

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ც. თურქაძე, ბ. ბუცხრიკიძე

გარემოს დაცვა და ბუნებათსარგებლობის
ეკოლოგია

სალექციო კურსის სახელმძღვანელო

პირველი ნაწილი

2008

ლექციების კურსი „გარემოს დაცვა და ბუნებათსარგებლობა“ სამი ნაწილისაგან შედგება. თითოეულ ნაწილში სალექციო მასალა გადმოცემულია გარემოს დაცვასა და ბუნებათსარგებლობის სფეროში მსოფლიოში გამოყენებული თანამედროვე მიდგომებისა და საქართველოს გარემოსდაცვითი კანონმდებლობის გათვალისწინებით.

პირველი ნაწილში ვრცლადაა წარმოდგენილი გარემოს გაჭუჭყიანების პრობლემატიკა, გარემოს დაცვის ნორმები და პრიორიტეტული ტოქსიკანტების დახასიათება.

ლექციების კურსი განკუთვნილია გარემოს დაცვისა და ეკოლოგიის სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

რეცენზენტი: პროფ. ა. მახარაძე

ს ა რ ჩ ე ვ ი

	83
<u>ლექცია I</u>	
გარემოს დაცვისა და ბუნებათსარგებლობის საგანი და მიზნები	7
<u>ლექცია II</u>	
ბუნებრივი რესურსები და ბუნებათსარგებლობა. ბუნებრივი გარემო, ბუნებრივი რესურსები და ბუნებრივი პირობები	12
ბუნებრივი რესურსების კლასიფიკაცია	13
ბუნებათსარგებლობის მიზნები და ამოცანები	20
რაციონალური ბუნებათსარგებლობისა და გარემოს დაცვის პრინციპები, მათი კავშირი ეკოლოგიის ძირითადი კანონებთან	22
<u>ლექცია III</u>	
გარემოს გაჭუჭყიანება. პოლუტანტები და ეკოტოქსიკანტები	30
<u>ლექცია IV</u>	
გარემოს დაცვის ნორმები	35
გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმები	36
ზღვრულად დასაშვები ნორმები	37
გარემოში ქიმიურ საშუალებათა გამოყენების ნორმები	47
გარემოზე დატვირთვის ნორმები	48
ეკოლოგიური მოთხოვნები პროდუქციისადმი	48
ნივთიერებათა საშიშროების მაჩვენებლები	49
<u>ლექცია V</u>	
გარემოს ქიმიური გამაჭუჭყიანებლები	51
არაორგანული პოლუტანტები	52
ნახშირბადის ოქსიდები	54
გოგირდის დიოქსიდი	55
აზოტის ოქსიდები	57
<u>ლექცია VI</u>	
ოზონი	58
სმოგი	59
მყარი შეწონილი ნაწილაკები (PM ₁₀ და PM _{2.5})	63
<u>ლექცია VII</u>	
მძიმე ლითონები	65
დარიშხანი	67
ტყვია	67
ვერცხლისწყალი	70
კადმიუმი	72
ნიტრატები	74
<u>ლექცია VIII</u>	
ორგანული ეკოტოქსიკანტები	78
სინთეზური ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებები (ზანი)	78
ქლორირებული ალკანები და ალკენები	81

არომატული და პოლიარომატული ნახშირწყალბადები	
არომატული ნახშირწყალბადები - ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები	83
პოლიარომატული ნახშირწყალბადები	84
<u>ლექცია IX</u>	
მდგრადი ორგანული პოლუტანტები	87
დიოქსინები	88
პოლიქლორირებული ბიფენილები	94
<u>ლექცია X</u>	
პესტიციდები, ქლორორგანული პესტიციდები	95
ქლორირებული ბენზოლები	100
<u>XI ლექცია</u>	
ანთროპოგენური ზემოქმედება ატმოსფეროზე	102
ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროები	103
ატმოსფეროს გლობალური გაჭუჭყიანების ეკოლოგიური შედეგები	105
კლიმატის შესაძლებელი დათბობა („სათბურის ეფექტი“), გამომწვევი მიზეზები, შედეგები და გარემოსდაცვითი ღონისძიებანი	105
<u>XII ლექცია</u>	
“ოზონის ხვრელები“ - გამომწვევი მიზეზები, შედეგები და გარემოსდაცვითი ღონისძიებანი	111
<u>XIII ლექცია</u>	
მჟაური წვიმები - გამომწვევი მიზეზები, შედეგები და გარემოსდაცვითი ღონისძიებანი	117
ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით გაჭუჭყიანებისაგან დაცვის სისტემა	122
<u>XIV- XV ლექცია</u>	
ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმები	125
საჰაერო აუზის დაცვა წარმოების მავნე გამონატყორცნებისაგან	129
გამოყენებული ლიტერატურა	148

შემოკლებული აღნიშვნები

RfD (*Reference Dose*) - რეკომენდებული დოზა

2,3,7,8-TCDD - 2,3,7,8-ტეტრაქლორდიბენზოდიოქსინი

2,4-D - 2,4-დიქლორფენოქსიმმარმჟავა

BTEX - ბენზოლის, ტოლუოლის, ეთილბენზოლისა და ქსილოლის ნარევი

CFCs - ქლორფტორნახშირბადები ანუ ე.წ. ფრეონები

PAHs (*Polycyclic aromatic hydrocarbons*) - პოლიციკლური არომატული
ნახშირწყალბადები

PCB (*polychlorinated biphenyl*) - პოლიქლორირებული ბიფენილები

POPs (*persistent organic pollutants*) - მდგრადი ორგანული პოლუტანტები

ppb (*part per billion*) - ერთი მემილიარდედი ნაწილი

ppm (*part per million*) - ერთი მემილიონედი ნაწილი

ppt (*part per trillion*) - ერთი ტრილიონედი ნაწილი

RfC (*Reference Concentration*) - რეკომენდებული კონცენტრაცია

US EPA - აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტო

WHO - მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის

ადი - ატმოსფეროს დაბინძურების ინდექსი

ზან - ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები

ზდდ - ზღვრულად დასაშვები დონე

ზდკ - ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია

კურსის მიზნები

გარემოს დაცვა - წარმოადგენს სახელმწიფოებრივი და საზოგადოებრივი ღონისძიებების (ტექნოლოგიური, ეკონომიკური, ადმინისტრაციულ-სამართლებრივი, საგანმანათლებლო, საერთაშორისო) სისტემას, რომელიც მიმართულია საზოგადოებისა და ბუნების ჰარმონიულ დამოკიდებულებაზე, მოქმედი ეკოლოგიური თანასაზოგადოებებისა და ბუნებრივი რესურსების დაცვაზე და აღდგენაზე.

გარემოსა დაცვა მჭიდროდაა დაკავშირებული ბუნებათსარგებლობასთან - საზოგადოებრივ-სამრეწველო მოღვაწეობა, რომელიც მიმართულია საზოგადოების მატერიალური და კულტურული მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებისადმი სხვადასხვა სახის ბუნებრივი რესურსისა და ბუნებრივი პირობების გამოყენების გზით.

კურსის მიზანია:

- მომავალი ბაკალავრის პროფესიული მოღვაწეობის ფორმირება გარემოს დაცვისა და ბუნებათსარგებლობის კონკრეტული ამოცანების გადაწყვეტისას მიღებული თეორიული ცოდნის საფუძველზე.
- სტუდენტს მისცეს საკმარისი თეორიული და პრაქტიკული ცოდნა შემდეგი საკითხების შესახებ:
 - თანამედროვეობის ძირითადი ეკოლოგიური პრობლემები და გარემოსდაცვითი ღონისძიებები;
 - გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედება;
 - გარემოს დაცვის ტექნიკისა და ტექნოლოგიების გამოყენება, მათი განვითარების პერსპექტივის საფუძველები;
 - რაციონალური ბუნებათსარგებლობის პრინციპები და ამოცანები;
 - გარემოს დაცვისა და რაციონალური ბუნებათსარგებლობის სფეროში არსებული სამართლებრივი და ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაცია.

სწავლის შედეგები

სწავლის პროცესის დასრულების შემდეგ უნდა იცოდეს:

- თანამედროვეობის ძირითადი ეკოლოგიური პრობლემები და გარემოსდაცვითი ღონისძიებები, გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგები;
- რაციონალური ბუნებათსარგებლობის პრინციპები და ამოცანები;
- სამართლებრივი და ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაცია გარემოს დაცვისა და რაციონალური ბუნებათსარგებლობის სფეროში.

საგანზე დაფუძნებული კომპეტენციები:

- გამომყდავნოს პრაქტიკული უნარ-ჩვევები სპეციალობის მიხედვით სამუშაოდ;
- შეძენილი ცოდნის საფუძველზე გამოიმუშაოს და დამოუკიდებლად მიიღოს სწორი გადაწყვეტილება გარემოს დაცვისა და ბუნებათსარგებლობის საკითხებზე;
- აქტიური მონაწილეობა მიიღოს (შეძლებიდაგვარად დამოკიდებელიც) ლოკალური და რეგიონალური კონკრეტული გარემოსდაცვითი ღონისძიებების ორგანიზებაში; სწორად შეაფასოს გარემოში მიმდინარე ბუნებრივი პროცესები; სწორად შესაფასოს მოცემული ტერიტორიის ბუნებრივი რესურსების პოტენციალი;
- აქტიური მონაწილეობა მიიღოს კვლევით სამუშაოებში, პროექტებისა და პროგრამების შექმნაში, ბუნებისდაცვითი მოწყობილობების გამოცდასა და დანერგვაში;
- შეეძლოს ეკოლოგიური უსაფთხოებისა და რაციონალური ბუნებათსარგებლობის დარგში სამართლებრივი და ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაციის, სხვადასხვა ლიტერატურის, ცნობარებისა და გამოცემების გამოყენება.

გარემოს დაცვა და ბუნებათსარგებლობა გარემოს დაცვა და ბუნებათსარგებლობა - საგანის არსი და მიზნები

XX საუკუნის 50-იან წლებში მსოფლიო სერიოზულად პირველად შეშფოთდა ინდუსტრიული მრეწველობის მიერ გამოწვეული გაჭუჭყიანების ზეგავლენის საშიშროებით ადამიანთა ჯანმრთელობაზე და სიცოცხლეზე. მაგალითად, 1952 და 1956 წლებში ლონდონის შხამიანი სმოგის შედეგებმა ათასობით ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა. იგივე პრობლემა წარმოიშვა ლოს-ანჯელესში, ჩიკაგოსა და ტოკიოში. 60-იანი წლებში გარემოს გაჭუჭყიანების საკითხებით საზოგადოების შეშფოთება თანდათან იზრდება. ერთ-ერთი პირველი გახმაურებული კამპანია იყო 1962 წელს აშშ-ში გამოსული რაჩელ კარსონის წიგნი „ჩაკლული გაზაფხული“, სადაც დეტალურად აღწერილი და დასაბუთებულია 1945 წლიდან მსოფლიოში ფართოდ გავრცელებული შხამქიმიკატის, დდტ-ს გამოყენების საშინელი შედეგები: მთელი სახეობების გაქრობა, გენეტიკური ცვლილებები და სიმსივნური დაავადებები ადამიანებში და სხვა. წიგნს დიდი რეზონანსი მოჰყვა არა მარტო ამერიკაში. მსხვილი ბიზნესის წინააღმდეგობის მიუხედავად, ამერიკის მთავრობა საბოლოოდ იძულებული გახდა დდტ-ს მოხმარება აეკრძალა.

გახმაურდა აგრეთვე საწარმოო წყლებით დაბინძურებულ ზღვებში დაჭერილი თევზით მოწამვლის შემზარავი ფაქტები. პირველი გახმაურებული შემთხვევა იყო 1956 წელს, როცა დაფიქსირდა იაპონიის ქალაქ მინატამას მიმდებარე სოფლების მაცხოვრებელთა მოწამვლა „ნიპონ-ჩისოს“ ქიმიური ქარხნიდან მდინარეში მოხვედრილი ვერცხლისწყლით. 1968 წელს ცნობილი გახდა იაპონიაში 1912 წლიდან ცნობილი კიდევ ერთი «ენდემური» დაავადების - „იტაი-იტაი“ (რაც ქართულად „ვაი-ვაი“-ს ნიშნავს) განვითარების მიზეზები. გაირკვა, რომ ეს დაავადება ტყვიისა და თუთიის მომპოვებელი საწარმოებიდან მდინარეში, შემდეგ კი ბრინჯის ყანების სარწყავად გამოყენებულ

წყალში კადმიუმის მოხვედრით იყო გამოწვეული. დაავადება თირკმელების დაშლას და ძვლების დარბილებას, შედეგად ძვლების სიმციფეს, სახსრებისა და ხერხემლის აუტანელ ტკივილებს იწვევდა.

XX საუკუნის 70-იან წლებში, საზოგადოების მზარდი შემფოთების ფონზე გარემოს დაცვა თანდათან მთელი მსოფლიოს მთავრობების საქმიანობათა მნიშვნელოვანი ნაწილი ხდება. 1954-56 წლებში იკრძალება „შავი ბოლის წარმომქმნელი“ საწვავის წვა ლონდონში. 1955 წელს აშშ-ში ძალაში შედის ჰაერის დაბინძურების მაკონტროლებელი აქტი, 1970 წელს კი გარემოს დაცვის აქტი და იქმნება გარემოს დაცვის ფედერალური სააგენტო, 1971 წელს იაპონიაში იქმნება გარემოს დაცვის სამინისტრო.

1972 წლის ივნისში სტოკჰოლმში გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კონფერენციაზე „ადამიანის გარემოს შესახებ“ ხელმოწერილ ცნობილ დეკლარაციაში გაცხადებულია, რომ გარემო ადამიანთა კეთილდღეობის, ასევე ეკონომიკური განვითარების განმსაზღვრელი ფაქტორია; მსოფლიოში ნებისმიერი ადამიანი და ყველა ქვეყნის მთავრობა ვალდებულია იზრუნოს გარემოზე.

ამ ფონზე თანამედროვე საზოგადოება და განვითარებული ქვეყნების საზოგადოებრივი აზრი თანდათან შეჯერდა იმის თაობაზე, რომ ადამიანთა „ცხოვრების ხარისხი“ მნიშვნელოვნად განისაზღვრება იმ გარემოს ხარისხით, რომელშიც ადამიანები ცხოვრობენ. შესაბამისად, ადამიანთა ცხოვრების მაღალი ხარისხის მისაღწევად აუცილებელია, სათანადო ხარისხის გარემოს უზრუნველყოფა.

თანამედროვე მეცნიერებაში ხშირად გამოიყენება ტერმინები: გარემოს დაცვა, გამოყენებითი ეკოლოგია, ინვაირომენტოლოგია. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს ტერმინები სინონიმებს წარმოადგენენ. გარემოს დაცვა, ასევე გამოყენებითი ეკოლოგია ანუ ინვაირომენტოლოგია წარმოადგენს ღონისძიებათა კომპლექსს, რომელიც გამიზნულია არაცოცხალ და ცოცხალ ბუნებაზე ადამიანის მოღვაწეობის ნეგატიური ზემოქმედების აღსაკვეთად.

სიტყვა „ეკოლოგია“ პირველად შემოიტანა გერმანელმა ბიოლოგმა ერნესტ ჰეკელმა 1866 წელს, იმ ბიოლოგიური მეცნიერებისათვის, რომე-

ლიც შეისწავლიდა ორგანიზმების ურთიერთქმედებას გარემოსთან. ეკოლოგია ბერძნული სიტყვაა და „oikos“ – „სახლი“-დანაა ნაწარმოები. „logos“ – სწავლებაა ე.ი. ეკოლოგიაში იგულისხმება სწავლება „სახლის“ შესახებ. თავდაპირველად ეკოლოგია ვითარდებოდა როგორც ბიოლოგიური მეცნიერების შემადგენელი ნაწილი.

მეცნიერებაში დღესდღეობით არ არსებობს ეკოლოგიის, მხოლოდ ერთი, საერთოდმიღებული განსაზღვრება და იგი იცვლება გამოკვლევის ობიექტისა და საგნის მიხედვით. ყველაზე ხშირად, ეკოლოგიის პირველადი განსაზღვრებიდან გამომდინარე, გამოიყენება შემდეგი განსაზღვრება: ეკოლოგია - მეცნიერება, რომელიც შეისწავლის ცოცხალი ორგანიზმების არსებობის პირობებსა და ორგანიზმებისა და გარემოს ურთიერთგავლენას.

ფართო გააზრებით, ეკოლოგია (გლობალური ეკოლოგია) - კომპლექსური (საგანთაშორისი) მეცნიერებაა, რომელიც ახდენს ზუსტი, საბუნებისმეტყველო და საზოგადოებრივი მეცნიერებების მონაცემების სინთეზირებას ბიოსფეროს, როგორც გლობალური ეკოსისტემის შესახებ და შეისწავლის საზოგადოებისა და გარემოს ურთიერთდამოკიდებულებას. გლობალური ეკოლოგიის ამოცანაა ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთდამოკიდებულების კანონების შესწავლა და ამ ურთიერთდამოკიდებულების ოპტიმიზაცია.

სიტყვა ეკოლოგიის თანამედროვე მნიშვნელობა სულ უფრო და უფრო იძენს ფართო მნიშვნელობას, ვიდრე ამ მეცნიერების განვითარების პირველ ათწლეულებში. ყველაზე ხშირად ეკოლოგიური საკითხების ქვეშ გულისხმობენ გარემოს დაცვის საკითხებს. აზრის ასეთი შეჯერება გამოიწვია გარემოზე ადამიანის ზემოქმედების შედეგებმა, მაგრამ აღსანიშნავია, რომ საზღვარგარეთ ცნება ეკოლოგიური (*ecological*) - გამოიყენება ეკოლოგიის მეცნიერებასთან მიმართებით, ხოლო ინვაირომენტული (*environmental*) - გარემოსთან მიმართებით.

ინვაირომენტოლოგია - ადამიანის გარემომცველი გარემოს შემსწავლელი კომპლექსური დისციპლინაა, რომელიც სწავლობს გარემოს დამახასიათებელ თვისებებსა და გარემოს დაცვის საკითხებს. საქართველოში ამ ტერმინის სინონიმად წლების განმავლობაში გამოიყენებოდა და დამ-

კვიდრებულია ტერმინი „გარემოს დაცვა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება“.

ამონარიდი

საქართველოს კანონი გარემოს დაცვის შესახებ

მუხლი ¹ 4 - ძირითადი ცნებების განმარტებანი

"გარემო" - ბუნებრივი გარემოსა და ადამიანის მიერ სახეცვლილი (კულტურული) გარემოს ერთობლიობა, რომელიც ურთიერთდამოკიდებულებაში მყოფ ცოცხალ და არაცოცხალ, შენარჩუნებულ და ადამიანის მიერ სახეცვლილ ბუნებრივ ელემენტებს, ბუნებრივ და ანთროპოგენულ ლანდშაფტებს;

"ბუნებრივი გარემო" - გარემოს შემადგენელი ნაწილი, რომელიც მოიცავს ურთიერთდამოკიდებულებაში მყოფ ბუნებრივ ელემენტებს და მათ მიერ ჩამოყალიბებულ ბუნებრივ ლანდშაფტებს;

"ადამიანის მიერ სახეცვლილი (კულტურული) გარემო" - გარემოს შემადგენელი ნაწილი, რომელიც მოიცავს ადამიანის მიერ სახეცვლილ ბუნებრივ გარემოს, სახეცვლილ და შერეული ტიპის ეკოსისტემებს, ურთიერთდამოკიდებულებაში მყოფ სახეცვლილ ბუნებრივ ელემენტებს და მათ მიერ ჩამოყალიბებულ ანთროპოგენულ ლანდშაფტებს;

"გარემოს დაცვა" - ადმინისტრაციულ, სამეურნეო, ტექნოლოგიურ, პოლიტიკურ - სამართლებრივ და საზოგადოებრივ ღონისძიებათა ერთობლიობა, რომელიც უზრუნველყოფს გარემოში არსებული ბუნებრივი წონასწორობის შენარჩუნებას და აღდგენას.

ინვაირომენტალისტიკა ანუ ტექნიკური ინვაირომენტოლოგია - მეცნიერება გამონატყორცნებისა და ჩაშვებების გაწმენდის, ნარჩენების გადა-მუშავების მეთოდებისა და გარემოს ხარისხის გასაუმჯობესებელი ტექნოლოგიური ხერხების შესახებ. რუსულ წყაროებში ხშირად გამოიყენება პრაქტიკულად სინონიმური ტერმინი - გარემოს ინჟინრული დაცვა.

გარემოს დაცვა - წარმოადგენს სახელმწიფოებრივი და საზოგადოებრივი ღონისძიებების (ტექნოლოგიური, ეკონომიკური, ადმინისტრაციულ-სამართლებრივი, საგანმანათლებლო, საერთაშორისო) სისტემას, რომელიც მიმართულია საზოგადოებისა და ბუნების ჰარმონიულ დამოკიდებულებაზე, მოქმედი ეკოლოგიური თანასაზოგადოებებისა და ბუნებრივი რესურსების დაცვაზე და აღდგენაზე.

