს კი კოსტიუმის გახდის მომენტში იცავს მომუშავის ტანსაცმელს გაჭუჭყიანებისაგან. (ნახ.).

ზოგ შემთხვევაში მხოლოდ სუნთქვის ორგანოების დაცვაც საკმარისია. ამ მიზნით სარგებლობენ რესპირატორებითა და აირწინაღებით. განსაკუთრებით საიმედოა მილოვანი აირწინაღი.

ნახ.94 . პნევმოკოსტიუმი ЛГ-2.

ა- და ბ-გამოსხივებისაგან თვალის დასაცავად ხმარობენ ჩვეულებრივმინიან სათვალეს, ხისტი γ-გამოსხივებისაგან დასაცავად კი 2-2,5მმ სისქის სპეციალურმინიან (სილიკატურ- ან ორგანულმინიან) სათვალეს. ეფექტურია აგრეთვე ტყვიის შემცველი და ვოლფრამის ფოსფატის მინები. ნეიტრონების მოქმედებისაგან თვალის დასაცავად გამოიყენება კადმიუმის ბოროსილიკატური ან ფტოროვანი ნაერთების შემცველი მინა. სათვალის ჩარჩომ უნდა დაიცვას თვალი რადიაქტიური მტერის ან ორთქლის მოხვედრისაგან. ამიტომ ჰაერში მათი არსებობის შესაძლებლობის შემთხვევაში უნდა ისარგებლონ დახურული ტიპის სათვალით (რეზინის ან ტყავის ნახევარნიღით და სხვ.).



ნახ. 95. რადიაციული გამოსხივებისაგან დამცავი საშუალებები.



ა- და ბ-პრეპარატებთან მუშაობისას სახისა და თვალების დასაცავად იყენებენ ორგანული მინისაგან დამზადებულ ფარებს (ტიპი III).



ჩვეულებრივი ფეხსაცმელი ადვილად შეიწოვს რადიაქტიურ ჭუჭყს და მისგან გაწმენდა ძალიან ძნელია. ამიტომ რადიაქტიურ ნივთიერებებთან მუშაობისას გამოიყენება სპეცფეხსაცმელი – აფსკოვანი ფეხსაცმელი, სპეციალური ჩექმა, აფრისის ჩალითა, რომელსაც იცვამენ ფეხსაცმლის ზევიდან და იხდიან გაჭუჭყიანებული ზონიდან გამოსვლისას.

ინდივიდუალური დაცვის საშუალებების გამოყენებისას ყურადღება უნდა მიექცეს ჩაცმა-გახდის თანმიმდევრობას, რომლის დარღვევასაც შეიძლება მოჰყვეს ხელების, ტანსაცმლის, მოწყობილობის გაჭუჭყიანება.

უსაფრთხოების თვალსაზრისით ასევე აუცილებელია პირადი ჰიგიენის დაცვა. დაუშვებელია სამუშაო სათავსში სიგარეტის მოწევა, საკვების შენახვა. საკვების შესანახი ადგილი უნდა გამოიყოს სასადილოში. ჭამის წინ აუცილებელია ხელებისა და პირის გულდასმით დაბანა. სასადილოში უნდა იყოს ხელსაბანი ცივი და ცხელი წყლით. დაუშვებელია სასადილოში სპეცტანსაცმლით შესვლა.

შესვენების დროს მიზანშეწონილია სუფთა ჰაერზე ყოფნა, ფიზკულტურა. პერსონალს შესწავლილი უნდა ჰქონდეს პირველი დახმარების ღონისძიებანი. აუცილებელია ცხელი შხაპის ქვეშ სხეულის გულდასმით დაბანა სამუშაოს

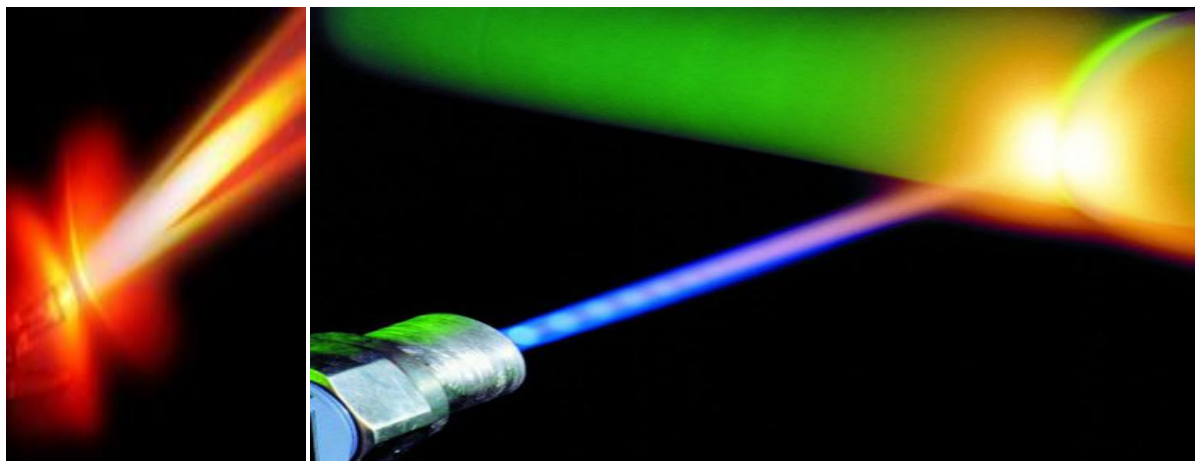
დამთავრების შემდეგ, ხოლო რადიო აქტიური ნივთიერებით სხეულის გაჭუჭყიანებისას – დაუყოვნებლივ.

ხელების დეზაქტივაციის გაადვილების მიზნით სამუშაოს დაწყების წინ მიზანსეწონილია ხელების შეზღვევა კრემით, რომელიც მდგრადია წყლის, ზეთებისა და გამსხნელების მიმართ. ეს კრემი სამუშაოს შემდეგ ჭუჭყთან ერთად ჩამოირეცხება. მიზანსეწონილია ასევე პირის, ცხვირის და ყურის ნიჟარების დაბანა კალიუმის პერმანგანატის ხსნარით და ფრჩხილების მოჭრა ძირში.

ზემოთ ჩამოთვლილი თავდაცვის ყველა ღონისძიების ჩატარების შემთხვევაში მაიონიზირებელ გამოსხივებასთან მუშაობა უსაფრთხო იქნება ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისათვის.

## 15. თავი

### 15.1. ლაზერული გამოსხივება



მეცნიერებაში, სახალხო მეურნეობაში და მედიცინაში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ქვანტური გენერატორი ან, როგორც მას უწოდებენ, ლაზერი. 1952 წელს ერთდროულად და ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად რუსი, ამერიკელი და კანადელი ფიზიკოსების მიერ. აღმოჩენილი იქნა ელექტრომაგნიტური რხევების გენერაციის და გაძლიერების ახალი მეთოდი. ქვანტურ გენერატორში აქტიურ ნივთიერებად გამოყენებულ იქნა სინთეზირებული ლალის კრისტალი. ასეთ ქვანტურ გენერატორს უწოდეს ლაზერი, რაც შედგება ინგლისური სიტყვების პირველი ასოებისაგან: Light amplification by stimulated emission of radiation – „სინათლის გაძლიერება სტიმულირებული გამოსხივების გზით“.



თანამედროვე ლაზერი წარმოადგენს ოპტიკურ-მექანიკურ და ელექტრულ მოწყობილობათა კომპლექსს, რომელშიც წარმოიქმნება სხივური ენერგია.

ლაზერის გამოსხივება წარმოადგენს ემგ-ის განსაკუთრებულ სახეს, რომლის გენერირება წარმოებს 0,1-1000 მკმ სიგრძის ტალღების დიაპაზონში. სხვა სხივებისაგან ლაზერის სხივები განსხვავდება მონოქრომატულობით (მკაცრად ერთი სიგრძის ტალღები). კოჰერენტულობით (როცა ტალღის სიგრძე, გავრცელების მიმართულება და ფაზა თანხვედრილია) და სხივის კონის მკვეთრი მიმართულებით. ორგანიზმზე ლაზერული გამოსხივების ზემოქმედების ხარისხი დამოკიდებულია: გამოსხივების ინტენსივობაზე, ტალღის სიგრძეზე, მოქმედების ხანგრძლივობაზე, იმპულსის სიხშირეზე და მის განმეორებადობაზე, იმპულსის ხანგრძლივობაზე; დასასხივებელი ქსოვილების და ორგანოების ბიოლოგიურ და ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. თვალის დასხივების შემთხვევაში ბროლი და რქოვანა კარგავს გამჭვირვალობას. ბადურის დაზიანება – შეუქცევადი პროცესია, და დამოკიდებულია მის შეფერილობაზე. აღმოჩნდა, რომ მწვანე და ცისფერი თვალები უფრო ზიანდება ლაზერის სხივებისაგან, ვიდრე მუქი ფერის თვალები. ლაზერის სხივებისაგან კანზე და ორგანოებში წარმოიქმნება თბური ეფექტი, რის შედეგადაც ადგილი აქვს ცილის შედედებას. მაღალი სიმძლავრის სხივებისაგან უეცრად ჩნდება დანეკროზებული კრატერის მაგვარი უბნები, რომელიც გამოწვეულია ბიოლოგიური ქსოვილის დაშლით და აორთქლებით.

ლაზერული გამოსხივება არის იძულებითი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, რომელიც აღიძვრება ქვანტური სისტემის აღვზნების შედეგად. ლაზერი ეწოდება ოპტიკური დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების გენერატორს, რომელიც დაფუძნებულია იძულებითი გამოსხივების გამოყენებაზე. ლაზერული გამოსხივების ძირითადი თვისებებია: გამოსხივების მონოქრომატულობა, რომელიც განპირობებულია კოჰერენტულობით (ტალღის ერთნაირი სიხშირით); გამოსხივების სიმძლავრის მაღალი სიმკვრივით (რომელიც  $10^{11}$ - $10^{14}$  ვტ/სმ<sup>2</sup> აღწევს); გამოსხივების ვიწრო მიმართულებით. ლაზერული გამოსხივების ძირითადი პარამეტრებია: გამოსხივების ენერგია  $E$ , იმპულსის ენერგია  $E_n$ , გამოსხივების სიმძლავრე  $P$ , გამოსხივების ენერგიის (სიმძლავრის) სიმკვრივე  $ae$ .

ლაზერული გამოსხივება ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში ისეთი ოპერაციებისათვის, როგორიცაა: მაღალი სიმტკიცის მხურვალმედები მასალების,

შენადნობების ჭრა და შედუღება და დამუშავება; ზემადალი წნევის პირობებში ბურღვა, ჭრა და შედუღება; პრეცეზიული (ზუსტი) ჭრა და შედუღება; ზედაპირების თერმული დამუშავება; ხვრელების გაკეთება; რადიოტექნიკურ წარმოებაში – დაკალიბრებისათვის, ხელსაწყოწარმოებაში – ზუსტი გამზომი ხელსაწყოებისა და ინსტრუმენტების შესაქმნელად; კავშირგაბმულობაში – ინფორმაციის გადასაცემად; თანამგზავრებისა და ციური სხეულების ლოკალიზაციისათვის; ტელევიზიისათვის; დიდი ფართობის გასანათებლად და ა.შ.

ლაზერის ექსპლუატაციისას აღიძვრება მავნე და საშიში ფაქტორები, რომელთაგან ძირითადია: პირდაპირი, გაბნეული და არეკვლილი ლაზერული გამოსხივება (გამოსხივების ენერჯის მაღალი სიმკვრივის გამო). გარდა ამისა, მნიშვნელოვანია: მაიონებელი, კერძოდ რენტგენის გამოსხივება, რომელიც აღიძვრება სამიზნის მასალაზე ლაზერის გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად: აეროზოლები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ლაზერის სხივებით მასალის დამუშავებისას; ჰაერის იონიზაცია და ოზონის წარმოქმნა, რომელიც ახლავს დატუმბვის ელექტრონმილაკის განმუხტვას; მავნე ქიმიური ნივთიერებები რომლებიც შეიძლება წარმოიქმნან სხვადასხვა გარემოზე გამოსხივების, მოქმედების შედეგად; ლაზერის კვების წყაროს ამადლებული ძაბვა; ხმაური და ვიბრაცია, რომელიც ახლავს ლაზერის მუშაობას; მაღალძაბური დენის მოქმედების საშიშროება, რომელსაც ქმნის კონდენსატორების ბატარეა და მაღალვოლტური გამმართველი; ელექტრული დენის გამოყენებისას შეიძლება აღიძვრას ელექტრომაგნიტური ველი. ყველაზე საშიშია ელექტრონმილაკის თვითნებური განმუხტვა, რამდენადაც ამ დროს პერსონალი ვერ ასწრებს დაცვას. იმპულსური ელექტრონმილაკის გამოსხივების სპექტრი გრძელტალღურ ულტრაიისფერ სხივებსაც შეიცავს, რომელიც თვალის დამატებით სპეციფიურ დაზიანებას იწვევს. უნდა აღინიშნოს, რომ ულტრაიისფერი გამოსხივება ადამიანზე მხოლოდ ღია ან არასაკმარისად ეკრანირებულ იმპულსურ ელექტრონმილაკთან მუშაობისას მოქმედებს.

საშიშროების ხარისხის მიხედვით ლაზერის სხივები 4 კლასად იყოფა.

**I კლასს** მიაკუთვნებენ სრულიად უვნებელ სხივებს, რომელიც თვალისა და კანისათვის არ წარმოადგენს საშიშროებას; I კლასს მიეკუთვნება ლაზერების უმეტესობა, სრულად იზოლირებული ადამიანებისაგან. I კლასის ლაზერებისათვის

უსაფრთხოების ღონისძიებები საჭირო არაა. ასეთი ლაზერების მაგალითად გამოდგება კომპაქტ-დისკისთვის ლაზერული ჩამწერი მოწყობილობა.