ამრიგად, გარემოს დაცვის ძირითადი მიზნებია:

- გარემოს ხარისხის შენარჩუნება და გაუმჯობესება (და ამით ადამიანთა ჯანმრთელობის დაცვის ხელშეწყობა);
- ბუნებრივი რესურსების გონივრული და რაციონალური გამოყენება.

ბუნების დაცვა - სახელმწიფოებრივი და საზოგადოებრივი ღონისძიებების ერთობლიობაა, მიმართული ატმოსფეროს, მცენარეული და ცხოველური სამყაროს, ნიადაგის, წყლისა და მიწის წიაღისეულის დაცვაზე.

ადამიანის მიერ ბუნებრივი სიმდიდრეების ინტენსიურმა გამოყენებამ გარემოს დაცვის ახალი მიდგომის - ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების აუცილებლობა გამოიწვია. გარემოს დაცვა მჭიდროდაა დაკავშირებული ბუნებათსარგებლობასთან.

ბუნებათსარგებლობაში, ერთის მხრივ, გულისხმობენ ადამიანის პრაქტიკულ საქმიანობას, ხოლო მეორეს მხრივ - მეცნიერებას. ბუნებათსარგებლობის, როგორც მეცნიერების ფუძემდებელია ი. კურაჟკოვსკი (1958).

არსებობს ბუნებათსარგებლობის სხვადასხვა განსაზღვრებანი, მაგრამ მათ საფუძველში ყოველთვის დევს ადამიანთა საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთქმედება.

ბუნებათსარგებლობა (როგორც ადამიანის პრაქტიკული საქმიანობა) - ბუნებრივი რესურსების გამოყენება საზოგადოების პრაქტიკული და კულტურული მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად.

ბუნებათსარგებლობა (როგორც მეცნიერება) - მეცნიერების სფერო, რომელიც შეიმუშავებს რაციონალური ბუნებათსარგებლობის პრინციპებს.

ბუნებათსარგებლობა - საზოგადოებრივ-სამრეწველო მოღვაწეობა, რომელიც მიმართულია საზოგადოების მატერიალური და კულტურული მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებისადმი სხვადასხვა სახის ბუნებრივი რესურსისა და ბუნებრივი პირობების გამოყენების გზით.

ბუნებათსარგებლობის, როგორც მეცნიერების, მნიშვნელოვან მახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს საგანთაშორისობა. იგი აერთიანებს საბუნებისმეტყველო, საზოგადოებრივ და ტექნიკურ მეცნიერებებს, მაგრამ რაციონალური ბუნებათსარგებლობის თეორიულ ფუნდამენტს ეკოლოგია წარმოადგენს.

ბუნებრივი რესურსები და ბუნებათსარგებლობა

ბუნებრივი გარემო, ბუნებრივი რესურსები და ბუნებრივი პირობები

ბუნებრივი გარემო - ადამიანისა და სხვა ცოცხალი ორგანიზმების მოღვაწეობის ბუნებრივი საარსებო გარემო. ბუნებრივი გარემო მოიცავს: ლითოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროს, ბიოსფეროს და დედამიწის ახლო კოსმიური სამყაროს. ბუნებრივ გარემოში გამოყოფენ ბუნებრივი რესურსებსა და ბუნებრივ პირობებს.

ბუნებრივი პირობები - ბუნების ელემენტები (ობიექტები და მოვლენები), რომლებიც ზეგავლენას ახდენენ ადამიანის სიცოცხლესა და მოღვაწეობაზე, მაგრამ არ არიან ჩართული მატერიალურ წარმოებაში. მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების დონის მიხედვით ბუნებრივი პირობები გარდაიქმნებიან ბუნებრივ რესურსებად.

ბუნებრივი რესურსი - ბუნების ელემენტები (ობიექტები და მოვლენები), რომლებიც აუცილებელია ადამიანისათვის სიცოცხლის უზრუნველყოფისა და მატერიალური წარმოებისათვის (ატმოსფერული ჰაერი, წყალი, ნიადაგი, მზის რადიაცია, სასარგებლო წიაღისეული, კლიმატი, მცენარეები, ცხოველთა სამყარო და ა.შ.)

ბუნებრივი რესურსი არის გარემოს კომპონენტი, ბუნებრივი ობიექტი და ბუნებრივ-ანთროპოგენური ობიექტი, რომლებიც გამოიყენებიან ან შეიძლება გამოიყენებულ იქნას სამეურნეო მოღვაწეობაში ენერჯის წყაროდ, სამრეწველო პროდუქტად და მოხმარების პროდუქტად და წარმოადგენს სამომხმარებლო ფასეულობას.

ბუნებრივი რესურსები და ბუნებრივი პირობები ასევე იწოდებიან როგორც საზოგადოების სიცოცხლის *ბუნებრივი ფაქტორები*.

ბუნებრივი რესურსები ადამიანის მიერ გამოიყენება სხვადასხვა სახით:

- 1) როგორც მოხმარების უშუალო საგნები (სასმელი წყალი, ჰაერის ჟანგბადი);
- 2) როგორც შრომის საშუალებები (მიწის, წყლის რესურსები)

- 3) როგორც შრომის საგნები, რომლიდანაც იწარმოება ნაკეთობა (მინერალები, ცელულოზა და სხვ.);
- 4) როგორც ენერჯის წყარო (საწვავი წიაღისეული, ჰიდროენერჯია, ქარის ენერჯია და სხვა).

ბუნებრივი რესურსების კლასიფიკაცია

არსებობს ბუნებრივი რესურსების კლასიფიკაციის რამდენიმე მიდგომა.

1. კლასიფიკაცია *წყაროებისა და ადგილმდებარეობის მიხედვით*. მაგალითად, ენერგეტიკული რესურსები, ატმოსფეროს აირადი რესურსები, წყლის რესურსები, ლითოსფეროს რესურსები, მცენარე-პროდუცენტების რესურსები, კონსუმენტების რესურსები, რედუცენტების რესურსები, კლიმატური რესურსები. (იხ. ცხრ. 1).
2. კლასიფიკაცია *რესურსების გამოყენების სფეროს* მიხედვით: საწარმოო (სასოფლო-სამეურნეო და სამრეწველო), ჯანმრთელობის დაცვის (რეკრეაციული), ესთეტიური, სამეცნიერო და სხვ.
3. კლასიფიკაცია ახლანდელ დროში ადამიანის მიერ *გამოყენების* მიხედვით (სხვაგვარად, ექსპლოატაციის ტექნიკური შესაძლებლობების მიხედვით): *რეალური ბუნებრივი რესურსები*, რომლებიც გამოიყენება ახლანდელ დროში ადამიანის მიერ საწარმოო მოღვაწეობაში.

პოტენციური ბუნებრივი რესურსები, რომლებიც ახლანდელ დროში საერთოდ არ გამოიყენება ადამიანის მიერ ან გამოიყენება არასაკმარისი ხარისხით. (მზის ენერჯია, ზღვის მიქცევა-მოქცევის ენერჯია, ქარის ენერჯია და სხვ.).

4. კლასიფიკაცია *შეცვლადობის* მიხედვით: *შეცვლადი* ბუნებრივი რესურსი შეიძლება შეიცვალოს სხვა რესურსით ახლა ან წარმოდგენილ მომავალში. მასში ერთიანდება ყველა ბუნებრივი წიაღისეული და ენერგორესურსი. შეუცვლელი ბუნებრივი რესურსი შეუძლებელია შეიცვალოს სხვა ბუნებრივი რესურსით (ატმოსფერული ჰაერი, წყალი, ცოცხალი ორგანიზმების გენეტიკური ფონდი).

5. *ამოწურვისა და განახლებადობის* მიხედვით: *ამოწურვადი ბუნებრივი რესურსები* - რესურსები, რომელთა რაოდენობა შეზღუდულია როგორც აბსოლუტურად, ისე შეფარდებით.

ამოწურვად რესურსებს ყოფენ განახლებად და არაგანახლებად რესურსებად.

არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსები აბსოლუტურად არ აღდგებიან (ქვანახშირი, ნავთობი და სხვა ბუნებრივი წიაღისეულის უმრავლესობა) ან აღდგება შედარებით ნელა, ვიდრე მიმდინარეობს მათი გამოყენება (ტორფი, მარვალი დანალექი ქანები). ამ რესურსების გამოყენებას აუცილებლად მივყავართ მათ ამოწურვამდე. არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსების დაცვა აუცილებლად მოითხოვს მათ რაციონალურ, ეკონომიურ გამოყენებას, მათი მოპოვების, გადატანის, გადამუშავების, გამოყენების დროს დანაკარგების შემცირების, მათი შემცვლელების ძიებას.

განახლებადი ბუნებრივი რესურსები მათი გამოყენების სიდიდისაგან დამოუკიდებლად მუდმივად განახლდებიან (ცხოველთა სამყარო, მცენარეულობა, ნიადაგი). ამასთან ერთად, მათი აღდგენის თვისების შესანარჩუნებლად აუცილებელია განსაზღვრული პირობები, რომელთა დარღვევა ანელებს ან მთლიანად წყვეტს აღდგენის პროცესს. აღდგენის პროცესი სხვადასხვა რესურსებისათვის სხვადასხვა სიჩქარით მიმდინარეობს: ცხოველთა აღდგენისათვის საჭიროა რამდენიმე წელი, ტყისათვის - 60-80 წელი, ნიადაგისათვის - რამდენიმე ათასწლეული. განახლებადი ბუნებრივი რესურსების დაცვა უნდა განხორციელდეს მათი რაციონალური გამოყენებისა და გაფართოებული აღწარმოების გზით. მათი ხარჯვის ტემპები უნდა შეესაბამებოდეს მათი აღდგენის ტემპებს.

ამოუწურავი ბუნებრივი რესურსები - რესურსები, რომელთა რაოდენობა არაა შეზღუდული, მაგრამ არა აბსოლუტურად, არამედ ჩვენი მოთხოვნილებებისა და არსებობის ხანგრძლივობასთან შეფარდებით. ამოუწურავ ბუნებრივ რესურსებს განეკუთვნება წყლის (მსოფლიო ოკეანე, მტკნარი წყალი), კლიმატური (ატმოსფერული ჰაერი, ქარის ენერჯია) და კოსმიური (მზის რადიაცია, ზღვის მიქცევა-მოქცევის ენერჯია). მაგრამ, თუკი ამოუწურავი ბუნებრივი რესურსების რაოდენობა შეუზღუდავია,

მათი ხარისხის გაუარესებამ შეიძლება გამოიწვიოს ადამიანის მიერ მათი გამოყენების შეზღუდვა.

ცხრილი 1

ბუნებრივი რესურსების კლასიფიკაცია წყაროებისა და ადგილმდებარეობის მიხედვით (რეიმერსი, 1990)

ერთეულის კლასიფიკაცია	შენიშვნა
1	2
1. ენერგეტიკული რესურსი	ბუნებრივი და ხელოვნური წარმოშობის მექანიკური, ფიზიკური და ქიმიური ენერჯის ნებისმიერი წყარო
ა) ენერჯის სრულ წრებრუნვასა და ნაკადში მონაწილე	
1.1. მზის ენერჯია	მზის გამოსხივება და მისგან გამომდინარე ენერგეტიკული პროცესები: ქარის, ტალღის, ზღვის დინების, ჰაერის სითბოს, წყლის ღრმა ფენებისა და ზედაპირის შორის სხვაობის ენერჯიები.
1.2. კოსმიური ენერჯია	კოსმიური გამოსხივების ყველა სახე
1.3. ზღვის მიქცევა-მოქცევის ენერჯია	ენერჯია, რომელიც წარმოიქმნება მთვარის მიზიდულობის ძალის გავლენით ოკეანის ზედაპირზე
1.4. გეოთერმული ენერჯია	მიწის სიღრმეების ენერჯია. შეიძლება გამოყენებულ იქნას ბუნებრივი გეოთერმული წყლები, ჰაბურდილები ამ წყლების მიღებისათვის, ასევე მიწის სიღრმიდან ამოღებული აირებისა და სითხეების სითბური ენერჯია
1.5. გრავიტაციული ენერჯია და დაწნევის ენერჯია	ჰაერის, წყლის და სამთო ქანების პოტენციური და კინეტიკური ენერჯია
1.6. ატმოსფერული ელექტროენერჯია	პრაქტიკულად ჯერ არ გამოიყენება
1.7. მიწის მაგნეტიზმი	როგორც ენერჯის წყარო პრაქტიკულად ჯერ არ გამოიყენება
1.8. სპონტანური ქიმიური რეაქციებისა და ატომების ბუნებრივი დაშლის ენერჯია	როგორც ენერჯის წყარო პრაქტიკულად ჯერ არ გამოიყენება. ხელოვნურად აქტივირებული დაშლა გამოიყენება აეს-ში
1.9. ბიოენერჯია	ყველა ენერჯის ფორმა, რომელიც მიიღება ცოცხალი ორგანიზმებიდან, მათი გადამუშავების ან მათი პროდუქტების ცხოველმოქმედების შედეგად - შემის დაწვიდან ტექნიკური სპირტისა და ბიოგაზის მიღებამდე
1.10 ენერჯის მეორადი ფორმები	გამავალი სითბო, ელექტრომაგნიტური და რადიაციული ნარჩენები, საწვავი მყარი ნარჩენები ...
ბ) დეპონირებული ენერჯის ფორმები	
1.11. ნავთობი	-
1.12. ბუნებრივი აირი	-
1.13. ნახშირი	-
1.14. ტორფი	-
1.15. ფიქალი	მოიცავს ე.წ. მიკრონავთობს - ბითუმისმაგვარი ნაერთი

გ) ხელოვნური აქტივირებული ენერჯის წყაროები	
1	2
1.16. ატომური ენერჯია	მიღებული ატომური ბირთვის დაშლის შედეგად
1.17. თერმობირთვული ენერჯია	მიღებული უფრო მსუბუქი ატომური ბირთვების უფრო მძიმესთან შერწყმის დროს (მართვადი თერმობირთვული სინთეზის ენერჯია
2. ატმოსფერული აირადი რესურსები	
2.18. ატმოსფეროს ცალკეული აირების რესურსი	განსაკუთრებული როლი გააჩნია ოზონის ეკრანს, O ₂ და CO ₂
2.19. ჰიდროსფეროს აირადი შემადგენლები	აირები, რომლებიც გახსნილია წყალში. ჩვეულებრივ, ისინი არ განიხილება როგორც რესურსები, მაგრამ თევზის გაყინვისას იძენენ ასეთ მნიშვნელობას.
2.20. ნიადაგის აირადი შემადგენლები	ნიადაგის ჰაერი, რომელიც აუცილებელია მცენარეთა ფესვების სუნთქვისათვის
2.21. ოზონის ეკრანი	
2.22. ფიტონციდები და სხვა ბიოლოგიურად აქროლადი ნივთიერებები	ადამიანების მიერ ჯერ კიდევ სუსტად ათვისებული ჯგუფი, რომელიც შედის ადამიანის ჯანმრთელობისათვის აუცილებელი პირობების მნიშვნელოვან პირობებში
2.23. ატმოსფეროს იონური შემადგენლობა	მძიმე და მსუბუქი იონები, რომელთა განსაზღვრული კონცენტრაცია და შეფარდება არის ადამიანთა ჯანმრთელობის შენარჩუნების წინაპირობა
2.24. აირადი დაბინძურება	“ანტირესურსების“ ჯგუფი ე.ი. აგენტები, რომლებიც აუფასურებენ სხვა რესურსებს. ამასთან მრავალი აირადი გამონატყორცნი შესაძლებელია კვლავ ჩაერთოთ წარმოებაში
3. წყლის რესურსები	
3.25. ატმოსფერული ტენი	
3.26. ოკეანური (ზღვის წყლები)	ეხლანდელ დროში, გაჭუჭყიანების გამო, ის გახდა შეზღუდული რესურსი. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ზღვის წყლების შთანთქმითი თვისება. მაგალითად, ანთროპოგენური ნახშირმჟავას გახსნის პროცესი.
3.27. კონტინენტალური წყლები	ტბების, წყალსატევების, წყაროს წყლები: მტკნარი, მომლაშო და მლაშე.
3.28. წყალდინებები	მდინარეები, ნაკადულები, ზედაპირული და გრუნტის წყლები
3.29. დროებითი მცირე ჩაკეტილი წყალსატევები	ველები, მცირეწყლიანი დაშრობადი ტბები, სხვადასხვა მცირე დროებითი ბასეინები. მათი მნიშვნელოვანი როლი განისაზღვრება იმით, რომ ასრულებენ პირუტყვის დაწლურების, უხერხემლო ცხოველების გამოზრდის, წყალმცენარეების ზრდის ადგილს და სხვ.
3.30. მცენარეებსა და ცხოველებში ბმული ტენი	ეს რესურსები განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენენ არიდულ რეგიონებში
3.31. თხევადი ზედაპირული და-მაბინძურებლები	გამაჭუჭყიანებლები და ზედმეტი წყალი - “ანტირესურსები“, ასევე აირადი გამაჭუჭყიანებლები.

1	2
3.32. ჰიდროგეოლოგიური რესურსები	მიწისქვეშა წყლები - გრუნტის და სიღრმის წყლები
3.33. ნიადაგის ტენი	თავისუფალი და შეკავშირებული (მოლეკულური) წყალი ნიადაგში
3.34. სიღრმული თხევადი დამაბინძურებლები	ბუნებრივად გაჟონვადი, ხელოვნურად ჩატუმბული ნივთიერებები, რომლებიც წარმოიქმნიან ჯაჭვური ქიმიური რეაქციების დროს და შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც რესურსები და არასასურველი “ანტირესურსები”.
4. ლითოსფეროს რესურსები	ბუნებრივი რესურსების მთლიანი ჯგუფი, რომელიც დაკავშირებულია ადამიანისათვის ხელმისაწვდომ მიწის ფენასთან
ა. ნიადაგ-მიწის	
4.35. ნიადაგი	ბუნებრივი წარმონაქმნები, რომლებიც წარმოშობილია ორგანიზმების, ატმოსფერული ჰაერის, ბუნებრივი წყლების, სხვადასხვა სივრცის პირობების გეოლოგიური ქანების, კლიმატის, რელიეფის, მცენარეების ურთიერთქმედების შედეგად.
4.36. ქვენიადაგი (გრუნტი) და სამთო ქანები	ლითოსფეროს ფენა, რომელიც ძვეს ჰორიზონტის ქვეშ ან ამოდის მიწის ზედაპირზე, მაგრამ არ გააჩნიათ სიცოცხლის გამოკვეთილი ნიშანი. ისინი წარმოადგენენ სუბსტრატს ნიადაგწარმოქმნისათვის ხმელეთსა და ოკეანი ფსკერზე არეული სიცოცხლისათვის.
4.37. კრიოგენური სუბსტრატები	ძირითადად ყინულები და მრავალწლიანი გამყინვარება სამხრეთ სივრცესა და მაღალ მთებში.
4.38. ნიადაგური გამაჭუჭყიანებლები	უპირატესად ნიადაგის დამლაშება და შემჟავება, მასევე მათი გაჭუჭყიანება მძიმე მეტალებითა და ნავთობით. “ანტირესურსების“ ჯგუფი.
4.39. ნიადაგის ეროზია	“ანტირესურსი“
ბ. გეომორფოლოგიური	
4.40. გეომორფოლოგიური სტრუქტურული რესურსები	მეურნეობის წარმართვის პირობები, რომელიც დაკავშირებულია ადგილმდებარეობის გეომორფოლოგიურ მდგომარეობასთან
4.41. გეომორფოლოგიური სივრცითი რესურსები	მეურნეობის წარმართვის პირობები, რომელიც შარმოიშობა განსაკუთრებული გეოგრაფიული მდებარეობის გამო
“ანტირესურსი“	მეურნეობის წარმართვის პირობები, რომელიც დაკავშირებულია სეისმურ, მეწყერულ და სხვ გეოლოგიურ პირობებთან. გლობალური აღნიშვნა “ანტირესურსი“.
გ. არაენერგეტიკული სიღრმული რესურსები	
4.43. მეტალური მადანი	-
4.44. არამეტალური მადანი	-
4.45. არამინერალური მადანი	სასარგებლო ჩანართები, რომლებიც თავმოყრილია განსაზღვრულ სამთო ქანებში ან მათში ძლიერ გაბნეულია

5. მცენარე-პროდუცენტების რესურსები	
1	2
5.46. მცენარეთა გენეტიკურ-სახეობრივი შედგენილობა	მცენარეთა სახეობები, რომელთა შენარჩუნება უზრუნველყოფს პლანეტის ეკოსისტემის თანამედროვე სახეს.
5.47. მცენარეთა ბიომასა	-
5.48. პირველადი პროდუქტიულობა	-
5.49. მცენარეების სამეურნეო ღირებული პროდუქცია	მათი წარმადობა, რომელიც დამოკიდებულია მათ პირველად პროდუქტიულობაზე და გამოზრდის სამეურნეო ხერხებზე (აგროტექნიკა, სელექცია და ა.შ.)
5.50. ფიტოცენოზების სიტემურ-დინამიკური ხარისხი	
5.51. მცენარეთა გამასუფთავებელი თვისება	
5.52. ბოტანიკური “გამაჭუჭყიანებლები“	მეურნეობისათვის მავნე ინტროდუცენტები. “ანტირესურსები“.
6. კონსუმენტების რესურსები	
6.53. კონსუმენტების გენეტიკურ-სახეობრივი შედგენილობა	ცხოველთა და მცენარე-კონსუმენტთა სახეობები, რომლებიც თამაშობენ რეგულატორების როლს ეკოსისტემებში.
6.54. კონსუმენტთა ბიომასა	-
6.55. მეორადი ბიოლოგიური პროდუქტიულობა	-
6.56. კონსუმენტთა სამეურნეო პროდუქტიულობა	-
6.57. კონსუმენტების სისტემურ-დინამიკური ხარისხი	მათი როლი ეკოსისტემაში მდგომარეობს როგორც მართვად-მარეგულირებელი ქვესისტემებისა
6.58. კონსუმენტების როლი (განსაკუთრებით ცხოველების) როგორც სანიტარების, მცენარეთა დამტვერიანების, ქიმიური ნაერთების მშთანთქმელი და სხვ.	იგი განსაკუთრებით გაიზრდება რესურსულის მხრივ ადამიანის ბუნებაზე ზემოქმედების გაძლიერებასთან დაკავშირებით
6.59. კონსუმენტური “გამაჭუჭყიანებლები“	ანალოგიურია ბოტანიკური “გამაჭუჭყიანებლებისა“. “ანტირესურსი“.
7. რედუცენტების რესურსები	
7.60. რედუცენტების გენეტიკურ-სახეობრივი შედგენილობა	-
7.61. რედუცენტთა ბიომასა	-
7.62. რედუცენტების ფიზიკურ-ქიმიური აქტივობა	მათი მოღვაწეობა, რომელიც უზრუნველყოფს ორგანული მასის დაშლას მინერალურ ნივთიერებად.
7.63. რედუცენტების სისტემურ-დინამიკური ხარისხი ეკოსისტემებში	მათი ურთიერთკავშირი, რომელიც უზრუნველყოფს ფიზიკურ-ქიმიურ აქტივობას.
7.64. მიკრობიოლოგიური (ვირუსულის ჩათვლით) გაჭუჭყიანება	იმ ორგანიზმების გარდა, როლებიც იწვევენ ცნობილ დაავადებებს, მათ შორის ეპიდემიებს (მაგ. გრიპი), ეს “ანტივირუსი“ მოიცავს ახალ დაავადებებს, რომლებიც ადრე არ არსებობდა (მაგ. ლეგიონერების დაავადება).

8. კლიმატური რესურსები	
1	2
8.65. ბუნებრივი კლიმატური რესურსები	-
8.66. სახეშეცვლილი კლიმატური რესურსები (ადგილობრივი კლიმატის)	კლიმატური მაჩვენებლები, რომლებმაც გლობალური სახე შეიცვალეს ტექნიკური მოწყობილობების (მათ შორის არაგანზრახი, მაგ. ქალაქის კლიმატი) და აგროტყემელიორაციის საშუალებით.
9. რეკრეაციულ-ანთროპოგეოლოგიური	ადამიანთა ცხოვრების ბუნებრივი პირობები და ბუნებაში დასვენების რესურსები
9.67. კაცობრიობის ყოველდღიური სასიცოცხლო პირობების ოპტიმუმის ბუნებრივი გარემოს რესურსები	-
9.68. დასვენების რესურსები	-
9.69. სამკურნალო ბუნებრივი რესურსები	ბუნებრივი აგენტები, რომელიც ადამიანზე ახდენენ სამკურნალო ზემოქმედებას.
9.70. ბუნებრივ-კერული დაავადებანი და ტრანსმისიული დაავადებანი	“ანტივირუსების“ ჯგუფი, რომელიც გამაჭუჭყიანებლების მსგავსია, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევებში დაკავშირებულია ბუნებრივ ფიზიკურ და ქიმიურ ფონთან (იოდის დეფიციტი ბუნებაში იწვევს ჩიყვს, ფტორის ანომალური რაოდენობა - კბილების კარიესს და ა.შ.)
10. შემცენებით-ინფორმაციული რესურსები	ბუნების ობიექტები და მოვლენები, რომლებიც საშუალებას აძლევს ადამიანებს წარმოსახონ პლანეტის დღევანდელი და წარსული მდგომარეობა, ასევე მოახდინონ მომავლის პროგნოზირება
10.71. ბუნებრივ-ეტალონური რესურსები	ხელუხლებელი ბუნებრივი წარმონაქმნები (ნაკრძალები, ძირითადი გეოლოგიური გათხრები, პალეონტოლოგიური ნამარხები და ა.შ.), რომლებიც საშუალებას იძლევიან ვიმსჯელოთ გარემოს ბუნებრივ მდგომარეობაზე, დათარიღდეს ნამარხები, მოხდეს დედამიწის გეოლოგიური ისტორიის გაშიფვრა.
10.72. ბუნებრივ-ისტორიული შემცენებით-ინფორმაციული რესურსები	კულტურალური ფენები და ადამიანის მიერ სახეშეცვლილი ბუნება, რომლის შესწავლა საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ კაცობრიობის წარსულზე, ხოლო ზოგჯერ გარემოს შემდგომ განვითარებაზეც იმ ადგილებში, სადაც იგი ნაკლებადაა სახეშეცვლილი ადამიანის მიერ, ვიდრე გამოკვლეულ რეგიონში.
11. სივრცისა და დროის რესურსები	
11.73. სივრცის რესურსები (ტერიტორიული, წყლისა და საჰაერო, ახლო კოსმოსის ჩათვლით, სივრცე)	დანაგვიანებისა და სხვა სახის გაჭუჭყიანებასთან, ასევე მოსახლეობის რიცხოვნობის ზრდასთან დაკავშირებით, ამ რესურსების მნიშვნელობა სწრაფად იზრდება
11.74. დროის რესურსები	ეკოლოგიური პრობლემების გამწვავება სულ უფრო და უფრო მცირე დროს ტოვებს მათი გადასაჭრელად

ბუნებათსარგებლობის მიზნები და ამოცანები

ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთან დაკავშირებით არჩევენ არარაციონალურ და რაციონალურ ბუნებათსარგებლობას.

რაციონალური ბუნებათსარგებლობა - ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობა, რომელიც უზრუნველყოფს ბუნებრივი რესურსებისა და პირობების ეკონომიურ გამოყენებას, მათ დაცვასა და კვლავწარმოებას საზოგადოების არა მარტო დღევანდელი, არამედ მომავალი ინტერესების გათვალისწინებით.

არარაციონალური ბუნებათსარგებლობა იწვევს ბუნებრივი რესურსების დაშრეტას, გარემოს გაჭუჭყიანებას, ბუნებრივი სისტემის ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევას ე.ი. ეკოლოგიურ კრიზისს ან კატასტროფას.

არარაციონალური ბუნებათსარგებლობის მიზეზები სხვადასხვაა. ესაა ეკოლოგიის კანონების არასაკმარისი შეცნობა, მრეწველთა სუსტი მატერიალური დაინტერესება, მოსახლეობის დაბალი ეკოლოგიური კულტურა.

გარემოს დაცვა - ადამიანთა საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთქმედების ოპტიმიზაციის ღონისძიებათა სისტემა. გარემოს დაცვის საქმეში ანსხვავებენ ატმოსფეროს, წყლის, წიაღისეულის, ნიადაგის, მცენარეების, ცხოველთა სამყაროს დაცვას.

როგორც ავღნიშნეთ, გარემოს დაცვა მჭიდროდაა დაკავშირებული ბუნებათსარგებლობასთან. ხშირად, ეს ცნებები ერთმანეთთან იგივდება, ზოგიერთ შემთხვევაში კი ეს დამოკიდებულია ბუნებათსარგებლობის კონკრეტულ შემთხვევაზე.

ბუნებათსარგებლობის, როგორც მეცნიერების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს ადამიანთა საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთობის ოპტიმიზაციის პრინციპების შემუშავება.

ნ. რეიმერსის მიხედვით (1992) ბუნებათსარგებლობა მოიცავს:

- ბუნებრივი რესურსების დაცვას, განახლებასა და აღწარმოებას
- ადამიანის ბუნებრივი საარსებო პირობების დაცვასა და გამოყენებას

- ბუნებრივი სისტემების ეკოლოგიური წონასწორობის დაცვას, აღდგენასა და რაციონალურ ცვლილებას
- ადამიანთა რიცხოვნობის, აღწარმოების რეგულაციას.

ბუნებათსარგებლობის ძირითადი მიზნებია:

- მრეწველობის დარგების რაციონალური განლაგება დედამიწაზე;
- ბუნებრივი რესურსების (მათი თვისებებიდან გამომდინარე) გამოყენების მიზანშეწონილი მიმართულებების განსაზღვრა;
- მრეწველობის საწარმოთა ურთიერდამოკიდებულების რაციონალური ორგანიზაცია
 - ბუნებრივ რესურსებზე მავნე ზემოქმედების აღკვეთა;
 - საჭირო რესურსების აღწარმოების გაფართოება;
- ჯანმრთელი საარსებო გარემოს შექმნა ადამიანებისა და სხვა სასარგებლო ორგანიზმებისათვის
 - გაჭუჭყიანების აღკვეთა;
 - ბუნებრივად არსებული მავნე კომპონენტების და ნაკლოვანებების აღმოფხვრა;
- ბუნების რაციონალური გარდაქმნა.

რაციონალური ბუნებათსარგებლობისა და გარემოს დაცვის საბოლოო მიზანი - ადამიანის სიცოცხლის ოპტიმალური პირობების უზრუნველყოფა, მეურნეობის, მეცნიერების, კულტურის და ა.შ. განვითარება ადამიანთა საზოგადოების მატერიალური და კულტურული მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად.

რაციონალური ბუნებათსარგებლობისა და გარემოს დაცვის პრინციპები, მათი კავშირი ეკოლოგიის ძირითადი კანონებთან

ეკოლოგიის ძირითადი კანონები. ეკოლოგიის ძირითადი კანონები ჩამოყალიბებულ იქნა ამერიკელი მეცნიერის ბ. კომონერის მიერ 1971 წელს, მოკლედ შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

1) ყველაფერი ურთიერთკავშირშია (ბუნებაში პროცესებისა და მოვლენების ურთიერთკავშირი). იგი ასახავს მრავალი ბუნებრივი ობიექტების ურთიერთკავშირს. ეს კანონი ადამიანს აფრთხილებს, რომ ეკოსისტემის ცალკეულ ნაწილებზე დაუფიქრებელმა ზემოქმედებას შეიძლება გამოიწვიოს გაუთვალისწინებელი შედეგები.

2) ყველაფერი მოძრაობს - სადაც უნდა გაქრეს (წავიდეს). ეს კანონი გამომდინარეობს მატერიის შენახვის კანონიდან. ადამიანის მიერ მოიხმარება და გადაადგილდება ნივთიერებათა უდიდესი რაოდენობა, რომელიც ხშირად იწვევს ბიოსფეროს გაჭუჭყიანებას.

3) ბუნებამ უკეთ “იცის”. ეკოლოგიის პროცესში და ბუნებრივი გადარჩევის პირობებში ჩამოყალიბდა ისეთი ოპტიმალური სისტემები, რომელშიც ჩარევა ხშირად მათი მდგომარეობის გაუარესებას იწვევს. სანამ ჩვენ არა გვაქვს ბუნების მექანიზმებისა და ფუნქციების შესახებ აბსოლუტურად სანდო ინფორმაცია, ჩვენ შეიძლება ადვილად დავაზიანოთ გარემო.

4) არაფერი არ მოგვეცემა ტყუილად - ყველაფრისათვის უნდა გადავიხადოთ. ეს კანონი აზოგადებს წინა სამ კანონს, რადგან ბიოსფერო გლობალური ეკოსისტემაა და წარმოადგენს ერთიან მთლიანს, რომლის ფარგლებში უკვალოდ არაფერიარ იკარგება. ამიტომ, თუკი ადამიანი სარგებლობს ბუნებრივი სიმდიდრეებითა და ობიექტებით, მან უნდა იცოდეს რომ ეს ყველაფერი მოითხოვს რაციონალურ მიდგომასა და ბუნებაზე მიყენებული ზარალის ანაზღაურებას.

ეკოლოგიის სხვა კანონებს შორის შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი:

- ნივთიერება, ენერგია, ინფორმაცია და ცალკეული ბუნებრივი სისტემის ხარისხი ურთიერთდამოკიდებულია იმდენად, რომ ერთ-ერთი ამ ფაქტორის ცვლილება იწვევს მთლიანი სისტემისა და მისი იერარ-

ქვის ფუნქციონალურ, სტრუქტურულ, ხარისხობრივ და რაოდენობრივ ცვლილებებს.

- მცირე ზემოქმედებამ შეიძლება არ გამოიწვიოს ბუნებრივი სისტემის საპასუხო რეაქცია, მაგრამ მათმა დაგროვებამ შეიძლება მიგვიყვანოს არაპროგნოზირებულ დინამიკურ პროცესებამდე (ბროუმენი).
- სასიცოცხლო შესაძლებლობანი ლიმიტირდება ეკოლოგიური ფაქტორებით, რომელთა რაოდენობა და ხარისხი ახლოა ეკოსისტემებისათვის აუცილებელ მინიმუმთან, მათი შემცირება იწვევს ორგანიზმის დაღუპვას ან ეკოსისტემის დესტრუქციას (ი. ლიბიხი)
- ეკოსისტემას, რომელმაც დაკარგა თავისი ელემენტების ნაწილი, არ შეუძლია დაუბრუნდეს მის პირველად მდგომარეობას.
- ბუნებრივი ბიოტის შემცირება მოცულობაში, რომელიც აჭარბებს ზღვრულ მნიშვნელობას, გარემოს უკარგავს მდგრადობას, რომელიც შეუძლებელია აღდგეს გამწმენდი ნაგებობების გამოყენებით ან უნარჩენო ტექნოლოგიებზე გადასვლის გზით (ვ. გორშკოვი)
- ორგანიზმის (სახეობის) განვითარების ლიმიტირებადი ფაქტორი შეიძლება იყოს ეკოლოგიური ზემოქმედების როგორც მინიმუმი, ასევე მაქსიმუმი, რომელთა შორის დიაპაზონი ქმნის ამტანიანობის (ტოლერანტობის) ზღვარს ამ ფაქტორთან დაკავშირებით (ე. შელფოლდი)
- ნებისმიერი ბუნებრივი სისტემა შეიძლება განვითარდეს მხოლოდ გარემოს მატერიალურ-ენერგეტიკული და ინფორმაციული შესაძლებლობების გამოყენებით. აბსოლუტურად იზოლირებული განვითარება შეუძლებელია.

ამ კანონს გააჩნია მნიშვნელოვანი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა:

ა) აბსოლუტურად უნარჩენო წარმოება შეუძლებელია. შესაძლებელია შეიქმნას მხოლოდ მცირენარჩენიანი და მცირერესურსტევადი წარმოებანი;

ბ) ნებისმიერმა განვითარებულმა ბიოტურმა სისტემამ, რომელიც ახდენს სასიცოცხლო გარემოს გამოყენებასა და სახეცვლილებას, წარმოადგენს პოტენციურ საფრთხეს ნაკლებორგანიზებული სისტემების მი-

მართ, ამიტომ ბიოსფეროში შეუძლებელია სიცოცხლის მეორედ ჩასახვა - იგი განადგურებული იქნება არსებული ორგანიზმებით. აქედან გამომდინარე, ადამიანის გარემოზე ზემოქმედებისას მან უნდა მოახდინოს ამ ზემოქმედების განეიტრალება, რამეთუ იგი შეიძლება აღმოჩნდეს დამანგრეველი როგორც ბუნებისათვის, ასევე თავად ადამიანისათვის.

- გარე ზემოქმედებისას, რომელიც სისტემას გამოიყვანს მდგრადი განვითარების მდგომარეობიდან, წონასწორობა გადაინაცვლებს იმ მიმართულებით, რომლის შედეგადაც გარე ზემოქმედების ეფექტი მცირდება (ლე-შეტელიე - ბრაუნის პრინციპი).
- მოვლენას, რომელიც დაშორებულია დროით და სივრცით, გვეჩვენება ნაკლებად არსებითად (ბუნებათსარგებლობაში ეს პრინციპი ხშირად არის არასწორი პრაქტიკული მოქმედების ძირითადი საფუძველი).
- ავადმყოფობის გაჩენის (ინფექციური დაავადების გავრცელების უნარი) მოულოდნელი გაძლიერება თავს იჩენს არაჯანმრთელი ორგანიზმის მუტაციისას, ასევე დამავადებელი ახალი ორგანიზმის შეყვანისას ეკოსისტემაში, სადაც არ არსებობს რიცხოზობის რეგულირების მექანიზმი, ამასთან ეკოსისტემისათვის იცვლება სასიცოცხლო გარემო.
- ბიოცენოზში სახეობები ერთმანეთთან შეგუებულნი არიან იმდენად, რომ მათი თანასაზოგადოება წარმოადგენს შინაგანად მდგრად, მაგრამ არა ერთიან და ურთიერთშეუვალ სისტემურ ერთიანობას (კ. მიბიუსი-გ. მოროზოვი)
- ორგანიზმის სახეობას შეუძლია არსებობა მანამ და იმდენად, რამდენადაც მისი გარემომცველი ბუნებრივი გარემო შეესაბამება მის გენეტიკურ შესაძლებლობას შეეგუოს გარემოს ცვალებადობას და ცვლილებებს.
- ორი სახეობა არ შეიძლება არსებობდეს ერთიდაიმავე ადგილზე, თუკი მათი ეკოლოგიური მოთხოვნილებები ერთნაირია. ასეთი სახეობები აუცილებლად უნდა გაცალკავდეს სივრცეში ან დროში. (კონკურენტული გამორიცხვის პრინციპი ანუ ჰაუზეს პრინციპი)

- ეკოლოგიური ნიშის გამოთავისუფლებისას იგი აუცილებლად შეივსება.
- ბუნებრივი სისტემების ექსპლუატაციისას არ შეიძლება გადავიდეთ ზღვარს, რომელიც ახდენს ამ სისტემების თვითრეგულაციისა და თვითორგანიზაციის შენარჩუნებას.
- ბუნებრივი პროცესების „ხისტი“ ტექნიკური მართვა იწვევს ჯაჭვურ რეაქციებს, რომელთა მნიშვნელოვანი ნაწილი აღმოჩნდება ეკოლოგიურად, სოციალურად და ეკონომიურად მიუღებელი.

რაციონალური ბუნებათსარგებლობა და გარემოს დაცვა უნდა ეფუძნებოდეს შემდეგ ზოგად პრინციპებს (წესებს):

1. გარემოს დაცვა - საზოგადოებრივად აუცილებელი მოღვაწეობა. აუცილებელია გავიგოთ, რომ სახელმწიფოს ხარჯები გარემოს დაცვაზე არანაკლებ მნიშვნელოვანია, ვიდრე სხვა ეკონომიკური და სოციალურ საზოგადოებრივი აუცილებელი ხარჯები (კულტურაზე, სპეორტზე, განათლებაზე, ჯანმრთელობის დაცვაზე).
2. მოსახლეობის ეკოლოგიური უსაფრთხოების პრიორიტეტის პრინციპი. იგი გამომდინარეობს პირველი პრინციპიდან. ბუნებრივი გარემოს ხარისხი, მისი რესურსული პოტენციალის დაცვა განსაზღვრავს მოსახლეობის დღეგრძელობას, ფიზიკურ და ფსიქიურ ჯანმრთელობას და ამ თვისებების გადაცემას თაობებზე, შესაბამისად, ქმნის მდგრადი განვითარების წინაპირობებს.
3. ისტორიულობის პრინციპი. გარემოს დაცვის ორგანიზაცია და გარემოსდაცვითი პოლიტიკის რეალიზაცია მოითხოვს ბუნებრივი ობიექტების ისტორიის ცოდნას.
4. სისტემატიურობის პრინციპი. სამყარო სისტემატიურია, იერარქიულია. ბუნებრივი ობიექტების სისტემურობა მოითხოვს თითოეული გარემოსდაცვითი პრობლემის, როგორც ერთი მთლიანის ნაწილის განხილვას. სისტემური მიდგომის პოზიციიდან არც ერთი ბუნებრივი რესურსი არ შეიძლება გამოვიყენოთ ან დავიცვათ სხვებისაგან დამოუკიდებლად.