**II კლასს** მიეკუთვნებიან ლაზერები, რომელიც საშიშროებას წარმოადგენს თვალების პირდაპირი და არეკლილი სხივით დასხივებისას; II კლასს მიეკუთვნება ხილული ლაზერები, რომლის გამოსხივების სიმძლავრე იმდენად დაბალია, რომ საშიშროებას არ წარმოადგენს თვალში მოხვედრისას და ბადურაზე ფოკუსირების შემთხვევაშიც კი. II კლასის ლაზერების სხივის გამოსასვლელი სიმძლავრეა 1 მილივატი (მვ) ან ნაკლები, რაც ნორმის ფარგლებშია. ამ კლასს მიეკუთვნება მარეგულირებელი ლაზერები და ლაზერული სკანერები.

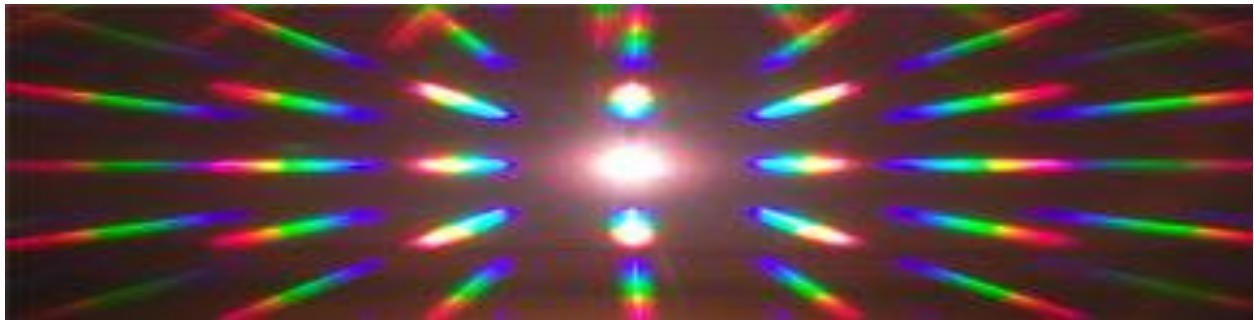
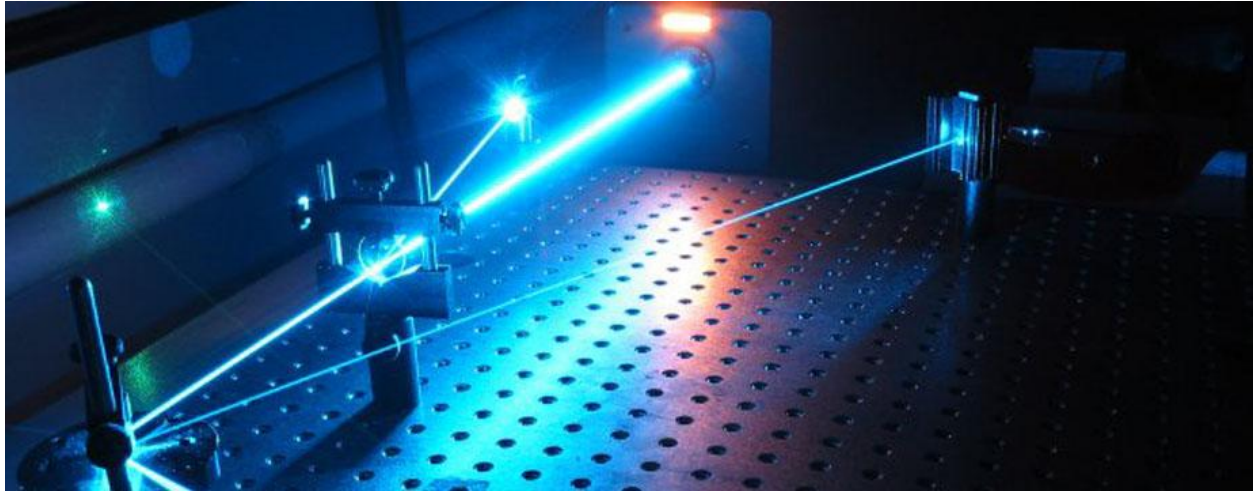
**III კლასს** მიეკუთვნება ლაზერები, რომელთა გამოსხივება წარმოადგენს საშიშროებას თვალების პირდაპირი, არეკლილი და გაბნეული სხივით დასხივებისას და (ან) კანის დასხივებისას პირდაპირი და სარკისებურად არეკლილი სხივით. III კლასის ლაზერები აზიანებს ბადურას, რქოვანას და თვალის ბროლს. შემთხვევითი ექსპოზიციის პირობებში კანისათვის საშიშროებას არ წარმოადგენს. ამ კლასის ლაზერები, ჩვეულებრივ საშიში არაა, თუ მას მოკლე დროის განმავლობაში უყურებს ადამიანი შეუიარაღებელი თვალით, ხოლო ოპტიკური ინსტრუმენტებით (ბინოკლი, ტელესკოპი) ყურებისას საშიშროებას წარმოადგენს თვალისათვის. III კლასის ლაზერებს მიეკუთვნება საკვლევი ლაზერები და სამხედრო ლაზერული მანძილსაზომი, ლაზერული მარეგულირებელი და გეოდეზიური ინსტრუმენტები.

**IV კლასი** მოიცავს ისეთ ლაზერებს, რომელთა გაბნეულ-არეკლილი გამოსხივება 10 სმ-ის დაშორებით საშიშროებას უქმნის თვალებსა და კანს.

IV კლასის ლაზერებმა შეიძლება შექმნას ხანძრის პოტენციური საფრთხე. ფაქტიურად ყველა ქირურგიული ლაზერი და მასალების დასამუშავებელი ლაზერი, რომელიც გამოიყენება ჭრისა და შედუღებისათვის, თუ დაფარული არაა დამცველი გარსით, IV კლასს მიეკუთვნება.

მიუხედავად იმისა, რომ ლაზერი არაა უსაფრთხო, ლაზერის გამოსხივება ფართოდ გამოიყენება საინჟინრო გეოდეზიაში, ტოპოგრაფიული გადაღებისას, სამხედრო საქმეში, ნავიგაციაში, ასრონომიულ გამოკვლევებში, ფოტოგრაფიაში. რამდენადაც ლაზერულმა პროცესმა შეიძლება წარმოქმნას ოპტიკური გამოსხივების მძლავრი

კოლიმაციური სხივი (ე.ი.ულტრაიისფერი, ხილული ან ინფრაწითელი სხივური ენერგია), ლაზერი შეიძლება საშიში იყოს დიდ მანძილზეც.



ნახ. 96. ლაზერის დიფუზიურად გაბნეული სხივი

ქსოვილებზე ზემოქმედებისას ლაზერულმა დასხივებამ შეიძლება მოახდინოს თბური ეფექტი, ფოტოქიმიური ზემოქმედება და აკუსტიკური გარდამავალი ეფექტები (მხოლოდ თვალზე).

თბური ეფექტი შეიძლება აღიძრას ნებისმიერი სიგრძის ტალღის შემთხვევაში და წარმოადგენს გამოსხივების შედეგს ან ქსოვილში სისხლის ნაკადის გამაცივებელ პოტენციალზე ლაზერის ზემოქმედების შედეგს. ჰაერში ფოტოქიმიურ ეფექტს ადგილი აქვს 200 და 400 ნმ და ულტრაიისფერს შორის, ხოლო იისფერი ტალღის 400 და 470 ნმ შორის. ფოტოქიმიური ეფექტები დაკავშირებულია გამოსხივების ხანგრძლივობასთან და განმეორებადობის სიხშირესთან.

აკუსტიკურ გარდამავალ ეფექტებს, რომლებიც დაკავშირებულია იმპულსის ხანგრძლივობასთან, ადგილი აქვს იმპულსების მოკლე პერიოდში (1 მწმ-მდე)

ლაზერის ტალღის კონკრეტული სიგრძეზე დამოკიდებულებით. გარდამავალი ეფექტების აკუსტიკური ზემოქმედება ბოლომდე შესწავლილი არაა, მაგრამ მას შეუძლია გამოიწვიოს ბადურას დაზიანება, რომელიც განსხვავდება ბადურას თერმული ტრავმისაგან.

## 15.2. ლაზერული გამოსხივების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე

გენერატორიდან გამოსვლისას ლაზერის სხივები ეჯახება ჰაერის მოლეკულებს, ნახშირმჟავა აირს, მტვრის უწყვილეს ნაწილაკებს, აეროზოლებსა და ჰაერში შეტივტივებულ სხვა ნაწილაკებს. ამასთან, ლაზერის გამოსხივება ან დიფრაგირებს (თუ ტალღის სიგრძე ნაწილაკების დიამეტრს აღემატება), ან განიბნევა ან შთაინთქმება (თუ ნაწილაკების ზომა აღემატება ტალღის სიგრძეს).

ჰაერში ლაზერის გამოსხივების შედეგად ლაზერის სხივის გზაზე წარმოიქმნება გაბნეული გამოსხივება, რომელმაც შეიძლება შექმნას მომუშავე ლაზერის ზონაში მყოფი ადამიანის მხედველობისათვის საშიში ენერგიის დონე. გარდა ამისა, ჰაერში ლაზერის გამოსხივების შედეგად ლაზერის სხივის გზაზე წარმოიქმნება ადამიანისათვის საშიში არეკვლილი ლაზერის გამოსხივება.

ლაზერის გამოსხივების არეკვლილი სხივური ენერგიის სიდიდე ძირითადად დამოკიდებულია ლაზერის გამოსხივების ზონაში არსებული ობიექტის ზედაპირის არეკვლით თვისებებზე.

ლაზერებთან მუშაობისას შეიძლება წარმოიქმნას ლაზერის გამოსხივებით დაზიანების სამი შემთხვევა, რომლებიც მხედველობასი უნდა მიიღონ უსაფრთხოების ღონისძიებების შემუშავებისას.

I შემთხვევა – ადამიანი იმყოფება ლაზერის გამოსხივების უშუალო ზემოქმედების ქვეშ;

II შემთხვევა – ადამიანი ხვდებასარკისებურად არეკვლილი სხივის ზონაში;

III შემთხვევა – ადამიანი იმყოფება ლაზერის გამოსხივების დიფუზიურად გაბნეული სხივის ზემოქმედების ქვეშ.

ადამიანის ორგანიზმზე ლაზერული გამოსხივების მოქმედება რთულ ხასიათს ატარებს და დამოკიდებულია ლაზერული გამოსხივების პარამეტრებზე, დასამუშავებელი მასალის თვისებებზე, იმპულსის ხანგრძლივობაზე, გარემო პირობებზე, სხივების არეკვლაზე და განიბნევაზე. ლაზერული გამოსხივება

ადამიანის ორგანიზმზე ახდენს ფიზიკურ, ფიზიკურ-ქიმიურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ ზემოქმედებას (ქსოვილების გახურება, ქსოვილების მასალაში ფიზიკური გარდაქმნები, ატომებისა და მოლეკულების იონიზაცია და სხვ.).

გრძელტალღიან ლაზერის სხივებს გააჩნია ორგანიზმში ღრმად შეღწევის უნარი, მაგალითად, მუცლის ზედაპირის პირდაპირი დასხივება აზიანებს ღვიძლს, კუჭნაწლავს და სხვა ორგანოებს, რის შედეგადაც მოსალოდნელია ფარული სისხლდენები.

ლაზერულმა დასხივებამ შეიძლება გამოიწვიოს ცენტრალური ნერვული სისტემის, გულ-სისხლ-ძარღვთა სისტემის, ენდოკრინული ჯირკვლების მოქმედების დარღვევა, სისხლის შედედება და დაშლა, თვალის დაზიანება, კანის დაზიანება, დაღლილობა, თავის ტკივილი, უძილობა და სხვ. ასევე შესაძლებელია ქსოვილების გენეტიკური, ფერმენტატიული და სხვა თვისებათა ცვლილება, მოლეკულების იონიზაცია. ლაზერული გამოსხივების ბიოლოგიურ მოქმედებას იწვევს მისი ენერჯის შთანთქმა, რის გამოც ქსოვილებში აღიძვრება სითბო. სხვადასხვა ქსოვილს ენერჯის შთანთქმის სხვადასხვა უნარი გააჩნია. მაგალითად, ცხიმოვანი ქსოვილები საერთოდ არ შთანთქავენ ენერჯიას. სხეულის შიგნით თბოგადაცემა ძალიან მცირეა, ამიტომ შთანთქმული ენერჯია იწვევს ლოკალურ გახურებას, რომელიც კონცენტრირებულია მცირე მოცულობაში. ამით აიხსნება შინაგანი ორგანოების, თავის ტვინის და სხვ. დაზიანება.

ლაზერის სხივების ზემოქმედებით ბიოლოგიური სტრუქტურის გარემომცველი სითხე წამიერად დუღდება, მკვეთრად იზრდება წნევა და ვითარდება დარტყმითი ტალღა, რომელიც მექანიკურ ტრავმას იწვევს. შედეგად ადგილი აქვს არა მარტო დამწვრობას, არამედ ქსოვილების გაგლეჯვას (რაც განსაკუთრებით საშიშია თვალისათვის). მყისიერმა გახურებამ შეიძლება, მაგალითად, მელანინის (მელანინები – დაუდგენელი აგებულების მუქ-ყავისფერი ნაერთების ნარევი, რომლებიც გვხვდება თმებში, კანში, ბუმბულში, თვალის ბადურაში და სხვა ცხოველურ და მცენარეულ ქსოვილებში. მელანინები გაძლიერებულად წარმოიქმნებან მზის სხივების ზემოქმედებით, ფეხმძიმობისა და კანის ავთვისებიანი დაავადებების დროს.) გრანულების აფეთქებაც კი გამოიწვიოს. დარტყმითი ტალღა თვით იმპულსის „დარტყმის“ შედეგადაც აღიძვრება.

ლაზერის სხივი კანზე ახდენს დაწნევას, რომელმაც შეიძლება ასეულ ათასობით პასკალს მიაღწიოს.

ლაზერის სხივების ენერგიის ყველაზე დიდ ნაწილს შთანთქავს კანის საფარი, რომელიც ბუნებრივ ეკრანს წარმოადგენს და იცავს შინაგან ორგანოებს დაზიანებისაგან. დასხივების შედეგად აღიძვრება კანის სხვადასხვა ხარისხის დამწვრობა-გაწითლებიდან ნეკროზამდე (კანის კვდომა). სხივების შეღწევის სიღრმე დამოკიდებულია კანის პიგმენტაციაზე: რაც უფრო მუქია კანი, მით უფრო ნაკლებია შეღწევის სიღრმე. ამრიგად, პიგმენტი ლაზერის სხივების ღრმად შეღწევისაგან ერთგვარ დამცავ ეკრანს წარმოადგენს, მაგრამ დაზიანების ზღურბლი მუქპიგმენტური კანისათვის დაბალია, ვიდრე ნათელი კანისათვის. გარდა ამისა, დაზიანებული კანის მეზობელ უბნებში მიდის ქსოვილის იონიზაცია.



განსაკუთრებით მგრძობიარეა ლაზერის გამოსხივების მიმართ თვალი. მხედველობით შეგრძნებას იწვევს 400-750 მკმ ტალღის სიგრძის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება. ის თითქმის სრულად აღწევს ბადისებრ გარსამდე – თვალის ოპტიკური სისტემის წყალობით სხივები ფოკუსირდება ბადურაზე და ლაზერის გამოსხივების ენერგიის სიმკვრივე იზრდება. თერმული ზემოქმედების შედეგად ხდება მიმდინარე ქსოვილების თერმორეგულაცია. დიდი ტალღის სიგრძის მქონე გამოსხივების შემთხვევაში კი ენერგია შთანთქმდება თვალის რქოვანა გარსით და თვალის ფსკერამდე ვერ აღწევს.

თვალის ბადურაზე ენერგიის სიმკვრივე იზრდება თვალის გუგის დიამეტრის გაზრდისას, ამიტომ სიბნელეზე ადაპტირებული თვალის დაზიანების ალბათობა უფრო მაღალია, ვიდრე კარგი განათების დროს.

დიდი მნიშვნელობა აქვს თვალის პიგმენტაციასაც: რაც უფრო მუქია თვალის ბადურა, მით უფრო დაბალია დამზიანებელი ენერგიის სიმკვრივის ზღურბლი. თვალის ბადურაზე შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს კუმულაციურ ეფექტსაც.

ულტრაიისფერი გამოსხივება, რომელიც შეიძლება აღიძრას ლაზერული გამოსხივებისას, მოიცავს 200÷400 მკმ ტალღის სიგრძის სპექტრს. ბიოლოგიური მოქმედების თვალსაზრისით ეს დიაპაზონი შეიძლება დაიყოს სამ უბნად:

- ა) ტალღის სიგრძით 200÷280 მკმ – იწვევს ქსოვილებზე, ცხიმებზე, სისხლზე ძლიერ (თითქმის დამანგრეველ) მოქმედებას;
- ბ) ტალღის სიგრძით 280÷315 მკმ – იწვევს ძლიერ მოქმედებას კანზე;
- გ) ტალღის სიგრძით 315÷400 მკმ – იწვევს შედარებით მსუბუქ ბიოლოგიურ მოქმედებას.

გარდა ამისა, ულტრაიისფერმა სხივებმა შეიძლება იმოქმედოს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე და სხვა ორგანოებზე. თვალზე მოქმედება იწვევს კონიუნქტივის (თვალის გამჭირვალე ლორწოვანი გარსის), ფერადი და ბადისებრი გარსების დაზიანებას.

ლაზერულ დანადგართან მუშაობისას აუცილებელია მუდმივი კონტროლი სამუშაოთა შესრულებაზე და მუდმივი დაკვირვება მომსახურე პერსონალის ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე.

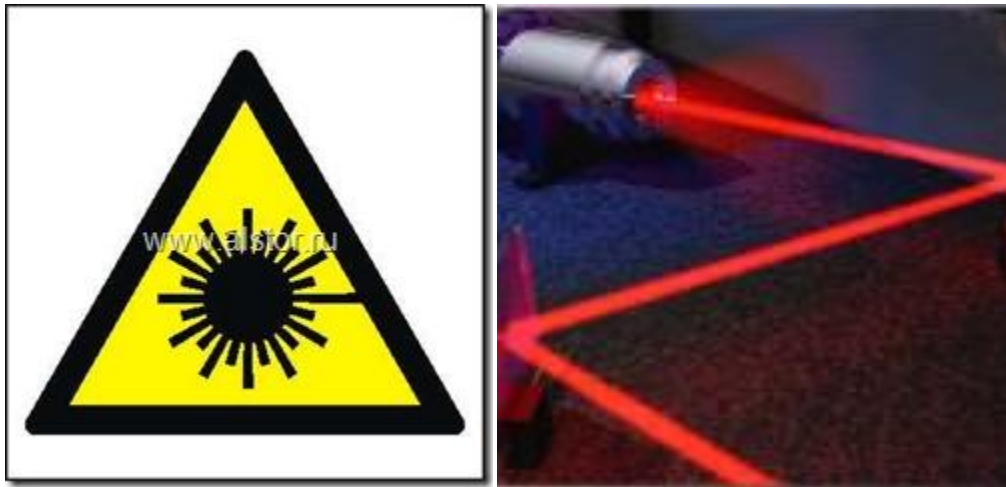
დადგენილია ლაზერული გამოსხივების ზღვრული დასაშვები დონეები გამოსხივების სახის, ტალღის სიგრძის, ზემოქმედების ხანგრძლივობის და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებით ("ლაზერების და ექსპლუატაციის სანიტარიული ნორმები და წესები"). ლაზერული გამოსხივების კონტროლის ხელსაწყოებიდან ყველაზე ფართოდ გამოიყენება ფოტოელექტრული ხელსაწყოები (ИЛД-2, „Измеритель“).





### 15.3. ლაზერის გამოსხივებისაგან დაცვა

ლაზერის დანადგარის სათავსში ოპტიკურ-ქვანტური გენერატორის ისე განთავსება, რომ სხივთა კონის გზა არ გადიოდეს მომსახურე პერსონალის ყოფნის ადგილებში; სხივთა კონის ფოკუსირების წერტილის დაცვა დიაფრაგმით; კონის ბოლოში საჭერის – კონის მშთანთქმელის მოწყობა.



ნახ. 98. არეკვლილი ლაზერის სხივი

ლაზერის სათავსში არ უნდა იყოს სარკისებრი ზედაპირის მქონე საგნები.

კედლების, ჭერის და მოწყობილობის შეღებვა არეკვლის მინიმალური კოეფიციენტის მქონე საღებავებით; სააპარატოში დამცავი ბლოკირება და სიგნალიზაცია; მართვის პულტის განთავსება ცალკე სათავსში; სიმედო ელექტროიზოლაცია; არაიზოლირებული სადენების და ფარების განლაგება მიუწვდომელ ადგილზე; კორპუსების, შემოდობვის, მილების და სხვ. დამცავი ჩამიწება; პერიოდული სამედიცინო შემოწმება; სამუშაო ადგილზე მაღალი განათებულობა; მუშაობის პირობების სანიტარიულ-ჰიგიენური გამოკვლევა.

ლაზერის გამოყენება დაკავშირებულია ორგანიზმზე მავნე მოქმედებასთან, ამიტომ აუცილებელია კვალიფიციური დამცავი ღონისძიებების გატარება.

ლაზერული გამოსხივებისაგან დასაცავად გამოიყენება კოლექტიური დაცვის საშუალებები:

- დამცავი ეკრანები და გარსაცმები;
- ლაზერის დანადგარის დისტანციური მართვა (მართვის პულტის მოთავსება ცალკე სათავსში);
- დამცველი ბლოკირება და სიგნალიზაცია, რომელიც გამორიცხავს მომუშავეს მოხვედრას საშიშ ზონაში;
- სათავსისა და მასში მოთავსებული მოწყობილობების შეღებვა ისეთი ფერის საღებავით, რომელსაც არეკვლის მინიმალური კოეფიციენტი აქვს (თუ ეს შეუძლებელია, მაშინ აუცილებელია ლითონის, მინის და სხვა ზედაპირების დრაპირება შავი ბაიკის ან მისი მსგავსი ქსოვილის ნაჭრებით);
- სამუშაო ადგილის მაღალი განათებულობა, რაც შეამცირებს თვალის დაზიანების საშიშროებას (თვალის გუგის შევიწროების ხარჯზე).

ამასთან, აუცილებელია მაღალი ძაბვის, ელექტრომაგნიტური ველების, ხმაურის, ხისტი რენტგენის გამოსხივების, ჰაერის იონიზაციის, ჰაერის დაბინძურების (მათ შორის ოზონით), აფეთქებებისაგან დაცვის ღონისძიებათა გათვალისწინება.

ჩასატარებელ ტექნოლოგიურ პროცესთან დაკავშირებით აუცილებელია მტვრისგან, მასალათა ნამსხვრევებისგან, ქიმიური ზემოქმედებისგან შესაბამისი დაცვა. აუცილებელია ხანძრის პროფილაქტიკის ღონისძიებების ჩატარება. ყველა გამოყენებული მასალა უნდა იყოს ცეცხლმედეგი.

მავნე გამონაბოლქვების მოსაშორებლად გამოიყენება ადგილობრივი გამწოვი ვენტილაცია. გარდა ამისა, აუცილებელია საერთო-ცვლითი მომდენ-გამწოვი ვენტილაციის მოწყობა.

ლაზერული გამოსხივებისაგან დასაცავად გამოიყენება აგრეთვე ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები: ლაზერსაწინააღმდეგო სათვალე შუქვილტრით, ნიღაბი, ტექნოლოგიური ხალათი, ხელთათმანი. ტანსაცმელი შექმნის დაგვარად დახურული უნდა იყოს. მიზანშეწონილია შავი ფერის გაუმტარი ქსოვილისაგან შეკერილი ხალათის გამოყენება. ასევე შავი უნდა იყოს ხელთათმანი.



**3H22 ЛАЗЕР**

ნახ. 99. ლაზერის გამოსხივებისაგან დამცავი ინდივიდუალური საშუალებები

**ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები:** ლაზერის დანადგარის პულტებთან, ფარებთან, სამუშაო ადგილებზე – დიელექტრიკული ხალიჩები, განმმუხტვადი ჩამამიწებელი შტანგები, დიელექტრიკული ხელთათმანი და ინსტრუმენტი, ფილტრიანი სპეციალური დამცველი სათვალე. კანის საფარის დაცვა – მუყაოს ფენის, თხევადი კრემის საშუალებით. ტექნოლოგიური ხალათი.

უნივერსალური დამცველი სათვალე არ არსებობს და ცალკეული ტალღის სიგრძის გამოსხივებისათვის სპეციალური შეფერილობის მინაა განკუთვნილი. სათვალის ბუდეს (ან ნახევარნიღაბს) უნდა ჰქონდეს მკვეთრად გამორჩეული შეფერილობა და მინის ოპტიკური მაჩვენებელი. გახურებისას მინის დახეთქვისაგან დასაცავად აუცილებელია ორგანული მინის დამცველი ფენა. აუცილებელია სათვალის რეგულარული შემოწმება და დაზიანების აღმოჩენის შემთხვევაში ხმარებიდან დაუყოვნებლივ ამოღება.

“3H22 ЛАЗЕР” მარკის სათვალე გამოიყენება წითელი და ზოგიერთი ინფრაწითელი ლაზერებისაგან თვალის დასაცავად. სათვალე წააგავს შემდუღებლის სათვალეს, მაგრამ აქვს ცისფერი მინა.

დაბნელების შემთხვევაში თვალის გუგის გაფართოების თავიდან აცილების მიზნით გამოიყენება ფარმაცევტული საშუალებები.

აუცილებელია პერსონალის რეგულარული სამედიცინო შემოწმება (თვალის ფსკერის, მხედველობის გამოკვლევა და სხვა ოფთალმოლოგიური დაკვირვება).



ნახ. 100. ლაზერის სხივისგან დამცავი სათვალე

## თავი 16

### 16.1. ვიდეოდაბინძურება და ვიდეოეკოლოგია

ვიზუალური (ვიდეო) დაბინძურება – ბუნებრივი პეიზაჟების გაფუჭება, დამახინჯება მშენებლობებით, სადენებით, ნაგვით, თვითმფრინავების შლექიფებით და ა.შ. ვიდეოდაბინძურება მოიცავს თანამედროვე ადამიანის მთელ ვიზუალურ გარემოს – არქიტექტურას, შენობათა ფერით გამას, ლანდშაფტს, გამწვანებას, რეკლამას, ვიტრინებს, ქუჩებს და ა.შ. ვიზუალური გარემო გავლენას ახდენს ადამიანის ფსიქოემოციურ მდგომარეობაზე და ეს გავლენა შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი. ისევე როგორც ყველა სახის დაბინძურება, ვიდეოდაბინძურებაც აუარესებს მოქალაქეთა ცხოვრების პირობებს და უარყოფითად აისახება მათ ჯანმრთელობაზე. ვიდეოეკოლოგია – ცოდნის სფერო ადამიანის ურთიერთქმედების შესახებ ხილულ გარემოსთან. ტერმინი “ვიდეოეკოლოგია” შემოტანილ იქნა 1989 წელს ვ.ა. ფილინის მიერ და შედგება ორი სიტყვისგან: “ვიდეო” – ყველაფერი ის, რასაც ხედავს ადამიანი თვალით და “ეკოლოგია” – მეცნიერება გარემოსთან ადამიანის ურთიერთქმედების სხვადასხვა ასპექტის შესახებ.

გარემოს მიერ შექმნილი ფსიქოლოგიური გავლენა ძალიან მნიშვნელოვანია – ადამიანის გუნება-განწყობა პირდაპირ კავშირშია გარემო ობიექტებთან და დამოკიდებულია არამარტო უშუალო კონტაქტში მყოფ ფაქტორებთან, არამედ ირგვლივ მყოფ ობიექტებთან – საცხოვრებელ სახლებთან, საზოგადოებრივ შენობებთან, სამრეწველო აღჭურვილობასთან და ა.შ. მრავალი ერთგვაროვანი, გარკვეულ ფართობზე თანაბრად განაწილებული ელემენტისაგან შემდგარ ველს, აგრესიული ვიზუალური ველი ეწოდება.



ნახ. 101. ვიზუალური დაბინძურების სახეები

მრავალსართულიანი სახლის უზარმაზარ კედელზე მრავალი ერთნაირი ფანჯარა უსიამოვნო შეგრძნებას იწვევს, რამდენადაც დიდი ნახევარსფეროს ქერქის მხედველობის ზონაში გაძნელებულია ერთიანი ვიზუალური სურათის შექმნა მარჯვენა და მარცხენა თვალიდან წამოსული ერთგვაროვანი ინფორმაციის საფუძველზე.