5. გარემოს დაცვა უნდა განხორციელდეს მისი გამოყენების პროცესში. გარემო შესაძლებელია და უნდა დავიცვათ არა მხოლოდ კონსერვირების (აქტიური სამეურნეო მოღვაწეობიდან გამოთიშვის) გზით, არამედ მუდმივად - ადამიანის ნებისმიერი მოღვაწეობის დროს.
6. შეზღუდვის პრინციპი. ბუნებრივი ლანდშაფტების ფუნქციონირება არ შეიძლება გადავიდეს თერმოდინამიკური, გეოქიმიური, ტექტონიკური და სხვა პირობების ზღვრებს, რომლებიც ხასიათდებიან ბუნებრივი სივრცითი და დროებითი ცვლილებებით. ამიტომ ბუნებათსარგებლობის ნორმატივები წარმოადგენენ შეზღუდვის განსაზღვრულ სახეს.
7. ოპტიმიზაციის პრინციპი. გარემოს დაცვა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება - ოპტიმიზაციური ამოცანაა. იგი მდგომარეობს ეკონომიკური და ეკოლოგიური ინტერესების თანხვედრაში. პრინციპის მიზანი: საზოგადოების მოთხოვნების შედარებით სრული დაკმაყოფილება გარემოზე ადამიანის ნეგატიური მოქმედების მინიმიზაციის მიღწევით. ამ პრინციპს ესადაგება ასევე პროგნოზირების წესი: ბუნებრივი რესურსების გამოყენება და დაცვა უნდა განხორციელდეს წინასწარი გათვლების საფუძველზე და ბუნებათსარგებლობის ნეგატიური შედეგების შესაძლებელ მაქსიმალურ აღკვეთამდე.
8. ბუნების დაცვის ღონისძიებათა პრევენციულობის პრინციპი - „უფრო იოლია გაფრთხილება, ვიდრე მკურნალობა“. ნეგატიური შედეგების წინასწარი აღკვეთის ზომების ჩატარება, ჩვეულებრივ, უფრო იაფი და იოლია, ვიდრე ეკოლოგიური ავარიებისა და კატასტროფების პირდაპირი და ირიბი შედეგების ლიკვიდაცია.
9. გეოეკოლოგიური პროექტირების კომპლექსურობის პრინციპი.
 - ა) ობიექტებისა და ბუნებრივი მოვლენების მრავალმხრივი მნიშვნელობის წესი: ბუნებრივი რესურსების გამოყენება და გარემოს დაცვა უნდა მოხდეს მრეწველობის სხვადასხვა დარგების ინტერესების გათვალისწინებით.
 - ბ) კომპლექსურობის წესი: ბუნებრივი რესურსების გამოყენება უნდა მოხდეს კომპლექსურად, მრეწველობის სხვადასხვა დარგების მიერ. ამიტომ ბუნებრივი რესურსებისა და სამრეწველოთა კონცენტრაცია უნდა

მოხდეს კომპლექსურად ერთ ეკონომიკურ რაიონში ნედლეულისა და ენერგეტიკული რესურსების გათვალისწინებით. ასეთ კომპლექსებს ტერიტორიულ-სამრეწველო კომპლექსებს უწოდებენ.

გ) რეგიონალურობის წესი: ბუნებრივი რესურსების გამოყენება და დაცვა უნდა მოხდეს ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით

10. მართვის პრინციპი. ეს პრინციპი აღნიშნავს, რომ ბუნებათსარგებლობის დროს პრიორიტეტულია გარემოს ეკოლოგიური უსაფრთხოება და არა ეკონომიური სარგებელი. აქ მოქმედებს ბუნებრივი რესურსების ათვისების ინტენსიურობის ამალღების წესი: ბუნებრივი რესურსების გამოყენება უნდა მოხდეს მათი ათვისების ინტენსიურობის გაზრდის საფუძველზე, კერძოდ, ბუნებრივი წიაღისეულის დანაკარგების შემცირებით ან აღკვეთით მათი მოპოვების, ტრანსპორტირების, გამდიდრების და გადამუშავების დროს.

გარემოს დაცვის უფრო ზოგადი პრინციპი ან წესი რეიმერსის მიხედვით (1994) შემდეგია: გლობალური და ამოსავალი ბუნებრივი რესურსის პოტენციალი ისტორიული განვითარების განმავლობაში უწყვეტად იწურება, რაც კაცობრიობისაგან ითხოვს სამეცნიერო-ტექნიკურ სრულყოფას, რომელიც მიმართულია ამ პოტენციალის ფართო და სრულ გამოყენებაზე.

ამ კანონიდან გამომდინარეობს გარემოს დაცვის ძირითადი პრინციპი: “ეკოლოგიური-ეკონომიურია“.

კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური წესი: გარემოს ყველა კომპონენტი - ატმოსფერული ჰაერი, წყალი, ნიადაგი და სხვ. - უნდა დავიცვათ არა ცალ-ცალკე, არამედ როგორც ერთიანი ბუნებრივი ეკოსისტემა.

ამრიგად, გარემოს დაცვის ძირითად პრინციპებს წარმოადგენს:

- ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის დაცვის პრიორიტეტი
- ეკოლოგიური და ეკონომიკური ინტერესების მეცნიერულად დასაბუთებული შერწყმა;
- ბუნებრივი რესურსების რაციონალური და არაამოწურვადი გამოყენება;
- ბუნებათსარგებლობის გადასახადები;

- გარემოსდაცვითი კანონმდებლობის მოთხოვნების დაცვა;
- ეკოლოგიური ორგანიზაციების მუშაობის საჯაროობა და მისი მჭიდრო კავშირი საზოგადოებრივ ორგანიზაციებთან და მოსახლეობასთან ბუნებისდაცვითი ამოცანების გადაჭრაში;
- საერთაშორისო თანამშრომლობა გარემოს დაცვის სფეროში.

ამონარიდი

საქართველოს კანონი გარემოს დაცვის შესახებ

მუხლი N5 - გარემოს დაცვის ძირითადი პრინციპები

1. საქმიანობის დაგეგმვისა და განხორციელების დროს სახელმწიფო ხელისუფლების ორგანოები, ფიზიკური და იურიდიული (საკუთრების და ორგანიზაციულ-სამართლებრივი ფორმის განურჩევლად) პირები ვალდებული არიან იხელმძღვანელონ გარემოს დაცვის ძირითადი პრინციპებით.

2. გარემოს დაცვის ძირითადი პრინციპებია:

ა) "რისკის შემცირების პრინციპი" - საქმიანობის სუბიექტი თავისი საქმიანობის დაგეგმვისა და განხორციელებისას ვალდებულია მიიღოს სათანადო ზომები გარემოზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე მავნე ზემოქმედების რისკის თავიდან ასაცილებლად ან შესამცირებლად;

ბ) "მდგრადობის პრინციპი" - გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების გამოყენება, როდესაც საშიშროება არ ექმნება საზოგადოების განვითარებას და უზრუნველყოფილია გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვა შეუქცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან;

გ) "პრიორიტეტულობის პრინციპი" - ქმედება, რომელმაც შეიძლება გამოიწვიოს უარყოფითი ზეგავლენა გარემოზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე, შეიძლება შეიცვალოს სხვა, ნაკლებრისკიანი, თუნდაც უფრო ძვირადღირებული ქმედებით. პრიორიტეტი ენიჭება უკანასკნელს, თუ მისი ღირებულება არ აღემატება ნაკლებადღირებული ქმედებით მიყენებული ეკოლოგიური ზიანის შედეგად ზარალის ანაზღაურების ხარჯებს;

დ) "ფასიანი ბუნებათსარგებლობის პრინციპი" - საქმიანობის სუბიექტისათვის მიწის, წყლის, ტყის, ფლორისა და ფაუნის წიაღის და წიაღისეულის ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობა ფასიანია;

ე) პრინციპი "დამაბინძურებელი იხდის" - საქმიანობის სუბიექტის, ასევე სხვა ფიზიკური და იურიდიული პირის ვალდებულება აანაზღაუროს გარემოსთვის მიყენებული ზარალი;

ვ) "ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნების პრინციპი" - საქმიანობა არ უნდა იწვევდეს ბიომრავალფეროვნების შექცევად დეგრადაციას;

ზ) "ნარჩენების მინიმიზაციის პრინციპი" - საქმიანობის განხორციელებისას უპირატესობა ენიჭება ისეთ ტექნოლოგიას, რომელიც უზრუნველყოფს ნარჩენების მინიმიზაციას;

თ) "რეციკლირების პრინციპი" - საქმიანობის განხორციელებისას უპირატესობა ენიჭება ხელმეორედ გამოყენებად ან გადაუმუშავებად, ბიოლოგიურად დეგრადირებად ან გარემოსათვის უვნებლად დაშლად ნივთიერებებს, მასალებს და ქიმიურ ნაერთებს;

ი) "რესტიტუციის პრინციპი" - საქმიანობის განხორციელების შედეგად დეგრადირებული გარემო აღდგენილი უნდა იყოს პირვანდელ (*restitutio in integrum*) მდგომარეობასთან მაქსიმალურად მიახლოებული სახით;

კ) "გარემოზე ზემოქმედების შეფასების პრინციპი" - საქმიანობის სუბიექტი თავისი საქმიანობის პროექტირების ან დაგეგმვის დროს ვალდებულია გაითვალისწინოს და შეაფასოს ამ საქმიანობის შესაძლო ზემოქმედება გარემოზე კანონით დადგენილი წესით;

ლ) "გადაწყვეტილების მიღების პროცესში საზოგადოებრიობის მონაწილეობის პრინციპი" - უზრუნველყოფილია საქმიანობის განხორციელებასთან დაკავშირებული მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილების მიღების პროცესში საზოგადოებრიობის მონაწილეობა;

ე) "ინფორმაციის ხელმისაწვდომობის პრინციპი" - ინფორმაცია გარემოს მდგომარეობის შესახებ ღია და ხელმისაწვდომია საზოგადოებრიობისათვის.

გარემოს გაჭუჭყიანება. პოლუტანტები და ეკოტოქსიკანტები

კაცობრიობის განვითარების თანამედროვე ეტაპი ეკოლოგიური მდგომარეობის დაძაბულობით გამოირჩევა და ეს ეკოლოგიური კრიზისი ბიოსფეროს საშიში გაჭუჭყიანებით ხასიათდება.

გაჭუჭყიანება არის გარემოში ნებისმიერი მყარი, თხევადი თუ აირადი ნაერთების, მიკროორგანიზმების ან ენერგიის მოხვედრა როგორც ადამიანისა და ცხოველის ჯანმრთელობისათვის, ასევე მცენარისა და ეკოსისტემის მდგომარეობისათვის მავნე რაოდენობით.

ერთ-ერთი მოსაზრებით, რომელმაც უკანასკნელ ხანებში შედარებით ფართო აღიარება ჰპოვა, ეკოლოგიურ გამაჭუჭყიანებლად განიხილება ნებისმიერი საგანი არა თავის ადგილას.

გამაჭუჭყიანებლები (კონტამინანტები, პოლუტანტები) შეიძლება იყოს ბუნებრივი და ხელოვნური (ანთროპოგენური) წარმოშობის. ატმოსფეროს ბუნებრივ კონტამინანტებს განეკუთვნება მტვრის ქარიშხალი, ვულკანის ამოფრქვევა, მცენარეების, ცხოველებისა, მიკროორგანიზმების მიერ გამოყოფილი ნივთიერებები და სხვ.

ატმოსფერულ კონტამინანტებს ყოფენ პირველად და მეორად კონტამინანტებად. პირველადია პოლუტანტი, რომელიც უშუალოდ გამოიყოფა ატმოსფეროში რაიმე ემისიის წყაროდან, მეორადი - რომელიც წარმოქმნება პირველადი პოლუტანტების გარდაქმნების შედეგად. მაგალითად, ატმოსფეროში გამოტყორცნილი გოგირდის დიოქსიდი იჟანგება ატმოსფერული ჟანგბადით გოგირდის ტრიოქსიდამდე, რომელიც შემდეგ წყლის ორთქლთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის გოგირდმჟავას წვეთებს. ამიტომ, გოგირდის დიოქსიდი განიხილება როგორც პირველადი, ხოლო გოგირდის ტრიოქსიდი და გოგირდმჟავა - მეორადი გამაჭუჭყიანებლები.

ობიექტების დაბინძურების მიხედვით ანსხვავებენ ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების, ატმოსფერული ჰაერის, ნიადაგის დაბინძურებას.

მასშტაბების მიხედვით - ლოკალური (ადგილობრივი), რეგიონალური და გლობალური. ლოკალური გაჭუჭყიანება ხასიათდება პოლუტანტების მომატებული შემცველობით მცირე ტერიტორიებზე (ქალაქი, სამრეწველო რაიონი და სხვ.), რეგიონალური გაჭუჭყიანება მოიცავს პლანეტის დიდ სივრცეს, ხოლო გლობალური - მთლიანად ბიოსფეროს.

ადამიანის სამეურნეო მოქმედებით გამოწვეულ გარემოს გაჭუჭყიანებას ანთროპოგენულ გაჭუჭყიანებას ანუ ანთროპოგენულ ტოქსიკაციას უწოდებენ. აღნიშნული დაბინძურების მიზეზია სამრეწველო საწარმოები: ქიმიური, მეტალურგიული, ცელულოზა-ქაღალდის, სამშენებლო მასალების და სხვ.

მრეწველობის თანამედროვე მოცულობა და მისი ინტენსიფიკაცია, გამონატყორცნების (ნარჩენების) გაწმენდის ტექნიკისა და ტექნოლოგიების სრულყოფის მიუხედავად, კვლავ იწვევს ატმოსფეროში გამოყოფილი მავნე ნივთიერებების საერთო მასის ზრდას. იზრდება მრეწველობის ენერგოდჭურვა ე.ი. შესაბამისად იზრდება სათბობის წვის რაოდენობა და ამ დროს წარმოქმნილი საკვამლე აირები. თვლიან, რომ ელექტროენერჯისა და სამრეწველო წარმოების მოცულობა ყოველ 7-10 წელიწადში ორმაგდება. უკანასკნელ ათწლეულებში მინერალური და ორგანული ნედლეულის რესურსების მოხმარება მკვეთრად გაიზარდა: 1913 წ დედამიწის ერთ სულ მოსახლეზე წელიწადში იხარჯებოდა 5 ტ მინერალური ნედლეული, 1940 წ - 7,4 ტ, 1960 წ - 14,3 ტ, 2000 წ - 20-40 ტ-მდე.

სხვა მონაცემების მიხედვით (ბრიუხანი, 2002) დედამიწაზე ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების წლიური რაოდენობა აღწევს 120 მლნ ტ, ზედაპირულ წყლებში ჩაშვების მოცულობა - 350 კმ³, დაგროვებული და შენახული მყარი ნარჩენები - 90 მლრდ ტ.

გარემოს დაცვის სფეროში ატმოსფეროში გაჭუჭყიანების წყაროდან გამოტყორცნილი კონტამინანტების დახასიათება ხდება ოთხი ნიშნის მიხედვით: აგრეგატული მდგომარეობით, ქიმიური შედგენილობით, ნაწილაკების ზომებით, ნივთიერების მასით.

ატმოსფეროს მრავალრიცხოვანი კონტამინანტებიდან (ჯანმრთელობის დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის ექსპერტთა კომიტეტის მონაცემებით) ძირითადს წარმოადგენს შეწონილი ნაწილაკები - სხვადასხვა

შემცველობის აეროზოლები, შემდეგ მოდის გოგირდის ნაერთები და ოქსიდანტები (ნივთიერებები, რომლებიც ატმოსფეროში წარმოიქმნებიან ფოტოქიმიური გარდაქმნების შედეგად).

გარემოს გამაჭუჭყიანებლები მათი მოქმედების მიხედვით იყოფიან ფიზიკურ, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და ინფორმაციულ გამაჭუჭყიანებლებად.

ფიზიკური გამაჭუჭყიანებლები	ქიმიური პოლუტანტები	ბიოლოგიური დამაბინძურებლები
სითბური გაჭუჭყიანება, ხმაური, რადიაქტიური გაჭუჭყიანება, ელექტრომაგნიტური გაჭუჭყიანება	მძიმე ლითონები, პესტიციდები, ცალკეული ქიმიური ნივთიერებები და ელემენტები, პოლიარომატული ნახშირწყალბადები (პან), პლასტმასები	ბიოგენური, მიკრობიოლოგიური, გენური ინჟინერია

უკანასკნელ ხანებში მეცნიერები აღნიშნავენ მეოთხე სახის დაბინძურებას - ინფორმაციული დაბინძურება, რომელმაც XXI საუკუნის დასაწყისისათვის ფართო ტემპები შეიძინა. უპირველეს ყოვლისა ესაა ინფორმაციული საშუალებებით გადმოცემული ნეგატიური ინფორმაცია და არასწორი ფაქტები. აქ ასევე განიხილება მსოფლიო საინფორმაციო ქსელის - ინტერნეტის ინფორმაციული დაბინძურების პრობლემა.

ჩვენი პლანეტის ტოქსიკაცია მრავალი ორგანული და არაორგანული ნაერთებით ერთ-ერთ ნელ-ნელა განვითარებად კატასტროფას წარმოადგენს. ეს ნივთიერებები ადამიანის მიზნობრივი მოქმედების პროდუქტია და ფასეული ტექნიკური თვისებები გააჩნიათ, თუმცა ასევე, მათი წარმოების შედეგად წარმოქმნილი თანმხლები პროდუქტები და ნარჩენები გარემოს დაჭუჭყიანების ერთ-ერთ მთავარ კომპონენტს წარმოადგენს.

აღნიშნული ტოქსიკური ნივთიერებები ხვდებიან გარემოში და შემდეგ წყალის, ჰაერის ან საკვების საშუალებით ხვდებიან ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში. ტოქსინების მოქმედების შედეგია მწვავე მოწამვლები, რომელთა შედეგია სიკვდილიანობა და წლების მანძილზე გამოვლენილი დაავადებები (შემდგომ თავიდანში კი).

ეკოტოქსიკანტები. გარემოში მოხვედრილ ანთროპოგენული წარმოშობის, მდგრად ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებიც იწვევენ სერიოზულ ცვლილებებს ეკოსისტემათა სტრუქტურაში და ცოცხალ ორგანიზმში გროვდებიან სიცოცხლისათვის საშიშ კონცენტრაციამდე ეკოტოქსიკანტები ეწოდებათ. წარმოშობის მიხედვით არჩევენ ბუნებრივი და ხელოვნური წარმოშობის ტოქსიკანტებს. ბუნებრივი წარმოშობის ტოქსიკანტები თავის მხრივ იყოფიან შემდეგ ჯგუფებად:

- 1.1. ბიოლოგიური წარმოშობის
 - 1.1.1. ბაქტერიული ტოქსინები;
 - 1.1.2. მცენარეული შხამები;
 - 1.1.3. ცხოველური წარმოშობის ტოქსინები;
- 1.2. არაორგანული ნაერთები;
- 1.3. არაბიოლოგიური წარმოშობის ორგანული ნაერთები;
- 1.4. სინთეზური ტოქსიკანტები.

ადამიანის მოხმარების მიხედვით ტოქსიკანტების კლასიფიკაცია ასე წარმოსდგება:

1. ქიმიური სინთეზის ინგრედიენტები და წარმოების სპეციალური სახეები;
2. პესტიციდები;
3. სამკურნალო და კოსმეტიკური საშუალებები;
4. საკვები დანამატები;
5. საწვავი და ზეთები;
6. გამხსნელები, საღებარები, წებოები;
7. ქიმიური სინთეზის თანაური პროდუქტები, მინარევები, ნარჩენები.

ასევე არსებობს ტოქსიკანტთა კლასიფიკაცია ზემოქმედების პირობების მიხედვით:

- გარემოს (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი, საკვები პროდუქტების) დამაბინძურებლები;
- პროფესიული (საწარმოო) ტოქსიკანტები;
- საყოფაცხოვრებო ტოქსიკანტები;

- მავნე ჩვევები და მიდრეკილებები (თამბაქო, ალკოჰოლი, ნარკოტიკული ნივთიერებები, წამლები და ა.შ).

უკანასკნელ ხანებში ეკოლოგიურ მეცნიერებაში ფართოდ დამკვიდრდა ტერმინი - ქსენობიოტიკი. ასეთი ტერმინით აღნიშნავენ ორგანიზმისათვის უცხო ქიმიურ ნაერთებს, რომლებიც არ წარმოადგენენ ცოცხალი ორგანიზმის სიცოცხლისათვის აუცილებელ ნაერთებს, ამიტომ ევოლუციის პროცესში ცოცხალ ორგანიზმებს არ გამოუმუშავებიათ მათ მიმართ დაცვის მექანიზმი - იმუნიტეტი.

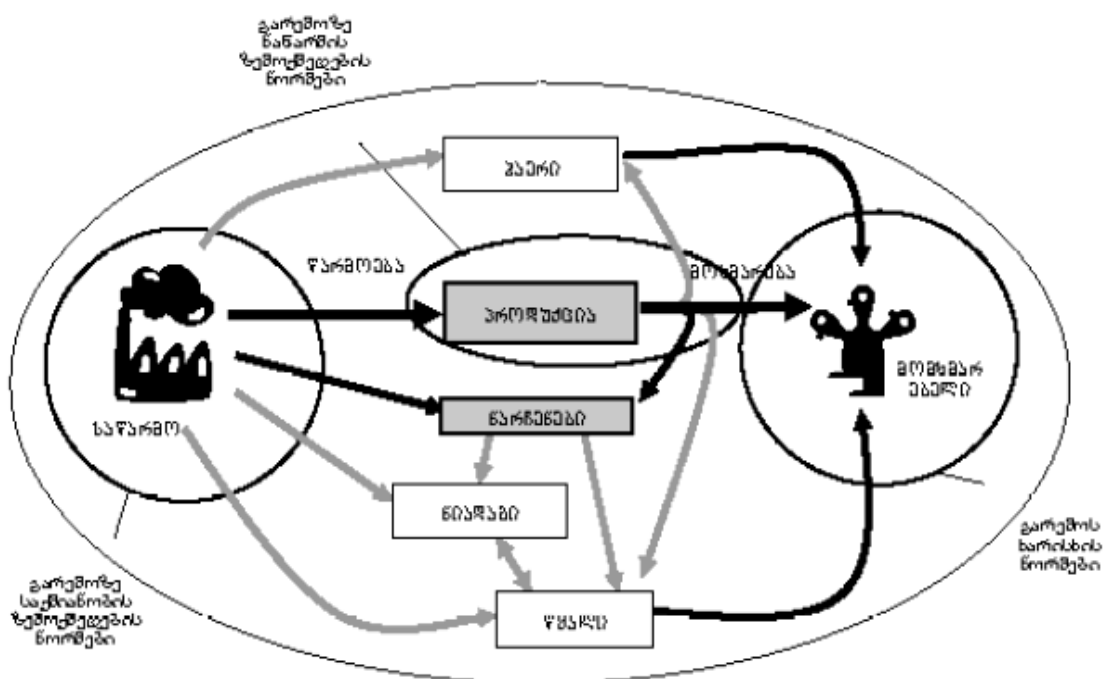
ადამიანის ეკოლოგიის თვალთახედვით ქსენობიოტიკებს განეკუთვნებათ ნაერთები, რომლებიც პირობითად სამ ჯგუფად შეიძლება დაიყოს:

1. ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობის პროდუქტები (მრეწველობა, სოფლის მეურნეობა, ტრანსპორტი);
2. საყოფაცხოვრებო ქიმიის ნივთიერებები (სარეცხი საშუალებანი, პესტიციდები, პარფიუმერია);
3. სამკურნალო საშუალებათა უმრავლესობა.