მონოფერადოვნებაც შეიძლება განხილულ იქნას როგორც ჰომოგენურობის მაგალითი ქალაქის პირობებში. კომფორტული გარემო შეიძლება სწორი ფერით გადაწყვეტილად შეიქმნას. ქალაქის არქიტექტურაში ფერს შეუძლია მთელი რიგი მნიშვნელოვანი ფუნქციები შეასრულოს: ფერი ხელს უწყობს ადამიანის ორიენტაციას სივრცესა და დროში, გარემოს ცალკეულ კომპონენტებს აძლევს გარკვეულ მნიშვნელობას, ქმნის ფსიქოფიზიოლოგიურ კომფორტს, აყალიბებს ქალაქის შინაარსობრივ და ემოციურ გაჯერებულობას.

სწორი ფერითი გადაწყვეტა და შინაგანი მოწყობა დადებითად მოქმედებს ადამიანის გუნება-განწყობაზე და შრომისუნარიანობაზე.

ქალაქის მოსახლეობა სოფლის მოსახლეობასთან შედარებით უფრო ხშირად ატარებს დროს ისეთ გარემოში, სადაც ხელოვნური ელემენტების რაოდენობა ჭარბობს ხელოვნურს. ეს თავისთავად ქმნის ფსიქოლოგიურ პრებლემებს და გარკვეულწილად ცვლის ცხოვრების წესს. როგორც წესი, ქალაქის გარემო ისეთი არახელსაყრელი ფაქტორებით ხასიათდება, როგორცაა აგრესიული და ჰომოგენური, მონოქრომული ვიდეოგარემო, შენობათა გაფორმების ან რეკონსტრუქციის დროს ფერების არასწორი შეხამება.

ხშირად ქალაქის ბევრ არქიტექტურულ ნიმუშს აგრესიული სილუეტი აქვს, ჭარბობს ადამიანისათვის “ცივი” ფერი და გაბატონებულია სწორი ხაზები. ასეთ გარემოში ხანგრძლივად ყოფნა წარმოქმნის ადამიანში აგრესიის გრძნობას, ნერვოზულობას, დათგუნულობას და, როგორც შედეგი, ადამიანის საერთო ემოციური ფონისა და მისი შრომისუნარიანობის დაქვეითებას.

შენობათა ნაცრისფერი უსიცოცხლო ტონები, ერთსახოვანი ფორმები უარყოფით გავლენას ახდენს ადამიანზე. ფსიქოემოციური მდგომარეობისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენს ხელოვნური ვიზუალური მხარე, რომელშიც შედის აგრესიული და ჰომოგენური ველები. სწორი ხაზები და მართი კუთხეები იწვევს აგრესიასა და დისკომფორტს.

## 16.2. ვიდეოდაბინძურების შემცირების ღონისძიებები

ნეგატიური შედეგების თავიდან ასაცილებლად და კომფორტული ვიზუალური გარემოს შესაქმნელად საჭიროა შემდეგი ღონისძიებების ჩართვა:

შენობების ჰარმონიულად შესამება ლანდშაფთან;

საცხოვრებელი მასივის ფერთი გამომხატველობის გაუმჯობესება ფერების სწორი და ჰარმონიული შესამების გზით;

განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ისეთი ნატურალური მასალების გამოყენებას, როგორცაა ქვა და მერქანი;

აგრესიული და ჰომოგენური ველების მოქმედების შემცირება სივრცითი ფორმების გამოყენების გზით;



ნახ. 102. ვიდეოდაბინძურების შემცირება ფერების სწორი და ჰარმონიული შესამების გზით

ქალაქის განვითარებული ლანდშაფტი და გამწვანება კომფორტულ გარემოს ქმნის ადამიანის მხედველობისათვის.



ნახ. 103. ვიდეოდაბინძურების შემცირება ქალაქის რაციონალური განათების გზით

ქალაქის განათების ყველა სახეობის სრულყოფა სადამოს საათებში ქალაქის გარემოს ესთეტიკური აღქმის გასაუმჯობესებლად;

სამედიცინო-ბიოლოგიური კვლევებით დადგენილია, რომ აგრესიული ვიზუალური ველი ახდენს “გაუცნობიერებელი აგრესიის” სინდრომის (ხულიგნობის, ლოთობის, ბილწისიტყვაობის) პროვოცირებას. სუსტი ნერვული სისტემის ადამიანებში შეიძლება გამოიწვიოს თავბრუსხვევა, გულისრევა, ეპილეფსიით დაავადებულ ადამიანებში – მორიგ შეტევას, ხოლო ჯანმრთელ ადამიანებში იწვევს ფსიქიკურ გადახრას.

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მონაცემების მიხედვით ურბანიზაციის პროცესები იწვევს ფსიქიკურ დაავადებათა განუხრელად ზრდას. ერთსახოვანი, ერთი ტიპის, მართკუთხოვანი შემინული ნაგებობები არის ადამიანის გაღიზიანებულობის მთავარი მიზეზი. შენობების შემინვა ვიზუალურ გარემოს ხდის ერთგვაროვანს და მონოტონურს. კვლევებით დადგენილია, რომ თუ ადამიანის მხედველობის არეში ხვდება 10-13 ერთგვაროვან ელემენტზე მეტი, ადამიანი შინაგანად უკვე მზადაა გაღიზიანებულობისათვის. ერთგვაროვანი, ჰომოგენური და აგრესიული ვიზუალური გარემო აღიზიანებს მხედველობას, მოქმედებს ცენტრალურ ნერვულ სისტემაზე. მიკრორაიონების მაცხოვრებლებში, სადაც გაბატონებულია შიშველი კედლები, ასფალტი, რკინაბეტონი, სწორი ტროტუარები, ერთნაირი ბორდიურები, რიგში ჩამწკრივებული ავტოფარეხები, ჩნდება გაუცნობიერებელი, ხშირად გაუკონტროლებელი პროტესტი, გარემოს შეცვლის სურვილი. ვიზუალურ გარემოს

აუარესებს შენობათა ძუნწი შეფერილობა, კეთილმოუწყობელი უბნები. ქალაქის სახლების ერთფეროვნება ადამიანებში იწვევს გულგრილობასა და მოწყენილობას. თითქოს ამაში საშიში არაფერია, მაგრამ პრობლემა ისაა, რომ ევოლუციურად ადამიანი ვერ ეგუებაფერთა აღქმის მონოტონურობას. უფრო მეტიც, ქალაქების ვიზუალური ერთგვაროვნება ერთ-ერთი იმ ფაქტორთაგანია, რომელიც ახდენს ე.წ. "მეგაპოლისის სინდრომის" პროვოცირებას.

"მეგაპოლისის სინდრომი" გამოიხატება აგრესიისადმი მიდრეკილებაში, ქრონიკულ დაღლილობაში, ყურადღების მოკრეფის გაძნელებაში, უხალისობასი, ძილისა და მადის დარღვევაში. გამოვლენილია ."მეგაპოლისის სინდრომის" გამომწვევი ფაქტორები:

I ფაქტორი – დიდი ქალაქის ამაღებული ხმაურის ფონი;

II ფაქტორი – ტაქტილური პრესინგი მოწყენილობისა და არასაკმარისი სასიცოცხლო სივრცის გამო;

III ფაქტორი – ვიზუალური პრესინგი. მასში შეხამებულია ფერის მწვავე უკმარისობა გარემოში, რომელიც გადატვირთულია კაშკაშა და მომაბეზრებელი რეკლამების სიჭარბით. მსოფლიოს ერთ-ერთი დიდი მეგაპოლისში – ბრაზილიის სან-პაულუში ქალაქის მერიის გადაწყვეტილების და მოსახლეობის უმრავლესობის მხარდაჭერის შედეგად საერთოდ არ არის გარე რეკლამა. ესაა ვიზუალურ დაბინძურებასთან ბრძოლის ერთ-ერთი პუნქტი.



ნახ. 104. ვიდეოდაბინძურების შემცირება ქალაქში გარე რეკლამის აკრძალვის გზით



კომფორტულ ვიზუალურ გარემოს ქმნის დეკორატიული, აუზრული ელემენტები, რომელთა ხანგრძლივად ყურება ესთეტიკურ სიამოვნებას ანიჭებს ადამიანს. ქალაქში ვიდეოდაბინძურების შესამცირებლად და გარემოს ვიზუალური კომფორტის შესაქმნელად შენობათა ფასადების გაფორმებაში მხატვრულ-არქიტექტურული გადაწყვეტათა გზით შემუშავებულია რეკომენდაციები:

იქ სადაც არის ჰომოგენური გარემო, აუცილებელია მისგან განთავისუფლება გამწვანებისა და კოლორისტიკის გზით;

არქიტექტურაში დიდი სიბრტყის დაშლა ისეთი ელემენტებით, როგორცაა კოლონები, დეკორი, პორტიკი და მისთ.

სწორი ხაზებისა და მართი კუთხეების შერბილება სხვადასხვა ნაკეთობით, ორნამენტული ჩართვებით, აუზრული მეტალური ნაკეთობებით;

ქალაქის გარემოს ფერთი გაჯერება და ვერტიკალური გამწვანება. გამწვანების გამოყენება – ერთ-ერთი ყველაზე მარტივი და ხელმისაწვდომი მეთოდია;



ნახ. 105. ვიდეოდაბინძურების შემცირება ქალაქის გემოვნებით გამწვანებით



ნახ. 106. ვიდეოლაბინძურების შემცირება გრაფიტის გამოყენებით

ცხელ ქვეყნებში, მაგალითად ახლო აღმოსავლეთისა და შუა აზიის ქვეყნებში, პოპულარულია ცივი გამის ფერები – მწვანისა და ლურჯის ყველა ელფერი. მეორე მხრივ, მსოფლიოს ცივ რაიონებში ოდითგან პოპულარულია წითლისა და ნარინჯისფერის ყველა ელფერი. ეს თბილი ფერები ეხმარებათ არამარტო ცივი კლიმატის კომპენსირებაში, არამედ თვალსაც ასვენებს თოვლიანი პეიზაჟების მონოტონურობისაგან.

ფერები იყოფა არამარტო ცივ და თბილ ფერებად, არამედ შეუძლიათ გამოიწვიონ გარკვეული ემოციური განწყობა.

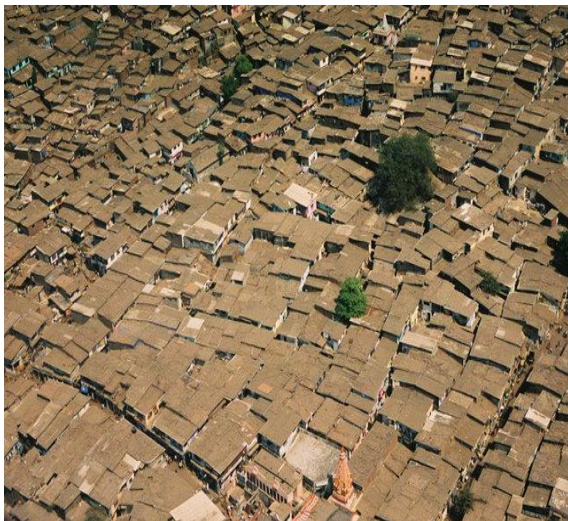


ნახ. 107. თბილი ფერების გამოყენებით ცივი კლიმატის კომპენსირება და თოვლიანი პეიზაჟების მონოტონურობის შემცირება

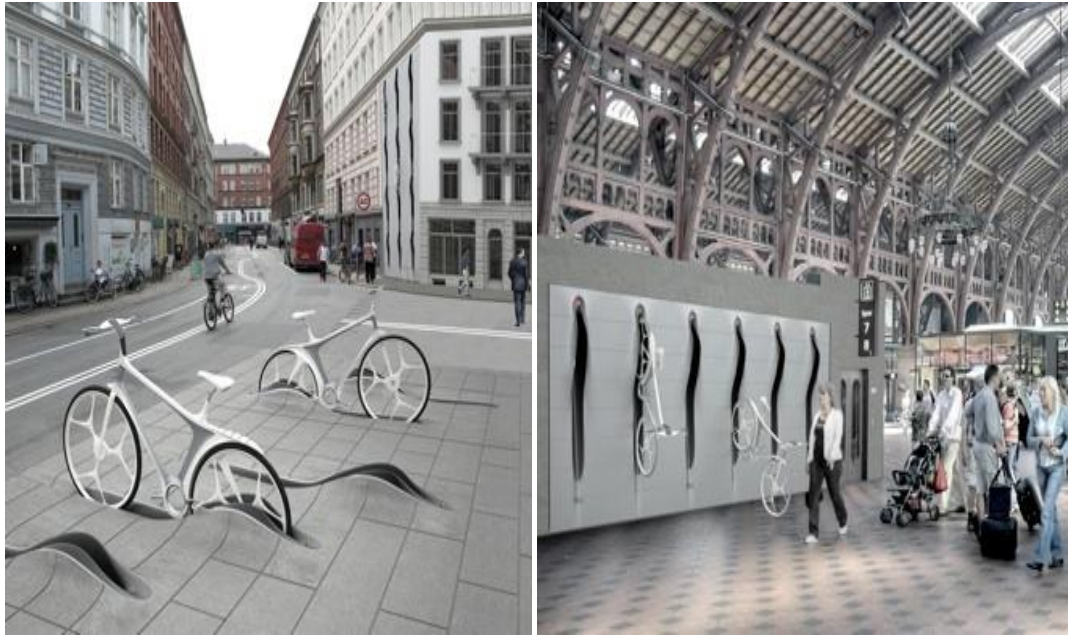
ცხრილი № 37

ფერების ემოციური აღქმა

ფერი	ტემპერატურა	განწყობილება	შეგრძნება
წითელი	თბილი	გამაღიზიანებელი, ენერგიული	–
ნარინჯისფერი	ძალიან თბილი	წარმტაცი	–
ყვითელი	ძალიან თბილი	წარმტაცი	–
მწვანე	ძალიან ცივი	ძალიან მშვიდი	გრილი
ლურჯი	ცივი	მშვიდი, ჩუმი	სუფთა
იისფერი	ცივი	აგრესიულ- შეშფოთებული	–
ყავისფერი	ნეიტრალური	წარმტაცი	ჭუჭყიანი
ნაცრისფერი	ნეიტრალური	მშვიდი, მოსაწყენი	ჭუჭყიანი



ნახ. 108. ვიდეოლაბინჰურბასთან ბრძოლა გამწვანებით



ნახ. 109. ისტორიულ ქალაქში ვიდუოდაბინძურების თავიდან აცილება ახალი არქიტექტურული  
ესთეტიკის შეტანით



ახალი არქიტექტურა შეთავსებული უნდა იყოს ისტორიული რაიონის სივრცესთან და იმავედროულად სწორად წარმოაჩინდეს დროისა და ადგილის არქიტექტურულ ტენდენციებს. ახალმა არქიტექტურამ თავი უნდა აარილოს მკვეთრ ან ზედმეტ კონტრასტებს.

## თავი 17

### 17.1. გარემოს დაბინძურება და ადამიანის ჯანმრთელობა

ორგანიზმის რეაქცია დაბინძურებაზე დამოკიდებულია ინდივიდუალურ თავისებურებებზე: ასაკზე, სქესზე, ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე. როგორც წესი, ყველაზე მგრძობიარენი არიან ბავშვები, ხანში შესულები, მოხუცები და ავადმყოფი ადამიანები. ორგანიზმში სისტემატურად ან პერიოდულად შედარებით მცირე რაოდენობით ტოქსიკური ნივთიერებების მოხვედრისას ხდება ქრონიკული მოწამვლა. ქრონიკული მოწამვლის ნიშნებია ნორმალური ქცევის და ჩვევების დარღვევა.

**ანტროპოგენული ფაქტორების გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე.**  
ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად ბუნებრივი გარემოს ანტროპოგენული დაბინძურების სახეები მრავალგვარია და განაპირობებენ ბუნებრივი გარემოს ხარისხის ქიმიურ, ფიზიკურ, მექანიკურ, აკუსტიკურ, თბურ, არომატულ და ვიზუალურ ცვლილებებს. შედეგად საფრთხე ექმნება მოსახლეობის ჯანმრთელობას, აგრეთვე მცენარეულ, ცხოველურსამყაროს და დაგროვილ მატერიალურ ფასეულობებს.

გარემოს ანტროპოგენული დამბინძურებლები ადამიანისათვის პოტენციურ საფრთხეს წარმოადგენს. ჯანმრთელობის მდგომარეობაში ცვლილებები დამოკიდებულია ადამიანის ასაკზე, მის პროფესიულ საქმიანობაზე, ჯანმრთელობის საწყის მდგომარეობაზე, აგრეთვე ინდივიდუალურ ცხოვრების წესზე და ცხოვრების სოციალურ-ჰიგიენურ პირობებზე.

## **17.2. ნეგატიური ფაქტორების ზემოქმედება ადამიანზე და გარემოზე.**

### **ადამიანის მიერ გარემოს მდგომარეობის აღქმის სისტემები**

ადამიანს მუდმივად ესაჭიროება ცნობები გარე სამყაროსა და ორგანიზმის მდგომარეობაზე და მიმდინარე ცვლილებებზე – ამ ინფორმაციის შეფასებისა და გადაწყვეტილების მიღების, აგრეთვე შემდგომი საქმიანობის პროგრამის შემუშავების მიზნით. გარემოზე ინფორმაციის მიღების, სივრცეში ორიენტირების და გარემოს შეფასების უნარის შესაძლებლობას უზრუნველყოფენ ანალიზატორები, რომლებიც აღიქვამენ გარე გამღიზიანებლებს და რეცეპტორების საშუალებით ნერვულ იმპულსებს გადასცემენ ცენტრალურ ნერვულ სისტემას.

რეცეპტორების ერთი ნაწილი აღიქვამს ცვლილებებს გარემოში, ხოლო მეორე ნაწილი – ჩვენს ორგანიზმში.

ადამიანში გამოწვეული შეგრძნების ხასიათის მიხედვით განასხვავებენ გემოს, მხედველობით, სმენით, ყნოსვით, შეხებით, ტკივილის, სივრცეში ორგანიზმის მდებარეობის რეცეპტორებს. ცენტრალური ნერვული სისტემა იღებს გადაწყვეტილებას და გადაეცემა შესაბამის აღმასრულებელ ორგანოებს. ზოგჯერ შემოსული ინფორმაცია რეცეპტორებიდან პირდაპირ მიემართება აღმასრულებელი ორგანოებისკენ, ცენტრალური ნერვული სისტემის გვერდის ავლით. ინფორმაციის

გადაცემის ასეთ პრინციპს ეფუძნება ბევრი უპირობო რეფლექსი. რამდენიმე უპირობო რეფლექსის ერთობლიობა შეადგენს ინსტიქტს.

პირობითი რეფლექსი ფორმირდება შექმნილი გამოცდილების საფუძველზე, გამლიზიანებლის ხანგრძლივად ზემოქმედებისას.

ადამიანს გააჩნია გრძნობათა ორგანოები, რომლებიც უზრუნველყოფენ გარემოდან ორგანიზმზე მოქმედი გამლიზიანებლების აღქმას. მათ მიეკუთვნება მხედველობის, სმენის, ყნოსვის, გემოსა და შეხების ორგანოები.

ადამიანის ცხოვრებაში განსაკუთრებულ როლს თამაშობს მხედველობის ორგანო, რომლის წყალობით ადამიანი აღიქვამს საგნის ფორმას, სიდიდეს, ფერს, მიმართულებას და დაშორებას.

სმენა არის ორგანიზმის მიერ ბგერითი რხევების აღქმისა და განსხვავების უნარი, რომელიც ხორციელდება სმენის ანალიზატორებით. ადამიანის ყური აღიქვამს 16-დან 20 000 ჰც სიხშირის მექანიკურ რხევებს.

ყნოსვა არის სუნის აღქმის უნარი, რომელიც ხორციელდება ყნოსვის ანალიზატორის საშუალებით. სუნოვანი ნივთიერების ხანგრძლივად მოქმედებისას მცირდება მგრძნობიარობა სუნის მიმართ, იმდენად, რომ ადამიანი ვეღარ გრძნობს სუნს, თუნდაც იგი ძალიან არასასიამოვნო იყოს( მაგალითად, გოგირდწყალბადის) . სუნის არარსებობის შემთხვევაში მგრძნობიარობა აღდგება. ბენზოლის სუნი ამახვილებს სმენას, ხოლო ინდოლის სუნი აქვეითებს სმენით აღქმას, პირიდინის და ტოლუოლის სუნი ამახვილებს მხედველობას სიბნელეში, ხოლო ქაფურის სუნი ამადლებს მხედველობის მგრძნობელობას მწვანე ფერის მიმართ, ხოლო წითელი ფერისადმი – ამცირებს.

გემოს შეგრძნება აღიძვრება ენის ზედაპირზე განლაგებულ რეცეპტორებზე ზოგიერთი გამლიზიანებლის მოქმედებით. გემოს შეგრძნება ფორმირდება გემოს ოთხი ძირითადი სახის ( მუავე, მარილიანი, ტკბილი და მწარე ) აღქმიდან.

შეხება რთული შეგრძნებაა, რომელიც აღიძვრება კანის, ლორწოვანი გარსის და კუნთოვან-სისხლძარღვოვანი აპარატის რეცეპტორების გაღიზიანებისას.

კანი სხეულის გარე საფარია, რომელიც რთული აგებულების მქონე ყველაზე დიდი ორგანოა და მნიშვნელოვან სასიცოცხლო ფუნქციებს ასრულებს – კანი იცავს ორგანიზმს მავნე გარეგანი ზემოქმედებისაგან, ასრულებს რეცეპტორულ, სეკრეციის, მიმოცვლის ფუნქციებს, მნიშვნელოვან როლს თამაშობს



თერმორეგულაციაში და სხვ. დიდი მნიშვნელობა აქვს კანის მასტერილიზებულ თვისებას და სხვადასხვა მიკრობების მიმართ ამტანობას; დაუზიანებელი რქოვანა ფენა ინფექციისათვის შეუღწევადია, ხოლო კანის ცხიმი და ოფლი ქმნიან მუავა არეს, რომელიც არახელსაყრელია ბევრი მიკრობისათვის.

კანის სეკრეციულ ფუნქციას უზრუნველყოფს ცხიმის საოფლე ჯირკვლები. კანის ცხიმით შეიძლება გამოიყოს ზოგიერთი სამკურნალო (იოდი, ბრომი), ნივთიერებათა ცვლის შუალედური პროდუქტები, მიკრობული ტოქსინები და ენდოგენური შხამები.

ორგანიზმისათვის მნიშვნელოვანია არა მარტო გარე სამყაროს ანალიზი, არამედ ისიც, თუ რა ხდება თვითონ ორგანიზმში, რასაც შინაგანი ანალიზატორების საშუალებით აღიქვამს. სიცოცხლისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია შინაგანი არის რამდენიმე პარამეტრი: უანგბადი, ნახშირბადის დიოქსიდი, წყალბადის იონები, მინერალური ნივთიერებები (ნატრიუმი, მაგნიუმი, კალციუმი და სხვ.), არტერიული წნევა, ტემპერატურა და სხვ. ამ პარამეტრების ცვალებადობის დიაპაზონი მეტად მცირეა. ამ მკაცრი მუდმივობის წყალობით ცოცხალ არსებას სხვადასხვა გარემო პირობებში ყოფნა შეუძლია.

**ნერვული სისტემა.** ორგანიზმის სისტემებიდან უმნიშვნელოვანესია ნერვული სისტემა, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს ორგანიზმის სხვადასხვა სისტემებსა და ნაწილებს. ადამიანის ნერვული სისტემა იყოფა ცენტრალურ და პერიფერიულ ნერვულ სისტემებად. ორგანიზმზე საშიში და მავნე ფაქტორების ექსტრემალური ზემოქმედების პირობებში ნერვული სისტემა ადგენს დამცავ-შემგუებლურ რეაქციას, განსაზღვრავს ზემოქმედი და დამცავი ეფექტების თანაფარდობას.

**ჰომეოსტაზი და ადაპტაცია.** გარემოს ცვალებად პირობებს ადამიანი ჰომეოსტაზის წყალობით ეგუება. ჰომეოსტაზი ორგანიზმის სხვადასხვა სისტემის მუშაობის სტაბილურობის შენარჩუნების უნივერსალური უნარია, რომელიც აღიძვრება ამ სტაბილურობის დამრღვევი ზემოქმედების პასუხად. ნებისმიერი ფიზიოლოგიური, ფიზიკური, ქიმიური და ემოციური ზემოქმედება, ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფერული წნევის ცვლილება, აღელვება, სიხარული, თუ სევდა შეიძლება ორგანიზმის დინამიური წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოყვანის მიზეზი გახდეს. ორგანიზმი თვითრეგულაციის საშუალებით უზრუნველყოფს

ორგანიზმის ცხოველქმედების დაცვას ერთი და იგივე დონეზე. ცოცხალი ორგანიზმის მნიშვნელოვანი თვისებაა რეაქტიულობა, რომელიც გარეგან და შინაგან გამღიზიანებლებზე ორგანიზმის რეაგირების უნარია და ხორციელდება ნივთიერებათა ცვლის და ფუნქციების ცვლილებით.

გარემო ფაქტორების ცვლილებათა კომპენსაცია შესაძლებელია ადაპტაციაზე (შეგუებაზე) პასუხისმგებელი სისტემების აქტივაციის წყალობით.

გარემო ფაქტორების ზემოქმედების დასაწყისში ხდება იმ ფუნქციური სისტემის მობილიზაცია, რომელიც მგრძობიარეა აღნიშნული გამღიზიანებლის მიმართ, შემდეგ ორგანიზმის სათადარიგო შესაძლებლობების გარკვეულწილად შემცირების ფონზე ჩაერთვება სპეციფიური ადაპტაციის სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს ორგანიზმის ფუნქციური აქტივობის ამაღლებას. გამოუვალი სიტუაციის დროს – ძალიან ძლიერი გამღიზიანებლის მოქმედებისას ეფექტური ადაპტაცია ვერ ფორმირდება და ჰომეოსტაზი ირღვევა. თუ ამ დარღვევებით გამოწვეული სტრესი ძლიერია და ხანგრძლივი, შეიძლება განვითარდეს ავადმყოფობა.

### 17.3. ორგანიზმის დაცვის ბუნებრივი სისტემები

ადამიანის ორგანიზმს გააჩნია ბუნებრივი დამცავ-შემგუებლური სისტემები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მის უსაფრთხოებას, შინაგანი არის მუდმივობის დაცვას და გარემო პირობებთან ადაპტაციას. ასეთი სისტემებია: თვალი, ყური, ცხვირი, ძვალ-კუნთოვანი სისტემა, კანი, სისხლი, იმუნური დაცვის სისტემა, ტკივილი, დამცავ-შემგუებლური რეაქციები (ანთება, ციებ-ცხელება).

დამცავი რეაქციებია: ცემინება, ცრემლდენა, ლორწოს გამოყოფა. ტკივილი არის ადამიანისათვის საფრთხის სიგნალი და ერთდროულად დაცვითი რეაქცია, რომელიც სპეციფიურ დაცვით რეფლექსებს და რეაქციებს იწვევს. ტკივილის დროს მატულობს ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოყოფა (მაგ. იზრდება სისხლში ადრენალინის კონცენტრაცია). ტკივილი აიძულებს ადამიანს მიიღოს ზომები ჯანმრთელობის შესანარჩუნებლად. ტკივილი შეიძლება გამოიწვიოს როგორც მექანიკურმა, ისე თბურმა, ელექტრულმა და ქიმიურმა ზემოქმედებამ.

ციებ-ცხელება და ტემპერატურის აწევაც ორგანიზმის დაცვითი რეაქციაა. ზოგიერთი მიკროორგანიზმი და ვირუსი მაღალ ტემპერატურაზე იღუპება სპეციფიური ფერმენტების გააქტიურების შედეგად, თუმცა ტემპერატურის 40,50

C<sup>0</sup> –ზე და მეტად აწვეა იწვევს გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე დამატებით დატვირთვას და ზოგიერთი სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი ცილის დენატურაციას (დაშლას).