ქსენობიოტიკების ორგანიზმზე უაღრესად მავნე მოქმედება მათი მუტაგენურობითა და კანცეროგენულობით აიხსნება. ქსენობიოტიკებით საცხოვრებელი გარემოს გაჭუჭყიანება და მათი ცოცხალ ორგანიზმებზე მოქმედება თანამედროვეობის ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს. განსაკუთრებით საშიშ ეკოტოქსიკანტებს წარმოადგენენ არაორგანული ნაერთები - მძიმე ლითონები და მათი ნაერთები, ბუნებრივი სინთეზური და ორგანული ეკოტოქსიკანტები.

გარემოს დაცვის ნორმები

გარემოს დაცვის ნორმების დაწესების მიზანია დადგინდეს გარემოზე საქმიანობის ზემოქმედების ისეთი ნორმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ გარემოს ეკოლოგიურ წონასწორობას. ეკოლოგიური ნორმატივების დაცვამ უნდა უზრუნველყოს მოსახლეობის ეკოლოგიური უსაფრთხოება, ადამიანის, მცენარეებისა და ცხოველების გენეტიკური ფონდის შენარჩუნება, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება და აღწარმოება.



ნახ. 1. გარემოს გაჭუჭყიანების რეგულირების გამარტივებული სქემა
 არ არის ნაჩვენები ცოცხალი გარემო, აგრეთვე ჰაერის და ნიადაგის, ჰაერის და წყლის ურთიერთზემოქმედება. რუხი ხაზები ემისიებს აღნიშნავს.

„საქართველოს კანონის გარემოს დაცვის შესახებ“ მიხედვით ამ მიზნით დაწესებულია შემდეგი ნორმები:

- ა) გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმები;
- ბ) გარემოში მავნე ნივთიერებათა ემისიისა და მიკროორგანიზმებით გარემოს დაბინძურების ზღვრულად დასაშვები ნორმები;
- გ) გარემოში ქიმიურ საშუალებათა გამოყენების ნორმები;
- დ) ეკოლოგიური მოთხოვნები პროდუქციისადმი;
- ე) გარემოზე დატვირთვის ნორმები.

- **გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმები**

გარემოს მდგომარეობის ხარისხის ქვეშ გულისხმობენ ადამიანის საცხოვრებელი გარემოს შესაბამისობის ხარისხს ადამიანის მოთხოვნილებებთან.

ყველა ბუნებისდაცვითი ღონისძიებების საფუძველში გარემოს ხარისხის ნორმირების პრინციპი დევს. ეს ტერმინი ნიშნავს ადამიანის გარემოზე ზღვრულად დასაშვები ზემოქმედების ნორმატივების დადგენას.

ნორმირების მიზანი - გარემოზე ზემოქმედების ზღვრულად დასაშვები ნორმების (ეკოლოგიური ნორმატივების) დადგენა.

საქართველოს გარემოს დაცვის კანონის მიხედვით გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმებია:

- ა) ატმოსფერულ ჰაერში, წყალსა და ნიადაგში ადამიანის ჯანმრთელობისა და ბუნებრივი გარემოსათვის მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციისა და მიკროორგანიზმების რაოდენობათა ზღვრულად დასაშვები ნორმები;
- ბ) ხმაურის, ვიბრაციის, ელექტრომაგნიტური ველებისა და სხვაგვარი ფიზიკური ზემოქმედების ზღვრულად დასაშვები ნორმები;
- გ) რადიაციული ზემოქმედების ზღვრულად დასაშვები ნორმები.

გარემოს ხარისხის ნორმები საქართველოში, საკანონმდებლო უზრუნველყოფა და არსებული ხარვეზები. „საქართველოს კანონის გარემოს დაცვის შესახებ“ შესაბამისად გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმები განისაზღვრება ყოველ ხუთ წელიწადში ერთხელ დებულებით „გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმების შესახებ“, რომელსაც შეიმუშავენ და ამტკიცებს საქართველოს ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტრო გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროსთან შეთანხმებით.

ზღვრულად დასაშვებ ნორმატივებს და მისი განსაზღვრის მეთოდიკას გააჩნია დროებითი ხასიათი და შეიძლება სრულყოფილი გახდეს მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარებასთან ერთად საერთაშორისო სტანდარტების გათვალისწინებით.

ამჟამად, საქართველოში გარემოს ხარისხის ნორმების საკითხი ძალზე რთულადაა. ჩვენთან ჯერჯერობით ისევ ძალაშია ყოფილი სსრკ-ში არსებული ქიმიური ნივთიერებების ტოქსიკურობისა და საშიროების კლასიფიკაცია ГОСТ 12.1007-76, რომელიც მიღების დღიდან არ გადამუშავებულა. სსრკ-ში, მრავალი ათწლეულების განმავლობაში ქიმიური ნივთიერებების საშიროების შეფასების სფეროში პრიორიტეტული მიმართულება იყო და ახლაც არის ჰიგიენური ნორმირება, რომელზედაც შემდეგ დამატებულ იქნა ეკოლოგიური ნორმირება.

საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს 2006-2011 წლების საკანონმდებლო-ინსტიტუციონალურ პრიორიტეტებში პირველ ადგილზე დგას წყლისა და ჰაერის ხარისხის რეალური ნორმების დამტკიცება საერთაშორისო სტანდარტებზე დაყრდნობით, სადაც აღნიშნულია: „წყლისა და ჰაერის ხარისხის არსებული ნორმები დამტკიცებულია საბჭოთა პერიოდში და რამდენჯერმე მკაცრია მსოფლიოში მიღებულ ნორმებთან. ყოველივე ეს არ იძლევა საშუალებას მივიღოთ გარემოს მდგომარეობის შესადარი და რეალური მდგომარეობა... საჭიროა დამტკიცდეს ახალი ნორმები ძირითად გამაბინძურებლებზე მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის (WHO) და ევროკავშირის ნორმებზე დაყრდნობით“ .

▪ ზღვრულად დასაშვები ნორმები

ადამიანის ორგანიზმზე მავნე ნივთიერებების ზემოქმედების შეზღუდვის მიზნით დადგენილია მათი შემცველობის სპეციალური ნორმები ე.წ. ხარისხის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ) ბიოსფეროს კომპონენტებში - ჰაერში, ნიადაგში, წყალსა და საკვებ პროდუქტებში.

მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) - გარემოში (ჰაერი, ნიადაგი, წყალი, კვების პროდუქტები) პოლუტანტის რაოდენობა, რომელიც ადამიანზე მუდმივი ან დროებითი ზემოქმედების დროს არ მოქმედებს მის ჯანმრთელობაზე და არ იწვევს არასასურველ შედეგებს მომავალ თაობაში. უკანასკნელ ხანს ზდკ-ს განსაზღვრისას გაითვალისწინება გაჭუჭყიანების ზეგავლენის ხარისხი არა მხოლოდ ადა-

მიანზე, არამედ ცხოველებზე, მცენარეებზე, სოკოებზე, მიკროორგანიზმებზე, ასევე მთლიანად ბუნებრივ თანასაზოგადოებაზე. მაგალითად, თუ ნივთიერება მავნე ზეგავლენას ახდენს გარემოზე უფრო დაბალი კონცენტრაციით, ვიდრე ადამიანის ორგანიზმზე, მაშინ ნორმირებისას ამო-
მავალი წერტილია ამ ნივთიერების ბუნებრივ გარემოზე მოქმედების ზღურბლი.

ზდკ-ს ადგენენ კომპლექსური კვლევის საფუძველზე და მუდმივად კონტროლდება სახელმწიფო სანეპიდზედამხედველობისა და გარემოს-
დაცვითი სამსახურების მიერ. ზდკ-ს ნორმატივების დადგენისას ისინი ხდებიან იურიდიულად სავალდებულო.

ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ნორმირებისათვის გამოიყენება ასე-
ვე ზდკ-ის ისეთი მაჩვენებლები, როგორცაა მავნე ნივთიერების ზდკ სა-
მუშაო ადგილის ზონაში, ერჯერადი მაქსიმალური ზდკ და საშუალო
დღე-ღამური ზდკ.

ჰაერის ხარისხის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციებით (ზდკ), დგინდება ნორმატივები, რომლებიც ზღუდავენ ადამიანის
ორგანიზმზე მავნე ნივთიერებების ზემოქმედებას დროის გარკვეული
პერიოდისათვის.

ზდკ-მაქსიმალური ერთჯერადი (ზდკ_{მაქს. ერთჯ.}) - დასახლებული
პუნქტების ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერების მაქსიმალური
კონცენტრაცია, რომელიც 20-30 წთ-ის შესუნთქვის დროს ადამიანის
ორგანიზმში არ იწვევს რეფლექტორულ რეაქციას (სუნის შეგრძნება,
თვალის სინათლის მგრძნობელობის შეცვლა და სხვ.). ზდკ_{მაქს. ერთჯ.} - გამო-
იყენება ემისიის ნორმირების საკითხების გადაწყვეტისას, რომლის
იდეოლოგია მდგომარეობს იმაში, რომ არახელსაყრელ მეტეოპირო-
ბებში მავნე ნივთიერებების გაბნევის შედეგად სამრეწველო საწარმოს
ან ავტომაგისტრალის სანიტარულ-დამცავი ზონის საზღვარზე ფორ-
მირებულმა კონცენტრაციამ არ უნდა გადააჭარბოს ზდკ_{მაქს. ერთჯ.}-ს
დროის ნებისმიერ მომენტში.

საშუალო დღე-ღამური ზდკ (ზდკ_{სამ. დღ. ღ.}) - მაჩვენებლით განისაზ-
ღვრება დასახლებული პუნქტის ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიე-
რების კონცენტრაცია, რომელიც შეუზღუდავად ხანგრძლივი პერიოდ-

დის შესუნთქვისას არ იწვევს ადამიანზე პირდაპირ ან ირიბ ზემოქმედებას. იგი გაიანგარიშება მოსახლეობის ყველა ჯგუფისთვის განუსაზღვრელად ხანგრძლივი ზემოქმედების (დაახლოებით 70 წელი) ვადის გათვალისწინებით, წარმოადგენს ყველაზე მკაცრ სანიტარულ-ჰიგიენურ ნორმატივს და დგინდება ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის მახასიათებლად. იგი ასრულებს ე.წ. „ეტალონის“ როლს დასახლებული პუნქტის ჰაერის ხარისხის კეთილსაიმედოობის შესაფასებლად (იხ. ცხრ.2).

ცხრილი 2

ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ჰიგიენური ნორმატივები (ზდკ)

მავნე ნივთიერება	ზდკ			
	ატმოსფერული ჰაერი, მგ/მ ³		წყალი, მგ/ლ	ნიადაგი, მგ/კგ
	მაქსიმალური ერთჯერადი	საშუალო დღე-ღამური		
ამიაკი	0.2	0.04	0.39	
ანილინი			0.1	
აცეტონი	0.35	0.35		
ბენზინი	5.0	1.5	0.1	
ბენზოლი	1.5	0.1	0.5	
ბენზ(ა)პირენი		0.1 მგ/100 მ ³	0.000005	
ჰექსაქლორციკლოჰექსანი	0.03	0.03	0.004	
დდტ			0.1	
აზოტის დიოქსიდი	0.085	0.04		
დიოქსინი	0.5 პგ/მ ³ *		20პგ/ლ	10პგ/კგ
დარიშხანი და მისი არაორგანული ნაერთები		0.03	0.05	2.0
ოზონი	0.16	0.03		
აზოტის ოქსიდი	0.2	0.4	0.02	
ვერცხლისწყალი (მეტალური)	0.2	0.0003	0.0005	2.1
ტყვია(არაორგანული ნაერთი)	0.01	0.0003	0.03	32.0
გოგირდწყალბადი	0.008			0.4
სზანი			0.5	
მყარი ნაწილაკები (მტვერი)	0.5	0.15		
ნახშირჟანგი	5.0	3.0		
ფენოლი	0.01	0.003	0.001	
ფორმალდეჰიდი	0.035	0.003	0.001	
ქლორი	0.1	0.03		
ოთხქლორიანი ნახშირბადი	4.0	0.7	0.006	

* - (1პგ = 10⁻¹² გ)

წყლის ხარისხის ნორმირებისათვის განცალკავებულად გამოიყენება ზდკ-ის მაჩვენებლები სასმელი წყლისა და თევზის მეურნეობის წყალსა-

ცავებისათვის. ასევე ნორმირებულია წყლის ორგანოლექტიკური მახასიათებლები: სუნი, ფერი, გემო, სიმღვრივე, ტემპერატურა, სიხისტე, კოლინდექსი და სხვა მაჩვენებლები.

ნიადაგის ხარისხის ნორმირებისათვის არსებობს მაკვნივთიერების ზღვ მიწის სახნავ ფენაში. კვების პროდუქტთა ხარისხის ნორმირებისათვის არსებობს მაკვნივთიერების ზღვ კვების პროდუქტებში - მაკვნივთიერების მაქსიმალური კონცენტრაცია კვების პროდუქტებში, რომელიც განუსაზღვრელი დროით მოხმარებისას არ იწვევს პირდაპირ ან ირიბ ზემოქმედებას ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

ცხრილი 3

მაკვნივთიერებათა ზღვ სასმელ წყალში, მგ/ლ

ნივთიერება	ზღვ	ნივთიერება	ზღვ
სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით			
ანილინი	0,1	მეთანოლი	3,0
ბენზოლი	0,5	ნიტრატი (აზოტის მიხედვით)	10,0
ტყვია (Pb ²⁺)	0,1	ვერცხლისწყალი	0,005
სტრონციუმი	2,0	დინიტროტოლუოლი	0,5
ტეტრაეთილტყვია	დაუშვებელია	ფორმალდეჰიდი	0,05
ქლორბენზოლი	0,02	პოლიაკრილამიდი	2,0
ზოგადსანიტარული მაჩვენებლებით			
ამიაკი (აზოტის მიხედვით)	2,0	მეთილპროლიდონი	0,5
ბუთილაკეტატი	0,1	სტრეპტოციდი	0,5
დიბუთილფტალატი	0,2	ტრინიტროტოლუოლი	0,5
კაპროლაქტამი	1,0		
ორგანოლექტიკური მაჩვენებლებით			
ბენზოლი	0,1	დიმეთილფენოლი	0,25
ბუთილბენზონი	0,1	დინიტრობენზოლი	0,5
ბუთილის სპირტი	1,0	დინიტროქლორბენზოლი	0,5
ჰექსაქლორანი	0,02	დიქლორმეთანი	7,5

გარემოს ფიზიკური გამაჭუჭყიანებლებისათვის არსებობს ზღვრულად დასაშვები დონე (ზღვ) - რადიაციის, ხმაურის, ვიბრაციის, მაგნიტური ველის და სხვა ფიზიკური ზემოქმედების მაქსიმალურ დონე, რომელიც არ წარმოადგენს საშიშს ადამიანის, ცხოველების, მცენარეებისა და მათი გენეტიკური ფონდის ჯანმრთელობისათვის.

საზღვარგარეთ გარემოს კომპონენტების (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი) ხარისხის ნორმირებისათვის გამოიყენებენ ისეთ მაჩვენებლებს, როგორ-

ცაა: მაქსიმალური გაჭუჭყიანების დონე (Maximum Contaminant Level), დასაშვები დღე-ღამური დოზა (Acceptable Daily Intake), რეკომენდებული კონცენტრაცია (Reference Concentration – RfC) და რეკომენდებული დოზა (Reference Dose – RfD). აღნიშნული დოზები - RfC და RfD გამოიყენება აშშ-ს გარემოსდაცვითი სააგენტოს (US EPA) მიერ.

რეკომენდებული დოზა (RfD) – ნივთიერების დოზა, რომლის ყოველდღიური ზემოქმედება მოსახლეობაზე (მგრძნობიარე ჯგუფების ჩათვლით) არ იწვევს არავითარ მავნე ეფექტებს მთელი სიცოცხლის განმავლობაში. ეს დოზა გამოიყენება აშშ-ს გარემოსდაცვითი სააგენტოს მიერ.

რეკომენდებული კონცენტრაცია (RfC) – ნივთიერების კონცენტრაცია, რომლის ყოველდღიური უწყვეტი ინჰალაციური ზემოქმედება მოსახლეობაზე (მგრძნობიარე ჯგუფების ჩათვლით) არ იწვევს არავითარ მავნე ეფექტებს მთელი სიცოცხლის განმავლობაში და შესაბამისად გამოსახულია ერთეულებში მგ/მ³ ან ppm* (იხ. ცხრ. 4).

ცხრილი 4

ჰაერის ხარისხის ეროვნული სტანდარტი (US EPA, 2007 წ.)

პოლუტანტი	სტანდარტი	მოქმედების დრო
SO ₂	0.14 ppm (365 მკგ/მ ³)	24-სთ
SO ₂	0.030 ppm (80 მკგ/მ ³)	წლიური
SO ₂	0.5 ppm (1,300 მკგ/მ ³)	3-სთ
PM ₁₀	150 მკგ/მ ³	24-სთ
PM _{2.5}	35 მკგ/მ ³	24-სთ
PM _{2.5}	15 მკგ/მ ³	წლიური
CO	35 ppm (40 მგ/მ ³)	1-სთ
CO	9 ppm (10 მგ/მ ³)	8-სთ
O ₃	0.12 ppm (235 მკგ/მ ³)	1-სთ
O ₃	0.08 ppm (235 მკგ/მ ³)	8-სთ
NO _x	0.053 ppm (100 მკგ/მ ³)	წლიური
Pb	1.5 მკგ/მ ³	კვარტალური

შენიშვნა: PM₁₀ - მყარი შეწონილი ნაწილაკები, რომელთა დიამეტრი ≤ 10 მკმ,
PM_{2.5} - მყარი შეწონილი ნაწილაკები, რომელთა დიამეტრი ≤ 2,5 მკმ.

ppm, ppb, ppt - სიდიდეებს ამერიკულ სამეცნიერო ლიტერატურაში მოცულობითი კრიტერიუმების სახით იყენებენ, რომელთაც შეფარდებით სიდიდეებს უწოდებენ. ეს სიდიდეები ცნობილია როგორც რაოდენობის უგანზომილებო ერთეულები.

- **ppm** (*part per million*) - ერთი მემილიონედი ნაწილი - $1/1\,000\,000$ ანუ 10^{-6} . პოპულარული ენით, იგი ექვივალენტურია წყლის ერთი წვეთისა, რომელიც გახსნილია 50 ლ წყალში ან 1 წამისა 11½ დღეში. აირებისათვის $1\text{ ppm} = 1\text{ სმ}^3/\text{მ}^3$, ხოლო თუკის ეს სიდიდე მოცემულია მასური სიდიდით - $1\text{ ppm} = 1\text{ მგ/კგ}$.
- **ppb** (*part per billion*) - ერთი მემილიარდედი ნაწილი - $1/10^9$ ანუ 10^{-9} ნაწილს. (იგი ექვივალენტურია 31,7 წელიწადის ერთი წამისა). აირებისათვის $1\text{ ppb} = 1\text{ მმ}^3/\text{მ}^3$.
- **ppt** (*part per trillion*) - ერთი ტრილიონედი ნაწილი - $1/10^{12}$ ანუ 10^{-12} ნაწილს. (შედარებისათვის იგი ექვივალენტურია 1 წამისა 31 700 წელიწადის განმავლობაში).

ცხრილი 5

ნივთიერებათა კონცენტრაციების (მასის მიხედვით) ერთეულები

მასური წილი	%	მასური შეფარდება*
10^{-6} (ppm)	10^{-4}	მკგ/გ (მგ/კგ)
10^{-9} (ppb)	10^{-7}	ნგ/გ (მკგ/კგ)
10^{-12} (ppt)	10^{-10}	პგ/გ (ნგ/კგ)
10^{-15} (ppq)	10^{-13}	ფგ/გ (პგ/კგ)

* მგ - მილიგრამი (10^{-3} გ), მკგ - მიკროგრამი (10^{-6} გ), ნგ - ნანოგრამი (10^{-9} გ), პგ - პიკოგრამი (10^{-12} გ), ფგ - ფემტოგრამი (10^{-15} გ).