ადამიანის სხეულის საფარი (კანი და ლორწოვანი გარსი) ბარიერს წარმოადგენს მიკროორგანიზმების შეღწევისათვის. სუფთა კანზე 10-12 წუთის შემდეგ ყველა მიკროორგანიზმი კვდება. ასეთი თვისება ჭუჭყიან კანს არ ახასიათებს. სასუნთქი გზებისა და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ლორწოვანი გარსები მიკროორგანიზმებისაგან დაცულია ჯირკვლების სეკრეტით (გამონაჟონით).

პირის ღრუს დამცველია ნერწყვი, რომელიც ბაქტერიციდული თვისების მქონე ლიზოციმს შეიცავს.

კუჭში ანტიბაქტერიული და სოკოს საწინააღმდეგო მოქმედება გააჩნია მარილმჟავას. დვიძლი აუვნებლებს ორგანიზმში წარმოქმნილ ან ორგანიზმში კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან მოხვედრილ მომწამლავ ნივთიერებებს. სისხლი, ლიმფა და ქსოვილური სითხეები ანტისხეულებს, ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს და ჰორმონებს შეიცავს.

ფარისებრი და თირკმელზედა ჯირკვლების ჰორმონების უკმარისობის შემთხვევაში სუსტდება ორგანიზმის დაცვითი ძალები.

დაცვის ბუნებრივი სისტემის კიდევ ერთი მაგალითია მოძრაობა. აქტიური მოძრაობა ხშირად ასუსტებს სულიერ და ფიზიკურ ტკივილს.

ადამიანის ორგანიზმში ფუნქციონირებს იმუნური დაცვის სისტემა. იმუნიტეტი არის ორგანიზმის თვისება, რომელიც უზრუნველყოფს უცხო ცილების, პათოგენური მიკრობების და მომწამლავი პროდუქტების მოქმედებისადმი ორგანიზმის გამძლეობას.

ბიოლოგიური სისტემების საიმედოობა არის ადამიანის უჯრედების, ორგანოების, სისტემების თვისება შეასრულოს სპეციფიური ფუნქციები, გარკვეული პერიოდის განმავლობაში დაიცვას მათთვის დამახასიათებელი სიდიდეები. სისტემის საიმედოობის ძირითადი დამახასიათებელი ნიშანია შეუფერხებლად მუშაობის ალბათობა.

ადამიანზე ნეგატიური ფაქტორების დასაშვები ზემოქმედება. გამლიზიანებლის სუსტად ზემოქმედებისას ადამიანი უბრალოდ აღიქვამს ინფორმაციას გარემოს

შესახებ. გამლიზიანებლის ძლიერი ზემოქმედებისას მუდგანდება არახელსაყრელი ბიოლოგიური ეფექტი, რომელიც იწვევს ადამიანის დაავადებას.

ადამიანის ორგანიზმზე მავნე ფაქტორების ზემოქმედება შეიძლება იყოს ორგვარი: დაბალი დონის შემთხვევაში – ბიოლოგიურად აქტიური, მაღალი დონის შემთხვევაში – დამაზიანებელი. მაგალითად, ხმაურმა შეიძლება გამოიწვიოს სიმშვიდე, შექმნას შემოქმედებისათვის, გარემოს შემეცნებისათვის ხელსაყრელი პირობები (მაგალითად, ბალახის, ფოთლების შრიალი, ტალღების ხმაური, ჩიტების ჭიკჭიკი), მაგრამ საწარმოში ტექნიკური სისტემებით შექმნილი ხმაური ჯერ ადაგზნებს, ხოლო შემდეგ თრგუნავს ცენტრალურ ნერვულ სისტემას და ზიანს აყენებს ადამიანის ჯანმრთელობას.

სუფრის მარილი მცირე დოზებით სასარგებლო, აუცილებელი და შეუცვლელიცაა, დიდი დოზებით კი იწვევს თირკმლების, გულ-სისხლძარღვთა სისტემის და სხვ. დაავადებას, ხოლო განსაკუთრებით დიდი დოზით მიღებისას ადამიანის სიკვდილს იწვევს.

საყოველთაოდაა ცნობილი ადამიანის ორგანიზმზე მძიმე ლითონების მავნე ზემოქმედება, მაგალითად, მოწამვლა ტყვიით, ვერცხლისწყლით, კადმიუმით, თუთიით და სხვ. თუმცა, თითქმის ყველა ელემენტი, მათ შორის მძიმე ლითონებიც, ძალიან მცირე რაოდენობით შედის ფერმენტების, ჰორმონების, ვიტამინების შემადგენლობაში, და ხელს უწყობს ორგანიზმში ნივთიერებათა და ენერჯიათა ცვლის მიმდინარეობას, და საერთოდ, სასარგებლოა ორგანიზმისათვის.

შეუქცევადი ბიოლოგიური ეფექტების თავიდან აცილების მიზნით ნეგატიური ფაქტორების მიმართ დადგენილია ზღვრული დასაშვები დონე (ზდდ) ან ზღვრული დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ).

ზდკ და ზდდ არის ფაქტორის მაქსიმალური მნიშვნელობა, რომელიც ადამიანზე ზემოქმედებისას (იზოლირებულად ან სხვა ფაქტორებთან ერთად) მთელი სამუშაო ცვლის განმავლობაში, ყოველდღიურად, მთელი სამუშაო სტაჟის განმავლობაში, არც მასში და არც მის შთამომავლობაში არ იწვევს ბიოლოგიურ ცვლილებებს, აგრეთვე დაავადებებს, ფიზიოლოგიური ციკლის დარღვევებს და არც ფსიქოლოგიურ დარღვევებს.

ზდდ და ზდკ დადგენილია საწარმოო გარემოსათვის და დასახლებული ადგილებისათვის.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. ლ.ჩხეიძე, ნ.ჯვარელია, ნ.ბოჭორიშვილი, ი. ბოჭორიშვილი. ”ზოგადი და საინჟინრო ეკოლოგიის საფუძვლები” თბილისი.სტუ. 2005. 253 გვ.
2. Н.А.Агаджанян,В.И. Торшин. «Экология человека». ММП «Экоцентр», КРУК, 1994.
3. Агранат Б.А. и др. Основы физики и техники ультразвука. – М., 1987.
4. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: 1987. 365 с.
5. Алексеенко С.В. Нетрадиционная энергетика и энергоресурсосбережение / С.В. Алексеенко// Инновации Технологии Решения. 2006. № 3. С. 36 – 39.
6. Андреева-Галанина Е. Ц., Алексеев С. В., Кадыскин А В, Суворов Г. А., Шум и шумовая болезнь, Л., изд-во «Медицина», 1972.
7. Антипов В.В, Давыдов Б.И., Тихончук В.С. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. М.: Энергоатомиздат, 2002. - 177 с.
8. Алхасов А.Б. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие / А.Б. Алхасов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 272 с.: ил. ISBN 978-5-383-00602-3.
9. Астахов А.С., Поляков Д.М., Слинко Е.Н. и др. Распределение металлов в донных осадках Японского моря (на примере профиля Владивосток Ниигата) // Тематический выпуск ДВНИГМИ №3. - Владивосток. - Дальнаука. - 2000. - С. 150-165.
10. Бабаев А.Г. Пустыня как она есть/ А.Г. Бабаев М.: Молодая гвардия, 1980. 207 с.
11. Баранцев Р. Г. Синергетика в современном естествознании. М.: Едиториал УРСС, 2003.
12. Бакиров А. Г. Основы биолокации: учеб. пособ. Томск: Политехи, ун-тет, 2001.
13. Баулан И. За барьером слышимости. – М., 1971.
14. Бобрицька В.І.,Гриньова М.В. Валеологія – Полтава:”Скайтек”, 2000 – Ч.2 – 160 с.
15. Братков В. В. Геоэкология: учеб. пособие. М.: Высш.шк., 2006.
16. Бурлаков А. Б., Падалка С. М., Супруненко Е. А. Влияние внешних электромагнитных воздействий на процессы самоорганизации сложных биологических систем / Материалы конференции «Этика и наука будущего». Ежегодник «Дельфис 2003». М., 2003. С. 252-255.
17. Бутузов В.А., Брянцева Е.В., Бутузов В.В. Определение мощности пиковых котлов при проектировании гелиоустановок// Промышленная энергетика. 2007. № 10. С. 47 – 49.
18. Белов С.В. БЖД. - М.: Просвещение, 2002. - 126 стр.
19. Беличенко Ю.П., Швецов М.М. Человек и вода. М., 1979.
20. Борьба с шумом в городах: Совм. Сов. - фр. Изд.-М.: Стройиздат. - 1987 г. - 248 с.

21. Брэгг У. Г., Мир света. Мир звука, М., изд-во «Наука», 1967.
22. Ватсон Ф. Р., Архитектурная акустика, М., ИЛ, 1948.
23. Вайнер Э.Н. Валеология: учебник для вузов –М.,: Флинта: Наука, 2002 – 416 с.
24. Владимиров В.В. Урбоэкология. Курс лекций. Москва: Изд-во МНЭПУ, 1999. 204 с.
25. Вейсс П. Современные проблемы биофизики. М., 1961.
26. Габайдулина С. Цвет как психологическая характеристика городской среды. // Колоритика города (Материалы Международного семинара) М: 1990. — с. 175—181.
27. Гридин В. И., Гак Е. З. Физико-гео-логическое моделирование природных явлений. М.: Наука, 1994.
28. Галль Л. В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: Новый взгляд на природу жизни. 2009.
29. Григорьев А. И. Индикация состояния окружающей среды: монография. Омск: Прогресс, 2004.
30. Григорьев Ю. Г., Степанов В. С., Григорьев О. А., Меркулов А. В. Электромагнитная безопасность человека: справ, изд. М., 1999.
31. Госьков П.И Информационно-энергетическое воздействие токов промышленной частоты на здоровье человека /П.И. Госьков, В.Н. Беккер, Ю.А. Шамов. <http://astu.secna.ru/~sua/goskov.htm>
32. Грачев Н.Н. Средства и методы защиты от электромагнитных и ионизирующих излучений. М., изд-во МИЭМ, 2005.– 215 с.
33. Григорьев Ю.Г. Человек в электромагнитном поле (существующая ситуация, ожидаемые биоэффекты и оценки опасности). // Радиационная биология. Радиоэкология. 1997. Т37.
34. Дубров А. П. Биологическая геофизика. Поля, Земля. Человек и Космос. М.: «Фолиум», 2009.
35. Дунаев В. Н. Электромагнитные излучения и риск популяционному здоровью при использовании средств сотовой связи //Гигиена и санитария. 2007. № 6.
36. Енохович А.С. Справочник по физике и технике/ А. С. Енохович. М.: Просвещение, 1989. 223 с.
37. Захидов Р.А. Технология и испытания гелиотехнических концентрирующих систем/ Р. А. Захидов Ташкент: Изд-во «ФАН», 1978. 184 с.
38. Зенин С. В. Вода. М., 2006.

39. Знак З.О., Негода А.А., Сорока С.А., Акустические колебания в атмосфере как возможный канал космического влияния на биосферу. Тезисы докладов II Украинской конференции по перспективным космическим исследованиям. Кацевели, 2002, с.152.
40. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука. 1985. 243 с.
41. Е.А.Криксунов, В.В. Пасечник, А.П. Сидорин. «Экология». Издательский дом «Дрофа», 1995.
42. Кленов Г.Е., Ломов О.П., Бубнов В.А., Свядоц Е.А. Электромагнитная экологическая обстановка крупного промышленного города // Конференция "Электромагнитное загрязнение окружающей среды" (Санкт-Петербург, 21-25 июня 1993 г.). Тезисы докладов. Санкт-Петербург: Ленинградский союз специалистов по безопасности деятельности человека, 1993. С.7 - 8.
43. Копанев В.И., Шакула А.В. Влияние гипогеомагнитного поля на биологические объекты. М.: Наука, 1995. 73 с.
44. Е.А.Криксунов, В.В. Пасечник, А.П. Сидорин. «Экология». Издательский дом «Дрофа», 1995.
45. Котлов В. Ф. Изучение импульсного электромагнитного поля на территории городов. Екатеринбург, 2001.
46. Косов А. А., Барабанов А. А., Ярославцев Н. А. Роль электромагнитных полей и излучений в системе обеспечения безопасности человека // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2010. №1.
47. Котлов В. Ф. Изучение импульсного электромагнитного поля на территории городов. Екатеринбург, 2001.
48. Казначеев В. П., Михайлова Л. П. Сверхслабые излучения в межклеточных взаимодействиях. Новосибирск: Наука, 1981.
49. Капра Ф. Паутина жизни. Новые научные понимания живых систем / Пер. с англ., под ред. Трилисса К. София; М.: Гелиос, 2002.
50. Косов А. А., Ярославцев Н. А., Приходько С. В. Исследования свойств информационно-структурированной воды (ИСВ) «А-Вита ХЗ» как средства защиты организма человека от ЭМИ // Электромагнитные излучения в биологии. Труды IV международной конференции. Калуга, Россия, 21-23.
51. Косов А. А., Ярославцев Н. А., Приходько С. В., Ларионов Ю. С. Метод компенсации патологий живых организмов при электромагнитном воздействии // Электромагнитные

- излучения в биологии. Труды IV международной конференции. Калуга, Россия, 21-23 октября 2008. Калуга: Изд-во КГПУ им. К. Э. Циолковского, 2008. С. 178-184.
52. Кравченко Ю. П. Опыт использования приборов ИГА-1 для геоэкологических исследований и подземной разведки // Геодинамика и сейсмичность Средиземноморско-Черноморско - Каспийского региона: тезисы докладов Международного семинара. Евро-Ази-атское Геофизическое общество, Краснодарское краевое отделение ЕАГО, г. Геленджик, 2006.
53. Красильников В. А., Звуковые и ультразвуковые волны в воздухе, воде и твердых телах, 3-е изд., Физматгиз, 1960.
54. В.И. Кузнецов "Свет" - М.: "Педагогика", 1977.
55. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей. Биофизика. М: Наука, 1996, Т.41, Вып.1. С.224.
56. Любимов В.В. Искусственные и естественные электромагнитные поля в окружающей человека среде и приборы для их обнаружения и фиксации. Препринт No.11 (1127) Троицк: ИЗМИРАН, 1999. - 28 с.
57. Любимов В.В. Биотропность естественных и искусственно созданных электромагнитных полей. Аналитический обзор. Препринт No.7 (1103) М.: ИЗМИРАН, 1997. - 85 с.
58. Львович М.И. Вода и жизнь: Водные ресурсы, их преобразование и охрана. М., 1986.
59. Львович А.И. Защита вод от загрязнения. Л., 1977.
60. Ludwig W. Wasser als Informationsstraeger Biol Med 2002. №3. С. 150-154.
61. Луговенко В. Н. Мониторинг реакций человека, отражающих «дыхание Земли» за период 1992-2003 гг // Гелиогеофизические факторы и здоровье человека: Материалы международного симпозиума / Под ред. В. Ю. Куликова. Новосибирск: ООО «РИЦ», 2005. С., 142-144.
62. Малахов Г.П. Электромагнитное излучение и ваше здоровье.-СПб.: ИК «Невский проспект», 2003.-128 с.
63. Марков В.В. Основы здорового образа жизни и профилактика болезней: Учебное пособие для студ. высш.пед.учебн.заведений – М.: Издательский центр «Академия», 2001 – 302 с.
64. Маркова Б.В. Современные проблемы экологии человечества. - М: Инфра - М, 2006. - 78 стр.



65. Можейко М. А. Информация. Новейший философский словарь / Сост. и гл. науч. ред. А., Грецианов. 3-е изд., испр. Мн.: Книжный дом, 2003. С. 431-434.
66. Маврищев В.В. Основы экологии: Учебник / В.В. Маврищев. - Мн.: Выш. шк., 2003. - 416 с. . Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие для вузов, средних школ и колледжей. - 3-е изд., испр. и доп. / Ю.В. Новиков. - М.: ФАИР-ПРЕСС, 2005. - 736 с.
67. Маркова Б.В. Современные проблемы экологии человечества. - М: Инфра - М, 2006. - 78 стр.
68. Медведев А.В. Влияние конструктивных параметров плоского воздушного гелиоколлектора на его эффективность// Вестник Московского энергетического института. 1995. № 5. С 25 – 30.
69. Негода А.А., Сорока С.А. Акустический канал космического влияния на биосферу Земли., Космічна наука і технологія, 2001, т.7, №5/6, с.85-93.
70. Некипелова О.О. Шум, как экологический фактор среды обитания. // Современные наукоемкие технологии. - 2004 г. - № 2. - с.157 - 158.
71. Некипелов М.И. Интенсивность транспортного шума в Иркутске и его гигиеническая оценка // Гигиена и санитария. - 1971г. - № 8. - с. 29 - 33.
72. Некипелов М.И. Пролетный шум самолетов и субъективная оценка его беспокоящего действия // Акустический журнал АН СССР. - 1972. - Т. ХУШ. Вып. 1. - с 74-81.
73. Некипелов М.И. Гигиеническая оценка шумового режима городов Восточной Сибири в зависимости от их планировочных решений и организации транспортного движения //Гигиенические аспекты снижения шума в районах новой застройки. - Москва, 1979 г. - с. 51 - 55.
74. Овсянников Е.М., Пшеннов В.Б., Аббасов Э.М. Экономический эффект в результате перехода к пошаговому режиму слежения гелиоустановки за Солнцем// Промышленная энергетика., 2007. № 9. С. 51 – 53.
75. Орлов Л.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 2002. 334 с.
76. Основы валеологии ( под ред. Акад. В.П.Петленко) – Кн.1: Киев, Олимпийская литература, 1998 – 435 с.
77. Popp F. A. Electromagnetic control of cell processes // Interaction of nonizing electromagnetic radiation. With Living systems. Paris, 1979. P. 137-143.

78. Пабат А.А. Экономические перспективы энергетических технологий XXI века// Энергия Экономика Техника Экология. 2007. № 5. С. 18 – 25.
79. Павленко А. Р. Компьютер, мобильный... и здоровье. Решение проблемы. 5-е изд., перераб. и до-полн. К.: Основа, 2007.
80. Петров Н. В., Третьяков М. М. Светомбр (светомагнитно-биологический ритм жизни Вселенной). СПб.: Изд. Медицинская пресса, 2006.
81. Перцик Е.Н. Города мира. География мировой урбанизации. Москва: Международные отношения, 1999. 384 с.
82. Пахомова Н.Ю. Метод учебного проекта в образовательных учреждениях. – М., 2005.
83. Перцик Е.Н. Города мира. География мировой урбанизации. Москва: Международные отношения, 1999. 384 с.
84. Пресман А.С. Электромагнитная сигнализация в живой природе. М.:Наука, 2004. – 143 с.
85. Пресман А.С. Электромагнитное поле и жизнь. М.: Наука 2003. - 215 с.
86. Рудник В. А. Зоны геологической неоднородности земной коры и их воздействия на среду обитания // Вестник РАН. 1996. № 8,С. 713-719.
87. Сальников В. Н., Потылицына Е. С. Геология и самоорганизация жизни на Земле / Под ред. В., П. Пар-начева. Томск: STT, 2008.
88. Солонина Ю.Н. Экология и человек. - М: Просвещение, 2002. - 165 стр.
89. Сивков В.П. Экология человека. - М.: Проспект, 2004. - 126 стр.
90. Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Свойства биосферы и ее внешние связи. – С.-Пб: Гидрометеиздат. 1992. Т.1. 288 с.
91. Сомов А.Ю., Макаров В.З., Пролеткин И.В., Чумаченко А.Н.. Проблемы электромагнитного загрязнения окружающей среды // [http://www.sgu.ru/ogis/gis\\_otd/publ54.htm](http://www.sgu.ru/ogis/gis_otd/publ54.htm).
92. Сорока С.А Солнечная активность и инфразвуковые колебания в атмосфере Земли. Тезисы докладов третьей Всероссийской научной конференции “Физические проблемы экологии (экологическая физика)”. Москва, 2001, с.48-49.
93. Стырикович М.А. ЭНЕРГЕТИКА проблемы и перспективы/ М.А. Стырикович, Э.Э., Шпильрайн. М.: Энергия, 1981. 192 с.
94. Стребков Д.С. О развитии солнечной энергетики в России// Теплоэнергетика. 1994. № 2. С 53 – 60.
95. Тимофеев А. К., Звукоизоляция в жилищном строительстве, М., изд-во «Знание», 1956.

96. Тиндаль Д., Звук, М., Госиздат, 1922.
97. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. Пособие для вузов. – 7-е изд., стер.- М.: Высш. Шк., 2003.- 541 с.
98. Филин В.А. Архитектура как проблема видеоэкологии. М: ВНИИТАГ, 1990. — 225 с.
99. Филин В.А. Видеоэкология. М: ТАСС-Реклама, 1997. — 317 с.
100. Филин В.А. Видимая среда в городских условиях как экологический фактор. М: Наука, 1990., — 219 с.
101. Филин В.А. Видеоэкология и архитектура. М: МЦВ,1995. — 52 с.
102. Филин В.А. Закономерности саккадической деятельности глазодвигательного аппарата., Автореферат дис. д-ра биол. наук М: 1987. — 44 с.
103. Флеминг Дж., Волны в воде, воздухе и эфире, М. — Л., изд-во АН СССР, 1937.
104. Фюрон Р. Проблема воды на земном шаре. Л., 1966.
105. Хата З.И. Здоровье человека в современной экологической обстановке – М., ФАИР-ПРЕСС, 2001-208 с.
106. Хорбенко И.Г. Звук, ультразвук, инфразвук. – М., 1986.
107. Хван Т.А.,Хван П.А. Безопасность жизнедеятельности. Серия «Учебники и учебные пособия», Ростов н/Д: «Феникс», 2003.
108. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая без-опасность. – М., 2002.
109. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность: Учеб. пособие для студ. высш. пед., учеб. заведений. - 2-е изд., перераб. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 480 с.
110. Хаккен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам, Пер. с англ. М.: Ком. Книга, 2005.
111. Хартман Э. Заболевание как проблема местонахождения. 3-е изд. Гейдельберг: Хаук, 1976.
112. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат, 1991. 208 с.
113. Чернавский Д. С. Синергетика и информация (динамическая теория информации). Изд. 2-е, М.: Едиториал УРСС, 2004.
114. Шадрина А. В., Колясников В. А. Формирование системы комплексного обеспечения безопасности в градостроительстве // Академический вестник УралНИИпроекта РААСН, 2009. № 2. С. 12-15.

115. Щукина Т.В., Чудинов Д.М. Исследование эффективности энергоактивных ограждений для пассивного солнечного отопления// Промышленная энергетика. 2007. № 8. С. 52 – 54.
116. Экология: Учебное пособие / Под ред. проф. В.В. Денисова. - 2-е изд., исправленное и дополненное. - Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону, 2004. - 672 с.
117. Электромагнитные поля и здоровье // <http://www.pole.com>.
118. Электромагнитные поля радиочастот // <http://www.vrednost.ru/>.
119. Электромагнитное загрязнение атмосферы // <http://ecoera.ucoz.ua/publ/5>.
120. Экология крупного города (на примере Москвы). Учебное пособие. Москва: Изд-во "ПАСЬВА", 2001. 192 с.
121. Экологическое состояние территории России. Учебное пособие. Москва: АСАДЕМА, 2002, 128 с.
122. Экология крупного города (на примере Москвы). Учебное пособие. Москва: Изд-во "ПАСЬВА", 2001. 192 с.
123. Яницкий О.Н. Россия: экологический вызов (общественные движения, наука, политика), Новосибирск: Сибирский хронограф, 2002. 426 с.
124. Ярославцев Н. А. Индикация растениями вертикальных составляющих природных геофизических аномалий // Биогеофизический метод. Современные исследования. Сборник научных трудов под ред. О. А. Исаевой. М.: МНТО РЭС им. А. С. Попова, 2008. С. 74-83.
125. Янтовский Е.И. Потоки энергии и эксергии. М.: Наука, 1988. 144 с.
126. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>.
127. <http://www.eco.nw.ru/lib/data/03/4/020403.htm>.
128. <http://www.sblogg.ru/saratovskijj-gosudarstvennyjj-universitet-imeni-n-g-chernyshevskogo-referat-po-discipline-bezopasnost-zhiznedeyatelnosti-na-temu-ehlektromagnitnoe-zagryaznenie-okruzhayushhejj-sredy-i-ego-dejjs.html>.
129. <http://www.ecofaq.ru/biblioteka/knigi/yekologija-ea-pyshnenko-kurs-lekcii.html>.
130. [http://www.erudition.ru/referat/ref/id.3480\\_1.html](http://www.erudition.ru/referat/ref/id.3480_1.html).
131. Kalita B., Mezentcev V., Soroka S. Electromagnetic responses during acoustic disturbance in atmosphere. III International Workshop on Magnetic and Electromagnetic Methods in Seismology and Volcanology (MEEMSV-2002). Moscow, 2002, p.205.

132. Soroka S.A. To Galperin-Hayakava Model of Influence of Ground Acoustic disturbance on Ionosphere. International Symposium in memory of Professor Yuri Galperin. Aural Phenomena and Solar-Terrestrial Relations. Moscow, 2003, p.101.
133. V. Rakov, M. Uman. Lightning. Physics and effects. 2003. Cambridge University Press. 687 p.
134. N. L. Aleksandrov, E. M. Bazelyan, F. D'Alesandro and Yu. P. Raizer. Dependence of lightning rod efficacy on its geometric dimension — computer simulation/ J. Phys. D: Appl. Phys. 2005. Rison. Experimental validation of conventional and non-conventional lightning protection systems, 2003. Report on Conf. IEEE. Toronto, Canada.
135. C. Moore, G. Aulich and W. Rison. Measurement of lightning rod responses to nearby strikes. / Geophys. Res. Let. 2000, 27, P. 3201-3204.
136. D.A. Rusak, B.C. Castle, B.W. Smith, J.D. Winefordner Recent trends and the future of laser - induced plasma spectroscopy. // Trends in analytical chemistry. v. 17. n. 8+9. 1998. p. 453-461.
137. Doxiadis C. Ekistics: an introduction to the science of human settlements. L.: Hutchinson, 1968. — 528.

შესავალი.....	3
თავი 1	
1.1. გარემოს დაბინძურება.....	6
1.2. გარემოს დაბინძურების სახეები.....	7
1.3. გარემოს დაბინძურების წყაროები.....	10
1.4. ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება.....	12
1.5. გარემოს ფიზიკური დაბინძურება.....	12
1.6. გარემოზე ანთროპოგენული ზემოქმედება.....	15
1.7. გარემოს ანთროპოგენული დაბინძურება.....	20
თავი 2	
2.1. დედამიწის სფეროები.....	21
2.2. ტექნოსფერო.....	22
2.3. ტექნოსფეროს ნეგატიური ფაქტორები. ნეგატიური ფაქტორების წარმოქმნის მიზეზები.....	23
2.4. საწარმოების მიერ გარემოს დაბინძურება.....	24
2.5. ნარჩენები - ტექნოსფეროს ნეგატიური ფაქტორების წყაროები.....	27
2.6. მყარი ნარჩენები.....	28
2.7. მტვერი.....	32
2.8. მტვრის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.....	39
2.9. სმოგი.....	41
2.10. აეროზოლები.....	41
თავი 3	
3.1. ატმოსფერო და მისი დაბინძურება.....	46
3.2. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება.....	49
3.3. ქალაქი და ატმოსფერული ჰაერი.....	50
3.4. ატმოსფეროს ჰაერის თვითგაწმენდა.....	53
3.5. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ჰიგიენური მნიშვნელობა.....	54

თავი 4	
4.1.	ჰიდროსფერო და მისი დაბინძურება.....54
4.2.	მიწისზედა წყლების დაბინძურება.....55
4.3.	წყლის დაბინძურების წყაროები.....59
4.4.	ევტროფიკაცია.....64
4.5.	ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვება წყალში.....65
4.5.	წყლის რადიოაქტიური დაბინძურება.....67
4.6.	წყლის გაწმენდა და მომზადება. საკანალიზაციო სისტემები.....67
4.7.	სამრეწველო საწარმოებში წყლის მეურნეობა.....68
4.8.	ჩამდინარე წყლების გაწმენდა.....71