საზღვარგარეთული (ამერიკული) საანალიზო ტექნიკა დაგრადუირებულია ppm ან ppb განზომილებებში. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციისა და ISO 4226 სტანდარტის (არეგულირებს გამონატყორცვის კრიტერიუმებს ატმოსფერულ ჰაერში მყარი, თხევადი და აირადი ნივთიერებების რაოდენობის შეფასებისათვის) მიერ რეკომენდებულია კონცენ-

ტრაციის მოცულობითი ერთეულები - მგ/მ³ ან გ/მ³. ამასთან დაკავშირებით აუცილებელი ხდება ისინი გადავიყვანოთ კონცენტრაციის მოცულობით ერთეულებში, გამოსახული მგ/მ³-ში.

მყარი ნივთიერებებისათვის 1ppm=1მგ/კგ, 1ppb=1მკგ/კგ, აირებისათვის 1ppm=1(სმ³/მ³), 1ppb=1მმ³/მ³. ცხრ.6-ში მოცემულია აირებისა და ორთქლების გადაყვანის ფორმულები (0°C და 760 მმ. ვრცხ. სვ. დროს).

ცხრილი 6

აირისა და ორთქლის კონცენტრაციის გადაანგარიშების ფორმულები

ამოსავალი კონცენტრაცია	მგ/ლ (გ/მ ³)	მგ/მ ³ (მკგ/ლ)	% (მოც.)	ppm (სმ ³ /მ ³)	ppb (მმ ³ /მ ³)
მგ/ლ (გ/მ ³)	1	10 ³	22,4 · 10 ⁻¹ / M	22,4 · 10 ³ / M	22,4 · 10 ⁶ / M
მგ/მ ³ (მკგ/ლ)	10 ⁻³	1	22,4 · 10 ⁻⁴ / M	22,4/ M	22,4 · 10 ³ / M
% (მოცულობითი)	4,46 · 10 ⁻¹ · M*	4,46 · 10 ² · M	1	10 ⁴	10 ⁷
ppm (სმ ³ /მ ³)	4,46 · 10 ⁻⁵ · M	4,46 · 10 ⁻² · M	10 ⁻⁴	1	10 ³
ppb (მმ ³ /მ ³)	4,46 · 10 ⁻⁸ · M	4,46 · 10 ⁻⁵ · M	10 ⁻⁷	10 ⁻³	1

* M - ნივთიერების მოლური მასა

კონცენტრაციას ანგარიშობენ ფორმულით

$$b = a \cdot F$$

სადაც,

F - გადათვლის კოეფიციენტი, რომელსაც პოულობენ ცხრილში საძიებელი და მოცემული კონცენტრაციის სიდიდეების თანაკვეთისას;

a - ამოსავალი სიდიდის კონცენტრაციის მნიშვნელობა;

b - კონცენტრაციის მნიშვნელობა საძიებელ განზომილებაში.

მაგალითად, ვიპოვოთ 20 ppm გოგირდის დიოქსიდის - SO₂ (M=64,06) კონცენტრაცია მგ/მ³.

$$b = a \cdot F = 20 \cdot 4,46 \cdot 10^{-2} \cdot M = 20 \cdot 4,46 \cdot 10^{-2} \cdot 64,06 = 57,14 \text{ მგ/მ}^3$$

მოვიყვანოთ ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანებელი ზოგიერთი პოლუტანტის ppm-სა და მგ/მ³ თანაფარდობებს: 1 ppm (SO₂) = 2,93 მგ/მ³, 1 ppm (NO₂) = 2,05 მგ/მ³, 1 ppm (NO) = 1,34 მგ/მ³, 1 ppm (CO) = 1,25 მგ/მ³, 1 ppm (CO₂) = 3,22 მგ/მ³.

როგორც ავღნიშნეთ, საქართველოს გარემოს დაცვის სამინისტროს 2006-2011 წლების საკანონმდებლო-ინსტიტუციონალურ პრიორიტეტებში პირველ ადგილზე დგას წყლისა და ჰაერის ხარისხის რეალური ნორმების დამტკიცება საერთაშორისო სტანდარტებზე (ევროკავშირის) დაყრდნობით. ამიტომ მნიშვნელოვანია მიმოვიხილოთ ევროკავშირის გარემოსდაცვითი საქმიანობა და ამ მხრივ მოქმედი დირექტივები.

ევროკავშირის მიერ გარემოს დაცვის საკანონმდებლო უზრუნველყოფა მოცემულია ე.წ. დირექტივებში, რომლის შესრულდება სავალდებულოა ყველა წევრი ქვეყნისათვის. არსებობს დირექტივები ატმოსფერული ჰაერის, წყლის რესურსების, ნარჩენების და სხვა მხრივ. მაგალითად, 1980 წლიდან მოქმედებს დირექტივა ადამიანთა მიერ მოხმარებისათვის გამიზნული წყლის ხარისხის შესახებ (შემდგომში შეიცვალა 1998 წელს); სასმელი წყლის მინიმალური სტანდარტები მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მიერ ჯერ კიდევ 1958 წელს იქნა დადგენილი, 1961 წელს კი მის მიერ გამოიცა სასმელი წყლის უფრო მკაცრი სტანდარტები ევროპისათვის. რა თქმა უნდა, ევროკავშირის მიერ წყლის ხარისხის შესახებ დირექტივებში სრულადაა გათვალისწინებული მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის რეკომენდაციები.

წყლის შესახებ არსებული დირექტივების მიხედვით პრიორიტეტულ პოლუტანტებს წარმოადგენენ გახმაურებული გამაჭუჭყიანებლები - ვერცხლისწყალი, კადმიუმი, ტყვია, ქლორშემცველი ორგანული ნივთიერებები, ტოქსიკური ქიმიკატები და ჯანმრთელობისთვის საშიში მიკროორგანიზმები. ცხრ. 7-ში მოცემულია ევროკავშირში, აშშ-ში და რუსეთში ამჟამად მოქმედი სასმელი წყლის ხარისხის ნორმატივებში მოცემული არაორგანულ ქიმიურ ნივთიერებათა კონცენტრაციები.

1983 წლიდან ევროკავშირის ტერიტორიაზე ამოქმედდა საგანგებო დირექტივებით დადგენილი ჰაერის ხარისხის ნორმები (ანუ გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებათა კონცენტრაცია, რომელიც უარყოფით შედეგებს არ გამოიწვევდა), 2008 წლის 21 მაისს ევროკავშირის მიერ მიღებულ იქნა ახალი დირექტივა სახელწოდებით - გარემოს ჰაერის ხარისხი და უფრო სუფთა ჰაერისათვის ევროპაში, რომელშიც წარმოდგენილია ჰაერის ძირითადი პოლუტანტების ნორმირების პრინციპები. ესენია: გო-

გირდის ორჟანგი და შეწონილი ნაწილაკები, აზოტის ორჟანგი, ტყვია, ოზონი, ბენზოლი და ნახშირბადის მონოოქსიდი, დარიშხანი, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი, ნიკელი და პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები. ჰაერის ხარისხის დამდგენი დირექტივების მიხედვით ევროკავშირის წევრ-ქვეყნებმა უნდა მიიღონ საჭირო ზომები იმისათვის, რომ მათ ტერიტორიაზე დაცული იყოს ჰაერის დადგენილი ხარისხი.

ცხრილი 7

არაორგანული პოლუტანტების დასაშვები კონცენტრაციები სასმელ წყალში

არაორგანული პოლუტანტი	ევროკავშირის 1998 წლის დირექტივით	აშშ-ს სასმელი წყლის ნაციონალური სტანდარტის მიხედვით, მგ/ლ	რუსეთში მოქმედი კანონმდებლობით, მგ/ლ
სტიბიუმი	5,0 მკგ/ლ	0.006	0,005
დარიშხანი	10 მკგ/ლ	0.010	0,05
ბორი	1,0 მგ/ლ	-	0,5
ბრომატები	10 მკგ/ლ	-	0.2 (Br)
კადმიუმი	5,0 მკგ/ლ	0.005	0,001
ქრომი	50 მკგ/ლ	0.1	0,5 Cr(3+); 0,05 Cr(6+)
სპილენძი	2,0 მგ/ლ	1.3	1,0
ციანიდები	50 მკგ/ლ	0.2 (თავისუფალ ციანიდებზე გაანგარიშებით)	0,035
ფტორიდები	1,5 მგ/ლ	4.0	0,7-1,5
ტყვია	10 მკგ/ლ	0.015	0,01
ვერცხლისწყალი	1,0 მკგ/ლ	0.002	0.0005
ნიკელი	20 მკგ/ლ	-	0,02
ნიტრატები	50 მგ/ლ	10 (აზოტზე გადაანგარიშებით)	45 (NO ₃ -ის მიხედვით)
ნიტრიტები	0,50 მგ/ლ	1 (აზოტზე გადაანგარიშებით)	3,3 (NO ₂ -ის მიხედვით)
სელენი	10 მკგ/ლ	0.05	0,01

შენიშვნა: ერთეულები მოცემულია იგივე სახით, როგორც პირველწყაროში;
1მგ/ლ = 1000 მკგ/ლ.

ამჟამად საქართველოში ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის ნორმები დადგენილია (ყოფილი სსრკ-ს ნორმები) ადამიანის ორგანიზმის დამცავ-შემგუებელი რეაქციის დონეზე გაცილებით დაბლა. მაგალითად: აზოტის დიოქსიდის მაქსიმალური ერთჯერადი კონცენტრაცია ეროვნული სტანდარტით დადგენილია 0,085 მგ/მ³-ის დონეზე მაშინ, როდესაც მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის რეკომენდაციებით ეს მაჩვენებელი

0,2 მგ/მ³–ია. (ანუ უფრო ლიბერალურია 0,2/0.085 ≈ 2,5 ჯერ). ყოფილი სსრკ-ს (საიდანაც სათავეს იღებს ზღვ-ების ნორმირების ისტორია) მთავარი სამართალმემკვიდრის (რუსეთის ფედერაცია) კანონმდებლობაშიც კი 2006 წლის 1 თებერვლიდან აღნიშნული ნორმატივი შეცვლილია და იგი მისადაგებულია ჯანმო-ს რეკომენდაციებს. ჩვენთან კი იგი ჯერჯერობით ისევ ძალაშია.

ცხრილი 8

**ჰაერის პოლუტანტების ზღვრული მნიშვნელობები
ევროკავშირის 2008 წლის 21 მაისის დირექტივის შესაბამისად**

მოქმედების საშუალო პერიოდი	ზღვრული მნიშვნელობა	ტოლერანტობის ზღვარი
გოგირდის დიოქსიდი		
ერთი საათი	350 მკგ/მ ³ , არაუმეტეს 24 შემთხვევისა კალენდარულ წელიწადში	150 მკგ/მ ³
ერთი დღე	125 მკგ/მ ³ , არაუმეტეს 3 შემთხვევისა კალენდარულ წელიწადში	-
აზოტის დიოქსიდი		
ერთი საათი	200 მკგ/მ ³ , არაუმეტეს 18 შემთხვევისა კალენდარულ წელიწადში	100 მკგ/მ ³
კალენდარული წელიწადი	40 მკგ/მ ³	20 მკგ/მ ³
ბენზოლი		
კალენდარული წელიწადი	5 მკგ/მ ³	5 მკგ/მ ³
ნახშირბადის მონოოქსიდი		
ყოველდღიურად საშუალოდ 8 სთ	10 მკგ/მ ³	6 მკგ/მ ³
ტყვია		
კალენდარული წელიწადი	0,5 მკგ/მ ³	0,5 მკგ/მ ³
PM₁₀		
ერთი დღე	50 მკგ/მ ³ , არაუმეტეს 35 შემთხვევისა კალენდარულ წელიწადში	25 მკგ/მ ³
კალენდარული წელიწადი	40 მკგ/მ ³	8 მკგ/მ ³

საქართველოს მეორე ეროვნული გარემოსდაცვითი პროგრამის შემუშავების პროექტის ფარგლებში ჰაერის დაცვის ექსპერტის მომზადებულ ანგარიშში აღნიშნულია, რომ გადასასინჯია ჰაერის ხარისხის ნორმები, მითუმეტეს, რომ აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტა საქართველოს

კანონის „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“ ერთ-ერთი კანონქვემდებარე აქტის (ევროგაერთიანების საბჭოს „ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის შეფასებისა და მართვის შესახებ“ 1996 წლის 27 სექტემბრის №96/62/EC დირექტივის შესაბამისად) შემუშავებით იყო გათვალისწინებული და იგი სამწუხაროდ არ შესრულებულა. ამჯერად საჭირო იქნება ახალი 2008 წლის 21 მაისის დირექტივის შესწავლა და მისი შესაბამისი ნორმების დამტკიცება.

- **გარემოში ქიმიურ საშუალებათა გამოყენების ნორმები**

საქართველოს გარემოს დაცვის კანონის შესაბამისად, მინერალური სასუქების, მცენარეთა დაცვის, ზრდის სტიმულატორების და სხვა ქიმიური საშუალებების გარემოში გამოყენების ნორმები დგინდება იმგვარად, რომ საფრთხე არ შეექმნას ადამიანის ჯანმრთელობას, მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროს, ნიადაგს.

გარემოში ქიმიურ საშუალებათა გამოყენების ნორმებს (მათ შორის მცენარეთა დაცვის და ნიადაგის განოციერების ქიმიურ საშუალებათა) და ამ ქიმიურ საშუალებათა (ნივთიერებათა) ტრანსპორტირების, შენახვისა და გამოყენების წესებს ყოველ ხუთ წელიწადში ერთხელ შეიმუშავებს და ამტკიცებს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო დებულებით "გარემოში ქიმიურ საშუალებათა გამოყენების ნორმებისა და ქიმიურ საშუალებათა ტრანსპორტირების, შენახვისა და გამოყენების წესების შესახებ" საქართველოს ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროსთან შეთანხმებით.

ქიმიურ ნივთიერებათა ოპტიმალური გამოყენების, მოხმარების, მათ გამოყენებასთან დაკავშირებული რისკის შემცირების, აღრიცხვისა და კონტროლის მიზნით დგება ქიმიურ ნივთიერებათა ერთიანი სახელმწიფო რეესტრი, რომლის შედგენის წესს განსაზღვრავს საქართველოს კანონმდებლობა.

- **გარემოზე დატვირთვის ნორმები**

საქართველოს გარემოს დაცვის კანონის შესაბამისად, ბუნებრივი ეკოსისტემებით, ლანდშაფტებით და სხვა ტერიტორიებით სარგებლობისას და ათვისებისას დგინდება მათი დატვირთვის ზღვრულად დასაშვები ნორმები (გარემოზე დატვირთვის ნორმები).

გარემოზე დატვირთვის ნორმები მოიცავენ ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობის კვოტებს, რომლებიც მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით დგინდება სახელმწიფო დონეზე. ბუნებრივი რესურსების ცალკეული სახეობებით სარგებლობის კვოტები დგინდება რეგიონალურ და ადგილობრივ დონეებზე.

გარემოზე დატვირთვის ნორმებს ყოველ ხუთ წელიწადში ერთხელ შეიმუშავენ და ამტკიცებს საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო დებულებით "გარემოზე დატვირთვის ნორმების შესახებ".

- **ეკოლოგიური მოთხოვნები პროდუქციისადმი**

საქართველოს გარემოს დაცვის კანონის შესაბამისად, ფართო მოხმარების პროდუქციის წარმოების, ტრანსპორტირებისა და შენახვის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს გარემოზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე მავნე ზემოქმედების ზღვრულად დასაშვები ნორმები.

საკვებ პროდუქტებში ქიმიურ ნივთიერებათა რაოდენობის ზღვრულად დასაშვები ნორმები დგინდება ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო მინიმალური დოზის დონეზე და მას ამტკიცებს საქართველოს ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტრო დებულებით "საკვებ პროდუქტებში ქიმიურ ნივთიერებათა რაოდენობის ზღვრულად დასაშვები ნორმების შესახებ".

ნივთიერებათა საშიშროების მაჩვენებლები

გამაჰუჰყიანებელი ნივთიერებები ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედების ხარისხის მიხედვით დაყოფილია საშიშროების კლასებად. აღნიშნული დაყოფა მოქმედებდა სსრკ-ის არსებობის დროს და ამჟამად გამოიყენება რუსეთის გარემოსდაცვით კანონმდებლობაში. საქართველოში, ამჟამად მოქმედი ძველი კანონმდებლობის მიხედვით ეს მაჩვენებლები ჯერ-ჯერობით ისევ გამოიყენება.

ნივთიერებების საშიშროების მაჩვენებლად გამოდის (წარმოჩინდება) მისი გრძელვადიანი (რეზორბციული) ზემოქმედება, სხვანაირად, ადამიანის ორგანიზმში დაგროვების შესაძლებლობა, რომლის მიხედვით ისინი დაყოფილია 4 კლასად.

- I კლასი: განსაკუთრებულად საშიში (ზდკს.ზ<0,1 მგ/მ³);
- II კლასი: მაღალი საშიშროების (ზდკს.ზ=0,1-1,0 მგ/მ³);
- III კლასი: ზომიერად საშიში (ზდკს.ზ=1,0-10,0 მგ/მ³);
- IV კლასი: მცირედ საშიში (ზდკს.ზ>10 მგ/მ³).

მაგალითად, განსაკუთრებულად საშიში ნივთიერებებია (I კლასი): ბერილიუმი, ვერცხლისწყალი, ბანზ(ა)პირენი, ლინდანი, 2,3,7,8-დიოქსინი, დიქლორეთილენი, დიეთილვერცხლისწყალი, გალიუმი, ტეტრაეთილტყვია, ტეტრაეთილკალა, ტრიქლორ-ბიფენილი.

მაღალი საშიშროების ნივთიერებები (II კლასი): ალუმინი, ბარიუმი, ბორი, კადმიუმი, მოლიბდენი, დარიშხანი, ნიტრატები, ტყვია, სელენი, სტრონციუმი, ციანიდები

ზომიერად საშიში და მცირედ საშიში ნივთიერებები (III და IV ჯგუფის ტოქსიკური ნივთიერებებია): ამონიუმი, ნიკელი, ნიტრატები, ქრომი, სპილენძი, მანგანუმი, თუთია, ფენოლები, ნავთობპროდუქტები, ფოსფატები.

თანამედროვე გარემოსდაცვით მეცნიერებაში ნივთიერების ტოქსიკურობის დასახასიათებლად შემოღებულია სუპერ-ეკოტოქსიკანტის ცნება. იმ ნივთიერებებს, რომელთა ტოქსიკურობა ვლინდება მცირე კონცენტრაციების (დოზების) დროს სუპერეკოტოქსიკანტებს წოდებენ. ფაქტურად, სუპერეკოტოქსიკანტებისათვის ზღვრულად დასაშვები კონცენ-

ტრაციის (ზდკ) შემოღება აზრს კარგავს, რადგან ისინი ტოქსიკურნი არიან ნებიმიერი კონცენტრაციის დროს. სუპერეკოტოქსიკანტებს განეკუთვნებიან ორგანული ნაერთები - დიოქსინები და პოლიქლორობირებული ბიფენილები, რომლებიც ჩვენს მიერ შემდგომში იქნება განხილული.