თავი 5	
5.1.	ლითოსფერო. ნიადაგი.....81
5.2.	მიწის საფარის დაბინძურება.....85
5.3.	ნიადაგის დაბინძურების წყაროების კლასიფიკაცია.....89
5.4.	საყოფაცხოვრებო ნაგავი.....90
5.5.	საყოფაცხოვრებო ნაგავის უტილიზაცია.....91
5.6.	ნიადაგის დაბინძურება სოფლის მეურნეობის მიერ.....93
5.7.	ნიადაგის დაბინძურება მძიმე ლითონებით.....95
5.8.	სანქცირებული ნაგავსაყრელები და პოლიგონები.....96
5.9.	ნაგავის დაწვა.....98
5.10.	ნარჩენების გადამუშავების ტექნოლოგიები.....98
5.11.	უნარჩენო წარმოება.....102
5.12.	ქალაქის ნიადაგი.....103
5.13.	ბირთვული ნარჩენები.....104
5.14.	ნიადაგის თვითგაწმენდის პროცესები.....105
5.15.	კოსმოსური ნაგავი დედამიწისახლო სივრცეში.....105

თავი 6	
6.1.	გარემოს ენერგეტიკული დაბინძურება.....106
6.2.	ტექნიკური სისტემების ენერგეტიკულ ზემოქმედებათა იდენტიფიკაცია.....108
6.3.	თბური დაბინძურება და მისი წყაროები.....111
6.4.	თბური დაბინძურების შედეგები.....114
6.5.	თბური შოკი.....115
6.6.	ატმოსფეროს დაცვა თბური დაბინძურებისაგან.....117
6.7.	მწვანე ნარგავების გავლენა თბურ დაბინძურებაზე.....118
6.7.1.	ნარგავების გავლენა ჰაერის ტენიანობაზე.....119
6.7.2.	ნარგავების გავლენა ჰაერის ძვრადობაზე.....119
6.7.3.	ნარგავების გავლენა ჰაერის შემადგენლობასა და სისუფთავეზე.....119
6.8.	ენერჯის ალტერნატიული წყაროები.....122
6.8.1.	ქარის ენერჯია.....124
6.8.1.	წყლის ენერჯია.....126
6.8.3.	მოქცევისა და მიქცევის ენერჯია. მოქცევის ენერგეტიკა.....127
6.8.4.	ტალღების ენერჯია.....128
6.8.5.	მზის სინათლის ენერჯია.....129
6.8.6.	გეოთერმული ენერჯია.....133
6.8.7.	ენერჯის განახლებადი წყაროების მხარდამჭერი ღონისძიებები.....134

თავი 7	
7.1.	გარემოს დაბინძურება ხმაურით.....135
7.2.	გარემოს დაბინძურება სმენადი ხმაურით.....138
7.3.	ხმაურის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.....152
7.4.	რისკის ჯგუფები.....161
7.5.	ხმაურის წყაროები.....164
7.5.1.	ქალაქის ხმაურის წყაროები.....165
7.5.2.	ხმაურის ანტროპოგენული წყაროები.....167
7.6.	ხმაურის გავრცელება ატმოსფეროში.....166
7.7.	ხმაურისგან დაცვა.....173

7.7.1.	მოსახლეობის დაცვა ტრანსპორტის ხმაურისგან.....	173
7.7.2.	მოსახლეობის დაცვა საწარმოო ხმაურისაგან.....	182
თავი 8		
8.1.	გარემოს დაბინძურება ვიბრაციით.....	187
8.2.	სამრეწველო ვიბრაცია.....	189
8.3.	ხმაურთან შერწყმული ვიბრაცია.....	190
8.4.	ვიბრაციის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.....	191
8.5.	ვიბრაციის მოქმედება გარემოზე.....	193
8.6.	ვიბრაციის ნორმირება და კონტროლი.....	193
8.7.	გარემოს დაცვა ხმაურისა და ვიბრაციისგან.....	195
8.8.	შრომისა და დასვენების ორგანიზაცია.....	196
8.9.	ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები.....	197
თავი 9		
9.1.	გარემოს დაბინძურება ინფრაბგერული ტალღებით.....	198
9.2.	ინფრაბგერა ბუნებაში.....	199
9.3.	ინფრაბგერის ხელოვნური წყაროები.....	202
9.4.	ინფრაბგერის გავლენა ადამიანის ორგანიზმზე.....	204
9.5.	ინფრაბგერული იარაღი.....	212
9.6.	ინფრაბგერასთან ბრძოლის ღონისძიებები.....	212
თავი 10		
10.1.	გარემოს დაბინძურება ულტრაბგერით.....	213
10.2.	ულტრაბგერული კავიტაცია.....	214
10.3.	ულტრაბგერის გამოყენება.....	215
10.4.	ულტრაბგერის მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.....	217
თავი 11		
11.1.	გარემო და ელექტრომაგნიტური გამოსხივება. პრობლემის საერთო მდგომარეობა.....	221
11.2.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივება –21-ე საუკუნის საფრთხე.....	223
11.3.	ელექტრომაგნიტური სმოგი.....	224
11.4.	ელექტრომაგნიტური ველი, მისი სახეები და კლასიფიკაცია.....	225
11.5.	ელექტრომაგნიტური ველები და გამოსხივება.....	231
11.6.	გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების სახეები და მასშტაბები.....	234
11.7.	ელექტრომაგნიტური დაბინძურების წყაროები და მასშტაბები.....	236
11.8.	გარემოს ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემის თანამედროვე მდგომარეობა.....	238
11.9.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივების რეგულირების ასპექტები.....	239
11.9.1.	ეკონომიკური ასპექტები.....	239
11.9.2.	ეკოლოგიური ასპექტები.....	240
11.9.3.	სოციალურ-პოლიტიკური ასპექტები.....	240
11.10.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ბუნებრივი წყაროები.....	241
11.11.	ელექტრომაგნიტური ველის ბუნებრივი წყაროების დახასიათება.....	242
11.11.1.	ატმოსფერული ელექტრობა.....	242
11.11.2.	მზისა და გალაქტიკის რადიოგამოსხივება.....	243
11.11.3.	დედამიწის მაგნიტური ველი –გეომაგნიტური ველი.....	243
11.11.4.	დედამიწის ელექტრული ველი.....	244
11.11.5.	პლანეტის ელექტრომაგნიტური ველი.....	246
11.11.6.	პლანეტის ელექტრომაგნიტური ველი.....	247
11.12.	ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური გამოსხივება – დასახლებული სივრცის ეკოლოგიური ფაქტორი.....	248
11.13.	ტექნოგენური ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროები.....	253
11.14.	ტექნიკური საშუალებების განვითარების ტენდენციები.....	255
11.15.	დაბალსიხშირული ელექტრომაგნიტური გამოსხივება (0–3 კჰც).....	259
11.16.	მაღალსიხშირული ელექტრომაგნიტური გამოსხივება (3–300 კჰც).....	260
11.17.	რადიოსიხშირის ელექტრომაგნიტური ველები.....	262
11.18.	ტელე- და რადიოსადგურები.....	265

11.19.	თანამგზავრული კავშირი.....	267
11.20.	ფიჭური კავშირი.....	268
11.21.	საბაზო სადგურები.....	269
11.22.	მობილური ტელეფონები.....	271
11.23.	მობილური რადიოტელეფონები.....	274
11.24.	რადარები.....	275
11.25.	ელექტროტრანსპორტი და ელექტროგადამცემი სახეები.....	276
11.26.	ელექტროსადენი.....	277
11.27.	საყოფაცხოვრებო ელექტროტექნიკა.....	277
11.28.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივების შესაძლო ბიოლოგიური ეფექტები.....	285
11.29.1.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი.....	286
11.29.2.	სხვა სამედიცინო-ბიოლოგიური ეფექტები.....	290
11.29.3.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.....	291
11.29.4.	რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური ველების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.....	294
11.30.	სამრეწველო სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველები.....	297
11.31.	პროფესიული ელექტრომაგნიტური დასხივება.....	297
11.32.	არაპროფესიული ელექტრომაგნიტური დასხივება.....	298
11.33.	საყოფაცხოვრებო და სამოქალაქო დასხივება.....	298
11.34.	რისკის ჯგუფები ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ზემოქმედებისას.....	308
11.35.	რეკომენდაციები.....	311
11.36.1.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისაგან დაცვის წესები.....	312
11.36.2.	საყოფაცხოვრებო ხელსაწყოების გამოსხივებისაგან დაცვა.....	312
11.36.3.	რეკომენდაციები მობილური ტელეფონით სარგებლობისას.....	313
11.36.4.	საყოფაცხოვრებო ტექნიკა და ექსპლუატაციისას უსაფრთხოების ღონისძიებები.....	314
11.37.	მოსახლეობის უსაფრთხოების უზრუნველყოფის პრინციპები.....	315
11.38.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სანიტარიულ-ჰიგიენური ნორმირება.....	317
11.39.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივების საშიში მოქმედებისაგან დაცვის პროგრამული და პრაქტიკული ღონისძიებები.....	319
11.40.1.	ელექტრომაგნიტური საფრთხის შესამცირებელი პროგრამული ღონისძიებები.....	320
11.40.2.	დასახლებული ტერიტორიების სივრცეში ელექტრომაგნიტური გამოსხივების საფრთხის შემცირების არქიტექტურულ-დაგეგმარებითი და სამშენებლო სისტემები.....	321
11.40.3.	ელექტრომაგნიტური გამოსხივების მოქმედებისგან დაცვის პრაქტიკული ღონისძიებები.....	323
11.40.4.	ფიჭური ტელეფონების გამოსხივებისგან დაცვა.....	328
11.40.5.	ელექტრომაგნიტური ველების მანე ზემოქმედებისაგან დაცვის საშუალებები.....	330
11.40.6.	ელექტრომაგნიტური დაბინძურების პრობლემის გადაწყვეტა.....	339
თავი 12		
12.1.	გარემო და სინათლე.....	340
12.2.	გარემოს დაბინძურება ოპტიკური გამოსხივებით.....	344
12.3.	სინათლე როგორც ეკოლოგიური ფაქტორი.....	347
12.4.	ინათლის ძირითადი მახასიათებლები.....	349
12.5.	განათების და სასინათლო გარემოს მახასიათებლები.....	350
12.6.	ხილული სინათლის გამოსხივება.....	356
12.7.	გარემოს დაბინძურება ხილული სინათლით. სინათლის სმოგი.....	359
12.8.	სინათლის მოქმედება გარემოზე.....	368
12.9.	მუდმივი განათების ბიოლოგიური ეფექტი.....	363
12.10.	“შინაგანი საათების” გენების მუტაციები.....	367
12.11.	მელატონინის ანტისტრესორული ეფექტები.....	367
12.12.	მელატონინი, დაბერება და სიმსივნის განვითარება.....	368



12.13. სინათლით დაბინძურების სხვა შედეგები.....	369
12.14. პრობლემის მასშტაბურობა.....	372
12.15. სინათლით დაბინძურების შემცირების გზები.....	384
12.16. განათების ეკოლოგიური ნორმირების კრიტერიუმები.....	389
თავი 13	
13.1. ინფრაწითელი და ულტრაისფერი გამოსხივება ულტრაისფერი გამოსხივება.....	390
13.2. გარემოს დაბინძურება ულტრაისფერი გამოსხივებით.....	391
13.3. ულტრაისფერი გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი.....	392
13.4. ულტრაისფერი გამოსხივების საწარმოო წყაროები.....	396
13.5. ოზონის სერელები.....	397
13.6. ინფრაწითელი გამოსხივება.....	399
13.7. ინფრაწითელი გამოსხივების გამოყენების სფეროები.....	401
13.8. ინფრაწითელი გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი.....	402
13.9. ინფრაწითელი გამოსხივებისაგან დაცვა.....	404
თავი 14	
14.1. გარემოს რადიაქტიური დაბინძურება.....	406
14.2. მაიონიზებული გამოსხივების სახეები.....	408
14.3. ძირითადი ცნებები.....	411
14.4. რადიაციის ბუნებრივი წყაროები.....	413
14.5. კოსმოსური გამოსხივება.....	415
14.6. დედამიწის გამოსხივება.....	417
14.7. შინაგანი დასხივება.....	418
14.8. რადონი.....	420
14.9. რადიაციის სხვა წყაროები.....	425
14.10. სამშენებლო მასალების ბუნებრივი რადიაქტიურობა.....	428
14.11. სამშენებლო მასალების ტექნოგენური რადიაქტიურობა.....	429
14.12. ადამიანის მიერ შექმნილი რადიაქტიური წყაროები.....	431
14.13. მედიცინაში გამოყენებული რადიაქტიური წყაროები.....	431
14.14. ბირთვული აფეთქებები.....	432
14.15. ატომური ენერგეტიკა.....	433
14.16. „ავარიის რისკი „.....	437
14.17. ატომურ ელექტროსადგურზე ავარია და მისი პროფილაქტიკა.....	437
14.18. მაიონიზებული გამოსხივების ბიოლოგიური ეფექტი.....	442
14.19. მაიონიზირებული გამოსხივების ნორმირება.....	447
14.20. მაიონიზირებული გამოსხივების მოქმედებისაგან დაცვა.....	449
14.21. რადიაქტიურ ნივთიერებათა შენახვა, აღრიცხვა და გადაზიდვა. ნარჩენების ლიკვიდაცია.....	451
14.22. დოზიმეტრიული კონტროლი.....	453
14.23. ინდივიდუალური დაცვის საშუალებები. პირადი ჰიგიენა.....	454
15. თავი	
15.1. ლაზერული გამოსხივება.....	459
15.2. ლაზერული გამოსხივების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე.....	464
15.3. ლაზერის გამოსხივებისაგან დაცვა.....	468
თავი 16	
16.1. ვიდეოდაბინძურება და ვიდეოეკოლოგია.....	471
16.2. ვიდეოდაბინძურების შემცირების ღონისძიებები.....	473
თავი 17	
17.1. გარემოს დაბინძურება და ადამიანის ჯანმრთელობა.....	480
17.2. ნეგატიური ფაქტორების ზემოქმედება ადამიანზე და გარემოზე. ადამიანის მიერ გარემოს მდგომარეობის აღქმის სისტემები.....	481

17.3. ორგანიზმის დაცვის ბუნებრივი სისტემები.....	481
გამოყენებული ლიტერატურა.....	486