ცხრილი 9

ჰიგიენური თვალსაზრისით წყლის ყველაზე მეტად დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების ჩამონათვალი (1986 წელი, სსრკ ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტრო)

ნივთიერება	ზდკ სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური მაჩვენებლის მიხედვით, მგ/ლ	საშიშროების კლასი	ნივთიერება	ზდკ სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური მაჩვენებლის მიხედვით, მგ/ლ	საშიშროების კლასი
აკრილამიდი	0,01	2	კადმიუმი	0,001	2
ალუმინი	0,5	2	კობალტი	1,0	2
ანილინი	0,1	2	მ- და პ- კრეზოლი	0,004	2
აგეტონციანჰიდინი	0,001	2	ლითიუმი	0,003	2
ბარიუმი	0,1	2	ნიტრატები	10,0	2
ბენზოლი	0,5	2	მ- და პ- ნიტროფენოლი	0,06	2
ბანზ(ა)პირენი	0,000005	1	პ- ნიტროფენოლი	0,02	2
ბერილიუმი	0,0002	1	პენტაქლორბიფენილი	0,01	2
ბორი	0,5	2	პირიდინი	0,2	2
ბრომი	0,2	2	ვერცხლისწყალი	0,0005	1
ბისმუტი	0,1	2	ტყვია	0,03	2
ვოლფრამი	0,05	2	სტრონციუმი	7,0	2
ჰექსამეთილენდიამინი	0,01	2	სტიბიუმი	0,05	2
დდტ	0,1	2	თალიუმი	0,0001	1
დიმეთილამინი	0,1	2	ტეტრაქლორბენზოლი	0,02	1
დიმეთილდიოქსანი	0,005	2	ტეტრაქლორეთილენი	0,02	2
2,5-დიქლორნიტრო-ბენზოლი	0,1	2	ოთხქლორიანი ნახშირბადი	0,006	2
დიქლორეთანი	0,02	2	ტრიკრეზილფოსფატი	0,005	2
დიქლორეთილენი	0,0006	1	ტრიქლორბიფენილი	0,001	1
დიეთილვერცხლისწყალი	0,0001	1	ფტორი	1,5	2
ტეტრაეთილტყვია	არ არსებობა	1	ქლოროფორმი	0,06	2
ეთილმერკურქლორიდი	0,0001	1			

გარემოს ქიმიური გამაჭუჭყიანებლები

ქიმიური ნივთიერებებიდან მოქმედების საშიშროების გამო განსაკუთრებული „პრიორიტეტი“ მიენიჭათ შემდეგ პოლუტანტებს (ცხრ. 10)
ცხრილი 10

პრიორიტეტული პოლუტანტების ჩამონათვალი

ატმოსფერული ჰაერი	წყალი, წყლის ობიექტები	სამუშაო ზონის ჰაერი
<ul style="list-style-type: none"> - აზოტის ოქსიდები - აკრილატები - ალდრინი* - ალიფატური ნაჯერი ნახშირწყალბადები - ალიფატური უჯერი ნახშირწყალბადები - ამიაკი - ანილინი - ასბესტი - აცეტონი - ბენზ(ა)პირენი - ბენზოლი - გოგირდმჟავა - გოგირდნახშირბადი - გოგირდწყალბადი - დდტ* - დილდრინი* - ენდრინი* - ვერცხლისწყალი და მისი ნაერთები - ვინილქლორიდი - თოქსაფენი* - მეთილმერკაპტანი - მირექსი* - მოკლე ჯაჭვიანი ქლორირებული პარაფინები* - ნახშირბადის ოქსიდები - ნიკელი და მისი ნაერთები - ოზონი - პენტაქლოროფენოლი* - პოლიქლორირებული დიოქსინები* - პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები* - სინთეზური ცხიმოვანი მჟავები - სპილენძი და მისი ნაერთები - სტიროლი - ტყვია და მისი ნაერთები - ფენოლი - ფორმალდეჰიდი - ქლორწყალბადი - ჰეპტაქლორი* - ჰექსაბრომდიფენილი* - ჰექსაქლორბენზოლი* 	<ul style="list-style-type: none"> - ალდრინი* - ანილინი - აცეტონი - ბენზოლი - დდტ* - დილდრინი* - ენდრინი* - ვერცხლისწყალი და მისი ნაერთები - თოქსაფენი* - კადმიუმი და მისი ნაერთები - ლინდანი* - მირექსი* - მოკლე ჯაჭვიანი ქლორირებული პარაფინები* - ნავთობპროდუქტები - ნიკელი და მისი ნაერთები - ოზონი - პენტაქლოროფენილი* - პოლიქლორირებული დიოქსინები* - რკინა - სინთეზური ზან-ი - სტიროლი - ტოლუოლი - ტყვია და მისი ნაერთები - ფენოლი - ფტორი - ქლორდანი* - ქლორორგანული ნაერთები - ქრომი და მისი ნაერთები - ჰეპტაქლორი* - ჰექსაბრომდიფენილი* - ჰექსაქლორბენზოლი* 	<ul style="list-style-type: none"> - აზოტის ოქსიდები - ალდრინი* - ამიაკი - ანილინი - ასბესტი - აცეტონი - ბენზინი - ბენზოლი - გოგირდმჟავა - გოგირდოვანი ანჰიდრიდი - გოგირდწყალბადი - დდტ* - დილდრინი* - დიქლორეთანი - ენდრინი* - ვერცხლისწყალი და მისი ნაერთები - ვინილქლორიდი - თოქსაფენი* - კადმიუმი და მისი ნაერთები - ლინდანი* - მანგანუმი და მისი ნაერთები - მირექსი* - მოკლე ჯაჭვიანი ქლორირებული პარაფინები* - ნახშირბადის ოქსიდები - ნიკელი და მისი ნაერთები - ოზონი - პენტაქლოროფენოლი* - პოლიქლორირებული დიოქსინები* - პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები* - სტიროლი - ტოლუოლი - ტყვია და მისი ნაერთები - ფენოლი - ფტორწყალბადი - ქლორდანი* - ქლორწყალბადი - ქრომი და მისი ნაერთები - ქსილოლი - ჰეპტაქლორი* - ჰექსაბრომდიფენილი* - ჰექსაქლორბენზოლი* - ჰიდრაზინი და მისი ნაერთები

* - ნივთიერებები, რომლებიც ექვემდებარებიან აკრძალვას და (ან) მათი გამოყენების შეზღუდვას

ატმოსფერული ჰაერის ძირითად პოლუტანტებს, რომელთა წილ-
ზეც მოდის მავნე ნივთიერებათა გამონატყორცნების 98% გოგირდის დი-
ოქსიდი, აზოტის ოქსიდები, ნახშირჟანგი და მტვრის ნაწილაკები წარმო-
ადგენენ. ამასთან ერთად, ქალაქებისა და დასახლებების ატმოსფერულ
ჰაერში გამოიტყორცნება სხვა მავნე ნივთიერებებიც: ტყვია, ვერცხლის-
წყალი, კადმიუმი და სხვა მძიმე ლითონები (ავტომობილის გამონაბოლ-
ქვები, სადნობი ღუმელები), ნახშირწყალბადები, რომელთა შორის ძლი-
ერ სახიფათოა ბენზ(ა)პირენი, ალდეჰიდები (პირველ რიგში ფორმალდე-
ჰიდი), გოგირდწყალბადი, ტოქსიკური აქროლადი გამხსნელები (ბენზი-
ნი, სპირტები, ეთერები) და სხვ.

ევროკავშირისა და აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს (EPA) სტან-
დარტით ატმოსფერული ჰაერის სისუფთავის კრიტერიუმებად მიღებუ-
ლია ექვსი ძირითადი პოლუტანტი - ოზონი(O₃), მტვრის ნაწილაკები
(PM₁₀ და PM_{2.5}), ნახშირჟანგი (CO), გოგირდის დიოქსიდი (SO₂), აზოტის
ოქსიდები (NO_x) და ტყვია (Pb). ეს პოლუტანტები ჩვენს მიერ მომდევნო
თავში იქნება განხილული.

არაორგანული პოლუტანტები

• ნახშირბადის ოქსიდები

ნახშირბადის მონოოქსიდი (CO)

ნახშირბადის მონოოქსიდი ანუ ნახშირჟანგი (CO) წარმოიქმნება ნახ-
შირბადშემცველი ნაერთების არასრული წვის დროს. იგი ერთ-ერთი ყვე-
ლაზე ტოქსიკური აირადი გამაჭუჭყიანებელია.

CO ძლიერ ტოქსიკურად მოქმედებს ადამიანის ორგანიზმზე, სხვაგვა-
რად მას “მხუთავ აირს“ უწოდებენ. CO-თი მწვავე მოწამვლის დროს
ადამიანი დუნდება, ვითარდება თავბრუსხვევა, ლებინება, ძილიანობა,
გონების დაკარგვა და ლეტალური შედეგი უჟანგბადობის გამო. CO-ს
ასეთი მოქმედება გამოწვეულია მისი უნარით დაუკავშირდეს სისხლის
ჰემოგლობინის რკინას (წარმოიქმნება მეთემოგლობინი) და დაუკარგოს
მას მისი მთავარი ფუნქცია - ჟანგბადის გადატანის უნარი. ატმოსფერულ

ჰაერში CO-ს დაბალი კონცენტრაციისას ასეთი მოქმედება არ შეინიშნება, მაგრამ სახიფათოა გულ-სისხლძარღვთა და ანემიით დაავადებული ადამიანებისათვის.

ნახშირჟანგის ბუნებრივი ემისიის წყაროებია ვულკანის მოქმედება და ატმოსფეროში მეთანის ფოტოქიმიური დაჟანგვა. მისი ანთროპოგენური წარმოქმნა, უპირველეს ყოვლისა, საწვავის წვასთანაა დაკავშირებული. CO-ს მნიშვნელოვანი გამოტყორცნით ხასიათდებიან მეტალურგიული ქარხნები, განსაკუთრებით ბრძმედის აირი (30%-მდე), ფოლადსადნობი ელექტრორკალური ღუმელის გამონაბოლქვი აირი (15-25%), კონვერტერის აირი (80-85%), კოქსისა და გენერატორის აირები. ასევე მნიშვნელოვანია CO-ს გამოტყორცნა ატმოსფეროში საავტომობილო პარკის მიერ. CO-ს გამოყოფა განსაკუთრებით მაღალია ძრავის ამუშავების და ე.წ. “უქმი რეჟიმის“ დროს. CO-ს გარემოში გამოყოფის შესაზღუდად მოწინავე ავტომწარმოებელი კომპანიები ავტომობილის მაყუჩში ამონტაჟებენ სპეციალურ კატალიზატორებს, რომლებიც ხელს უწყობენ საწვავის ბოლომდე, CO₂-მდე დაჟანგვას.

ცხრილი 11

ავტოტრანპორტის გამონაბოლქვი აირების ზეგავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე (ხ. ფრენჩის მიხედვით, 1992)

მაგნე ნივთიერება	ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედების შედეგი
ნახშირბადის ოქსიდი	ეწინააღმდეგება სისხლის მიერ ჟანგბადის აბსორბციას, რაც ასუსტებს აზროვნებას, ანელებს რეფლექსებს, იწვევს ძილიანობას და შეიძლება იყოს გონების დაკარგვისა და სიკვდილის მიზეზი
ტყვია	ზემოქმედებს სისხლისგადამტან, ნერვულ და შარდსასქესო სისტემებზე იწვევს, სავარაუდოდ, ბავშვების გონებრივი მონაცემების დაქვეითებას, გროვდება ძვლებსა და სხვა ქსოვილებში, ამიტომ სახიფათოა ხაგრძლივი დროის განმავლობაში.
აზოტის ოქსიდები	შეუძლიათ გაზარდონ ორგანიზმის მგრძობელობა ვირუსული დაავადებების (გრიპის ტიპის) მიმართ, აღიზიანებენ ფილტვებს, იწვევენ ბრონქიტსა და პნევმონიას.
ოზონი	აღიზიანებს სასუნთქი გზების ლორწოვან გარსს, იწვევს ხველას, არღვევს ფილტვების მუშაობას, ამცირებს გაცივების დაავადებებისადმი ორგანიზმის წინააღმდეგობის უნარს, შეიძლება გაამწვავოს გულის ქრონიკული დაავადებები, ასევე გამოიწვიოს ასთმა და ბრონქიტი.
ტოქსიკური გამონატყორცნები (მძიმე მეტალები)	იწვევენ სიმსივნურ დაავადებებს, სასქესო სისტემის ფუნქციის დარღვევებსა და დეფექტებს ახალშობილებში.

ღია ატმოსფეროში ნივთიერებები სწრაფად გადაადგილდება და განზავდება, ამიტომ ავტომობილების გამონაბოლქვებში შემავალი CO ჰაერში საშიში რაოდენობით არ უნდა გროვდებოდეს. მიუხედავად ამისა, ზოგიერთ პირობებში CO-თი ჰაერის ლოკალურმა გაჭუჭყიანებამ შეიძლება განსაკუთრებულად საშიშ ზღვრებს მიაღწიოს. მაგალითად, დიდი ქალაქებისა და ავტოსტრადების თავზე, როდესაც მაღალი ატმოსფერული წნევისა და ტემპერატურული ინვერსიის გამო ჰაერის მასების გადაადგილება იზღუდება ე.წ. “კანიონის ეფექტი” იქმნება. საქართველოში მოქმედი კანონმდებლობით, ჰაერში CO ზღვ არის 0,02 მგ/ლ.

ნახშირორჟანგი (CO₂)

ნახშირბადის დიოქსიდი ანუ ნახშირორჟანგი ნორმალურ ბუნებრივ პირობებში ატმოსფეროს მოცულობის დაახლოებით 0,03% შეადგენს.

CO₂-ის ბუნებრივი ემისიის წყარო მრავალგვარია - ვულკანების ამოფრქვევა, სუნთქვის პროცესი, ორგანული ნაერთების მიკრობიოლოგიური დაშლა, ტყის მასივების ხანძრები.

ბიოსფეროში მიმდინარე ნახშირბადის წრებრუნვა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს CO₂-ის გამოყოფისა და მისი შებოჭვის პროცესებში.

CO₂ ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით გამოიტყორცნება ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობის შედეგად. CO₂ ყველა ორგანული ნაერთისა და ნახშირბადის შემცველი არაორგანული ნაერთების სრული წვის საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს, ამიტომ “ანთროპოგენური CO₂“ განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გამოიყოფა სხვადასხვა სახის საწვავის წვის შედეგად.

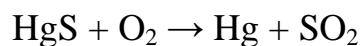
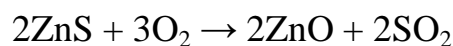
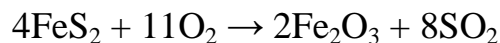
ერთის მხრივ CO₂-ის ემისიის ზრდა საწვავის შეუზღუდავი რაოდენობით წვის შედეგად, ხოლო მეორეს მხრივ CO₂-ის ფიქსაციის შეფერხება მცენარეული საფარის შემცირების გამო (რაც თან სდევს ურბანიზაციას, ტყეების გაჩეხვას და სხვა), იწვევს ატმოსფერულ ჰაერში CO₂-ის კონცენტრაციის გაზრდას, რის შედეგადაც ადგილი აქვს პლანეტის გლობალური ეკოლოგიური პრობლემის - ე.წ. “სათბურის ეფექტის“ წარმოქმნას, რომელსაც შემდეგში განვიხილავთ.

- გოგირდის დიოქსიდი - SO₂

ატმოსფეროში SO₂-ის გამოყოფის ბუნებრივ წყაროს პირველ რიგში მიეკუთვნებიან ვულკანები, ტყის ხანძრები, გოგირდის შემცველი ნაერთების მიკრობიოლოგიური გადაქმნები და სხვ.

გოგირდი დედამიწაზე ფართოდ გავრცელებული ელემენტია. ბუნებაში ფართოდაა გავრცელებული გოგირდის ნაერთები სხვადასხვა ლითონებთან. მრავალი მათგანი ფასეულ მადნებს (ZnS, HgS, PbS, Cu₂S, FeS₂, CuFeS₂, MnS, Co, NiS, Ag₂S და სხვა) წარმოადგენს. ამ მადნების გადამუშავების შედეგად შავი და ფერადი მეტალების წარმოებაში გამოტყორცნილი აირები გოგირდის დიოქსიდის მნიშვნელოვან რაოდენობას შეიცავენ.

მაგალითად მოვიყვანოთ ZnS, FeS₂, HgS-იდან მეტალების მიღების მიზნით წარმართული რეაქციების ქიმიურ ტოლობებს:



თანამედროვე მრეწველობის დარგებიდან გოგირდის დიოქსიდის გამოტყორცნის მნიშვნელოვან წყაროებს წარმოადგენენ მეტალურგიული, ნავთობგადამამუშავებელი და ქიმიური მრეწველობები. ატმოსფეროში გოგირდის დიოქსიდის გამოტყორცნის მნიშვნელოვანი წილი მოდის სხვადასხვა სახის სათბობის წვის შედეგად. ქვანახშირი, საწვავი ფიქალეები, დიზელის საწვავი, მაზუთი და ბენზინი ხასიათდებიან მათში გოგირდის ნაერთების მინარევების არსებობით, რის შედეგადაც ასეთი სახის საწვავისა და ენერგომატარებლების წვისას ყოველწლიურად ატმოსფეროში მნიშვნელოვანი რაოდენობის გოგირდის ოქსიდები გამოიტყორცნება. მასაჩუტერსის ტექნოლოგიური ინსტიტუტის (აშშ) ექსპერტთა შეფასებით 2000 წელს SO₂ მსოფლიო გამოტყორცნამ 275 მლნ ტონა შეადგინა.

ატმოსფეროში გამოტყორცნილი SO₂ უცვლელი სახით საშუალოდ ორი კვირის მანძილზე შეიძლება არსებობდეს. დროის ამ მონაკვეთის განმავლობაში აირი ვერ ასწრებს გლობალური მასშტაბით გავრცელებას, ამიტომ შესაძლებელია, რომ ემისიის წყაროს ირგვლივ SO₂-მა ატმოსფეროს ლოკალური გაჭუჭყიანება გამოიწვიოს. გოგირდის დიოქსიდი აზო-

ტის ოქსიდებთან ერთად ატმოსფეროში მთელ რიგ ქიმიურ გარდაქმნებს განიცდის, რაც ე.წ. „მჟავურ წვიმებს“ იწვევს.

SO₂ ატმოსფეროს ტენთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის გოგირდმჟავას, რომელიც შლის ადამიანისა და ცხოველის ფილტვის ქსოვილებს. ეს ყველაზე ხშირად ვლინდება დიდ ქალაქებში ბავშვთა ფილტვების პათოლოგიის ანალიზისას. SO₂ განსაკუთრებით სახიფათოა, როცა ილექება ძალზე მცირე ზომის მტვრის ნაწილაკებზე და მისი საშუალებით შეაღწევს სასუნთქ გზების სიღრმეებში.

SO₂ ტოქსიკურად მოქმედებს მცენარეებზე. ჰაერთან ერთად იგი აღწევს მცენარეთა ფოთლებში, ამცირებს უჯრედთა სიცოცხლის უნარიანობას და მცენარე ხმება.

ცხრილი 12

ჰაერის გამაჟუჭყიანებელი ნაერთების ტოქსიკურობა მცენარეებისათვის (ბონდარენკო, 1985)

მავნე ნივთიერება	დაზასიათება
გოგირდის დიოქსიდი	ძირითადი დამაჟუჭყიანებელი, მცენარეთა ასიმულაციური ორგანოების საწამლავი, მოქმედებს 30კმ-ის დაშორებითაც.
ფტორწყალბადი და ოთხქლორიანი სილიციუმი	ტოქსიკურია მცირე რაოდენობითაც, აზასიათებთ მიდრეკილება აეროზოლების წარმოქმნისადმი, მოქმედებს 5კმ-ის დაშორებითაც.
ქლორი, ქლორწყალბადი	მცენარეებს ძირითადად აზიანებენ ახლო მანძილიდან
ტყვიის ნაერთი, ნახშირწყალბადები, ნახშირბადის ოქსიდი, აზოტის ოქსიდები	აბინძურებენ მცენარეებს მრეწველობისა და ტრანსპორტის მაღალი კონცენტრაციის ადგილებში
გოგირდწყალბადი	უჯრედული და ფერმენტული საწამლავი
ამიაკი	მცენარეებს აზიანებს ახლო მანძილიდან

- აზოტის ოქსიდები (NO_x)

ცნობილია აზოტის შემდეგი სახის ოქსიდები - NO , NO_2 და N_2O_4 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_5 . გარემოსდაცვით მეცნიერებაში NO_x -ით ძირითადად აღნიშნავენ ორ ოქსიდს - NO (აზოტის მონოოქსიდი) და NO_2 (აზოტის დიოქსიდი). აღნიშნული ოქსიდები ძლიერტოქსიკური ნივთიერებებია - 0,5 მგ/ლ კონცენტრაციის დროს იწვევენ ფილტვებისა და სასუნთქი გზების მძიმე დაავადებებს. აზოტის მონოოქსიდი არ აღიზიანებს სასუნთქ გზებს და ამიტომაც მას ადამიანი ვერ შეიგრძნობს. ჩასუნთქვისას NO ჰემოგლობინთან წარმოქმნის მეთჰემოგლობინს, რითაც ირღევა სისხლის მიერ ჟანგბადის გადატანის პროცესი, რაც ადამიანის ხუთვას იწვევს.

აზოტის დიოქსიდის (NO_2) მაქსიმალური ერთჯერადი კონცენტრაცია ეროვნული სტანდარტით (ყოფილი სსრკ-ს ნორმები) დადგენილია 0,085 მგ/მ³-ის დონეზე მაშინ, როდესაც მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის რეკომენდაციებით ეს მაჩვენებელი 0,2 მგ/მ³-ია. (ანუ უფრო ლიბერალურია 0,2/0.085 \approx 2,5 ჯერ). საინტერესოა, რომ აშშ-ს გარემოსდაცვის საგენტოს ჰაერის სტანდარტებში მისი დასაშვები კონცენტრაციაა 0,1 მგ/მ³ (ანუ 0.053 ppm).

NO და NO_2 წარმოადგენენ ანთროპოგენური წარმოშობის აზოტის ოქსიდებს, რომლებიც მაღალ ტემპერატურაზე სათბობის წვის დროს წარმოიქმნებიან. გარემოში NO_x -ის გამოყოფის ძირითადი წყაროა ქვანახშირისა და ნავთობის წვის პროცესები, ბენზინზე მომუშავე საავტომობილო ტრანსპორტი, ქიმიური და მძიმე მრეწველობის საწარმოები. აზოტის ოქსიდებით ანთროპოგენური დაბინძურება კრიტიკულ ზღვარს მჭიდროდ დასახლებულ სამრეწველო ქალაქებში აღწევს.

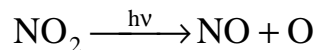
ემიის წყაროდან დაცილებასთან ერთად NO -ს სულ უფრო მეტი რაოდენობა გადადის NO_2 -ში. გარემოსდაცვითი კუთხით აზოტის ოქსიდები განიხილება როგორც „მჟაური წვიმების“, „სათბურის ეფექტისა“ და ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნის ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი კომპონენტი.

გარემოზე აზოტის ოქსიდების არასასურველი ზემოქმედება არაპირდაპირი გზითაც ხდება, კერძოდ ისინი იწვევენ ე.წ. მეორადი პოლუტანტების ფორმირებას, რომლებიც მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევიან. ერთ-ერთი ასეთი პოლუტანტია ტროპოსფერული ოზონი.

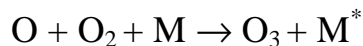
• **ოზონი**

ატმოსფეროში აზოტის ოქსიდების კონცენტრაციის ზრდისას, მათი ფოტოქიმიური გარდაქმნისას ადგილი აქვს ოზონის წარმოქმნას. ასეთი სახის ოზონი განიხილება როგორც „მეორადი პოლუტანტი“ და მას ტროპოსფერულ ოზონს უწოდებენ.

მრეწველობის მიერ დაჭუჭყიანებულ ჰაერში NO₂ იშლება:



ამის შემდეგ წარმოქმნილი ატომური ჟანგბადი და რომელიმე აირადი მოლეკულა (რომელიც ადვილად გადადის ალგზნებულ მდგომარეობაში), წარმოქმნიან ოზონს:



(M – რომელიმე გაზობრივი მოლეკულაა, ძირითადად ლითონური წარმოშობის აეროზოლი).

ნორმალურ პირობებში ოზონი (O₃) ცისფერი გაზია და მკვეთრი გამაღიზიანებელი სუნი აქვს. ოზონი ძლიერი საწამლავია. ატმოსფერულ ჰაერში ჩვეულებრივ ოზონის კონცენტრაცია 10⁻⁷-10⁻⁶ %-ია. თუმცა, მისი უმცირესი შემცველობა ჰაერში, მადეზინფექციონიზებული თვისების გამო სასარგებლოა. საქართველოში მოქმედი კანონმდებლობით (ყოფილი სსრკ-ს ნორმები), ატმოსფერულ ჰაერში ოზონის მაქსიმალური ერთჯერადი კონცენტრაცია 0,16 მგ/მ³, ხოლო საშუალო დღე-ღამური 0,03 მგ/მ³. აშშ-ს EPA-ს მიხედვით ოზონის 1სთ-იანი მოქმედებისას მისი დასაშვები კონცენტრაციაა 0,12 ppm (235 მკგ/მ³), ხოლო 8 სთ-იანი მოქმედებისას - 0,08 ppm.

როგორც ავლნიშნეთ, ოზონი წარმოადგენს ერთ-ერთ კარგ მადეზინფექციონიზებელ საშუალებას (ანადგურებს ბაქტერიებს), რაც განპირობებულია ოზონის დაჟანგვის მაღალი უნარით. ოთახის ტემპერატურაზე ოზონი თავისთავად იშლება ატომური ჟანგბადის გამოყოფით: O₃→O₂+O. სწორედ ატომური ჟანგბადის გამოყოფის უნარითაა განპირობებული ოზონის, როგორც უძლიერესი დამჟანგველის თვისება. აღნიშნული გამო, მთელ რიგ წამყვან ქვეყნებში (მაგ. საფრანგეთი) ოზონი გამოიყენება სას-

მელი წყლის დეზინფექციისათვის (ეს პროცესი წარმოადგენს წყლის დეზინფექციის ყველაზე უსაფრთხო, მაგრამ ძვირადღირებულ მეთოდს), მცირე რაოდენობით ოზონი გამოიყენება ჰაერში სუნის მოსპობისათვის (დეზოდორაცია), უკანასკნელ ხანებში ასევე საუბარია მის გამოყენებაზე სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა მოსავლის ხანგრძლივი შენახვისათვის და სხვა.

ტექნიკაში ოზონს ღებულობენ ჟანგბადზე ნელი ელექტრონული მუხტის მოქმედების შედეგად. ნორმალურ პირობებში ოზონი ატმოსფერული ჟანგბადიდან წარმოიქმნება ჭექა-ქუხილის დროს, ხოლო ატმოსფეროში, დედამიწის ზედაპირიდან 20-30 კმ სიმაღლეზე მზის ულტრაიისფერი სხივების მოქმედების შედეგად (იხ. ოზონის შრე).

• სმოგის წარმოქმნა

ატმოსფეროში მოხვედრილი ქიმიური ტოქსიკანტები ბიოსფეროს სხვა კომპონენტებთან შედარებით (ნიადაგი, წყალი) სწრაფად ვრცელდება და განიბნევა. მიუხედავად ამისა, ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური, გეოგრაფიული და მეტეოროლოგიური პირობების ერთობლივი მოქმედებისას შესაძლებელია ჰაერის ხანგრძლივი ლოკალური გაჭუჭყიანებაც. ასეთი გაჭუჭყიანების მაგალითია სმოგის წარმოქმნა.

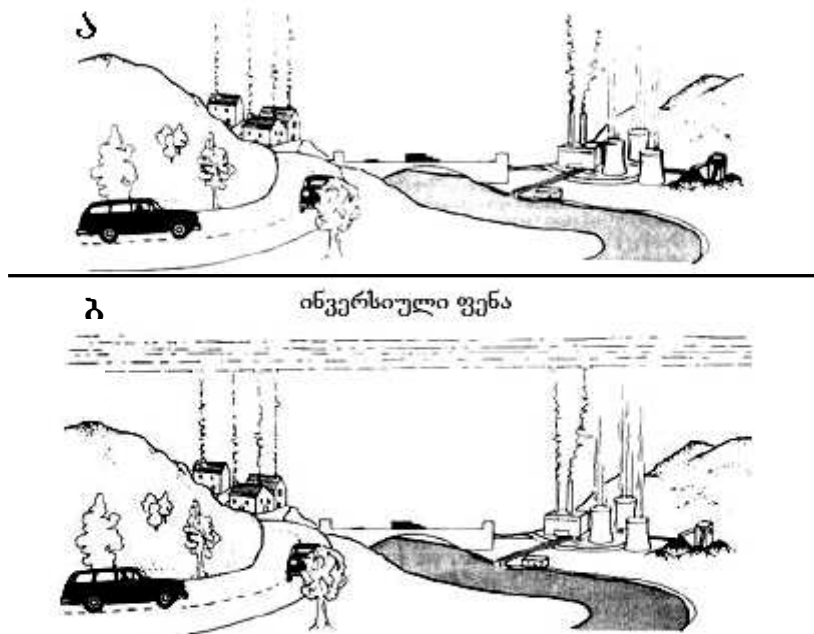
სმოგი (წარმოიშვა სიტყვიდან smoke + fog ე.ი. კვამლი + ნისლი) აირების ნარევი, რომელიც მოყავისფრო-მოყვითალო ან მეწამული ფერის ნისლის ნახევრადგამჭირვალე აფკის სახით ხანგრძლივი დროის განმავლობაში არსებობს დიდ ქალაქებსა და სამრეწველო ცენტრების თავზე. არსებობს ყინულოვანი, ტენიანი და ფოტოქიმიური სმოგი.

ყინულოვანი სმოგი (ალიასკის ტიპის) - აირადი დამაჭუჭყიანებლის, მტვრის ნაწილაკთა და ყინულის კრისტალების ნარევი. ყინულის კრისტალები წარმოიქმნება ნისლის წვეთებისა და ორთქლის გაყინვისას.

ლონდონური ტიპის (ტენიანი) სმოგი (ზამთრის) წარმოიქმნება ბლანტი ნისლისა და აირადი დამაჭუჭყიანებლების (კვამლი, აირადი მინარევი, მტვერი) შერწყმის შედეგად. იგი წარმოადგენს აეროზოლს, რომლის ძირითადი კომპონენტებია SO₂, H₂SO₄, ჭვარტლი. ასეთი სახის სმოგი შესაძლებელია წარმოიქმნას მშრალი კლიმატის პირობებში, უქარობისა

და ტემპერატურული ინვერსიის დროს. ტემპერატურული ინვერსია არის მოვლენა როცა ატმოსფეროს ფენის ტემპერატურა ნაცვლად შემცირებისა, იზრდება (დედამიწის ზედაპირიდან დაახლოებით 300-400 მ-ით ზემოთ). ცივი ჰაერი „ჩაიკეტება“ თბილი ჰაერის ქვემოთ. საჰაერო მასათა ცვლა მკვეთრად მცირდება და ინვერსიულ ფენაში მავნე ნივთიერებათა დაგროვება ხდება (იხ. ნახ. 2).

ლონდონური ტიპის სმოგის წარმოქმნას ხელს უწყობს ტენიანი ჰაერი და გოგირდის დიოქსიდი, რომელიც დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ზამთრის გათბობის სეზონში ქვანახშირის წვის შედეგად. ასეთი ტიპის სმოგის ფორმირების პროცესი შემდეგში მდგომარეობს: ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით ოზონი იშლება ალგზნებული ჟანგბადის ატომის გამოყოფით, რომელიც წყლის ორთქლთან წარმოქმნიან ჰიდროქსილრადიკალებს - OH· (რომელიც თავადაც ტოქსიკურ აგენტს წარმოადგენს). ამ პირობებში გოგირდის დიოქსიდი ადვილად გარდაიქნება გოგირდმჟავად, ხოლო SO₂, H₂SO₄, და ჭვარტლი წყლის ორთქლთან ერთად სქელ აეროზოლს წარმოქმნის.



ნახ. 2 ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნის ხელშემწყობი ატმოსფერული პირობები
 ა) ინვერსიული ფენის გარეშე
 ბ) ინვერსიული ფენის დროს

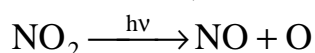
ჰაერში შეწონილი ნაწილაკების დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს მათი თვისება ზედაპირზე მოახდინონ ტენის სორბირება, რომელთანაც შემდგომში ურთიერქმედებს ატმოსფერულ ჰაერში გოგირდის დიოქსიდი. სწორედ მტვრის ნაწილაკებთან ასეთი გზით შეკავშირებული SO₂ და H₂SO₄ აღწევს ალვეოლებში, შთაინთქმება ფილტვების ქსოვილების მიერ და აზიანებს მას. მტვრის ნაწილაკებისა და SO₂ ერთობლივი მოქმედებით აიხსნება 1952 წლის 3-9 დეკემბერს ლონდონის სმოგის დროს 4 ათასი ადამიანის გარდაცვალება, 10 ათასი კი მძიმედ დაავადდა. ამ დროს შეწონილი ნაწილაკების საშუალო დღეღამური კონცენტრაცია არ აღემატებოდა 1,2-4 მგ/მ³, ხოლო SO₂-სა - 0,8-4 მგ/მ³. ცალ-ცალკე აღებული მათი ასეთი კონცენტრაცია შეფასებული იყო როგორც სიცოცხლისათვის არასახიფათო, მაგრამ სმოგის დროს ეს სიდიდეები ლეტალური აღმოჩნდა.

ლოს-ანჯელესის ტიპის ფოტოქიმიური (მშრალი) სმოგი (ზაფხულის) - ტუტე აირებისა და აეროზოლების მაღალი კონცენტრაციის ნარევი, რომელიც ჰაერში წარმოიქმნება მზის რადიაციის მოქმედების ხარჯზე მიმდინარე ფოტოქიმიური რეაქციის შედეგად (ამ რეაქციებში მონაწილეობას იღებს ავტომანქანებისა და ქიმიური საწარმოების მიერ გამოყოფილი აირები).

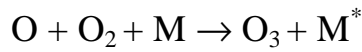
ფოტოქიმიური სმოგი რთული შედგენილობისაა. ის შეიცავს ჟანგვის მაღალი უნარის მქონე დაახლოებით ასი ტოქსიკური ნაერთისა და რადიკალის ნარევს. ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნის ძირითადი წყაროებია: ოზონი, NO_x, აქროლადი ორგანული ნაერთები - ეთანი, პროპანი, ბუთანი, ეთილენი, აცეტილენი, მეთანოლი, ფორმალდეჰიდი და სხვა, რომლებიც ჰაერში სხვადასხვა წყაროებიდან, მათ შორის გამონაბოლქვებიდან ხვდება. ყველა ეს ნაერთი მონაწილეობს მთელ რიგ რეაქციებში, რომელთა შედეგად სმოგის კომპონენტები ე.წ. „მეორეული პოლუტანტები“ ფორმირდება.

ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნის ქიმიური მექანიზმი შემდეგში მდგომარეობს:

მრეწველობის მიერ დაჭუჭყიანებულ ჰაერში NO₂ იშლება:

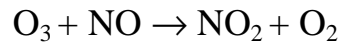


ამის შემდეგ წარმოქმნილი ატომური ჟანგბადი და რომელიმე აირადი მოლეკულა (რომელიც ადვილად გადადის ალგზნებულ მდგომარეობაში), წარმოქმნიან ოზონს:

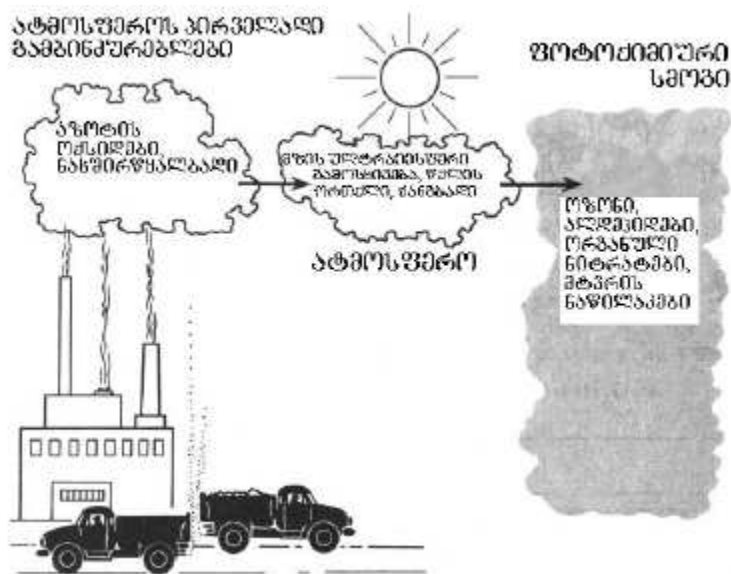


(M – რომელიმე გაზობრივი მოლეკულაა, ძირითადად ლითონური წარმოშობის აეროზოლი).

წარმოქმნილი ტროპოსფერული ოზონი რეაგირებს NO-სთან:



ამავე დროს, ატმოსფერულ ჰაერში ოზონის კონცენტრაცია იზრდება, რადგან არსებული NO-ს რაოდენობა არასაკმარისია ყველა O_3 -ის დასაშლელად. ჰაერში დაგროვილი ოზონი და ორგანული ნაერთები ადამიანზე მავნე ზემოქმედებას ახდენენ. მთლიანად, გარდაქმნის პროდუქტები O_3 -თან ერთად ქმნიან სმოგს, რომელიც ატმოსფეროს ქვედა ფენებისაკენ დაშვებისას იწვევს მასიურ მოწამვლას.



ნახ. 3 ფოტოქიმიური სმოგის წარმოქმნა

სმოგში ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორი ქიმიური შედგენილობისაა ქალაქის სამრეწველო გამონაბოლქვი. მაგალითად, ატმოსფეროში მრავალი ტექნოლოგიური პროცესებისა და ავტომობილების გამონაბოლქვების შედეგად სხვადასხვა ნახშირწყალბადები ხვდებიან, რომელთაგან ორგანული ნაერთების წარმოქმნის რადიკალური მექანიზმით რეაგირებენ ჟანგბადი და

ოზონი. ამ რეაქციათა პროდუქტებად ითვლებიან სხვადასხვა ტოქსიკური ორგანული ნივთიერებები - ალდეჰიდები, კეტონები და პეროქსიდები. ერთ-ერთი ასეთი ყველაზე ძლიერი გამაღიზიანებელი და მავნე ნივთიერებაა უძლიერესი დამჟანგველი - პეროქსიაცეტილნიტრატი ($\text{CH}_3\text{CO-O-O-NO}_2$), რომელიც ფოტოქიმიური სმოგის დროს დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება და რომლის მოქმედება ადამიანებზე ფატალური შედეგით მთავრდება.

- **მყარი შეწონილი ნაწილაკები (PM_{10} და $\text{PM}_{2.5}$)**

ატმოსფეროს მრავალრიცხოვანი კონტამინანტებიდან ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი მყარ შეწონილ ნაწილაკებს უჭირავს. ატმოსფერულ ჰაერში აღნიშნული ნაწილაკების შემცველობის ზრდა დაკავშირებულია ადამიანის ისეთი დაავადებების ზრდასთან, როგორცაა გულის დაავადებები, ფილტვების ფუნქციის ცვლილება და ფილტვების სიმსივნური დაავადებანი.

ცხრილი 13

მყარი შეწონილი ნაწილაკების ფრაქციები ზომების მიხედვით

ფრაქციები	ზომები
PM_{10}	≤ 10 მკმ
$\text{PM}_{2.5}$	≤ 2.5 მკმ
PM_1	≤ 1 მკმ
ზემცირე ნაწილაკები (UFP ან UP)	≤ 0.1 მკმ
$\text{PM}_{10}-\text{PM}_{2.5}$	2.5 მკმ \div 10 მკმ

შენიშვნა: 1 მკმ (μm) = 10^{-6} მ = 10^{-4} სმ, PM_{10} - იგულისხმება მყარი შეწონილი ნაწილაკები, რომელთა დიამეტრი ≤ 10 მკმ, $\text{PM}_{2.5}$ - მყარი შეწონილი ნაწილაკები, რომელთა დიამეტრი $\leq 2,5$ მკმ, $\text{PM}_{10} - \text{PM}_{2.5}$ - $2,5$ მკმ \div 10 მკმ ინტერვალის ზომის ნაწილაკები.

ნაწილაკების ზოგადი კლასიფიკაციისათვის აღებულია მათი შეფარდებითი ზომები, რომლებიც წოდებულია როგორც ფრაქციები. იმის გამო, რომ ნაწილაკები ხშირ შემთხვევაში არასფერული ფორმით ხასიათდებიან (მაგ. ასბესტის ბოჭკო), არსებობს ნაწილაკების ზომის სხვადასხვა განსაზღვრება. ყველაზე ფართოდ გავრცელებული განსაზღვრება, რომე-

ლიც გამოყენებულია ევროპისა და აშშ-ს გარემოსდაცვითი სამსახურებისა და მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მიერ არის ნაწილაკების აეროდინამიკური დიამეტრი. მყარი შეწონილი ნაწილაკების დიამეტრი მერყეობს 10 მილიმიკრონიდან 100 მკმ-მდე. 10 მკმ აეროდინამიკური დიამეტრის მქონე ნაწილაკი აირში გადაადგილდება როგორც 10 მკმ დიამეტრის ერთეულოვანი სიმკვრივის (1გ/სმ^3) სფერო.

ევროსაბჭოს კანონმდებლობით 1999/30/EC და 96/62/EC დირექტივების მიხედვით დადგენილია ატმოსფერულ ჰაერში PM_{10} კონცენტრაციის საშუალო წლიური და დღე-ღამური (24 სთ-იანი) ზღვრული დონე 2005 წლიდან და 2010 წლიდან, რომელიც მოცემულია ცხრილში 14.

US EPA-ს ჰაერის ხარისხის სტანდარტში PM_{10} და $\text{PM}_{2.5}$ დასაშვები კონცენტრაციები სხვაგვარადაა მოცემული (ცხრ. 15).

ცხრილი 14

PM_{10} კონცენტრაციები ატმოსფერულ ჰაერში ევროსაბჭოს კანონმდებლობის მიხედვით (1999/30/EC და 96/62/EC დირექტივები)

PM_{10}	პირველი ეტაპი	მეორე ეტაპი
	2005 წლის 1 იანვრიდან	2010 წლის 1 იანვრიდან
საშუალო წლიური	40 მკგ/მ ³	20 მკგ/მ ³
საშუალო დღე-ღამური (24სთ)	50 მკგ/მ ³	50 მკგ/მ ³

ცხრილი 15

PM_{10} და $\text{PM}_{2.5}$ დასაშვები კონცენტრაციები აშშ-ს EPA-ს ჰაერის ხარისხის სტანდარტში

პოლუტანტი	სტანდარტი	მოქმედების დრო
PM_{10}	150 მკგ/მ ³	24 სთ
$\text{PM}_{2.5}$	35 მკგ/მ ³	24 სთ
$\text{PM}_{2.5}$	15 მკგ/მ ³	წლიური

ლექცია 7

- მძიმე ლითონები**

ადამიანის ორგანიზმისათვის აუცილებელია 22 ქიმიური ელემენტი (Ca, P, O, Na, Mg, S, B, Cl, K, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cr, Si, I, F, Se). მათ გარდა არსებობენ ისეთი ელემენტებიც, რომლებიც ადამიანის ორგანიზმზე ტოქსიკურ ზეგავლენას ახდენენ. განსაკუთრებული ტოქსიკურობით ცნობილია 13 ლითონი: Be, Al, Cr, As, Se, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Hg, Te, Pb.

დღესდღეობით, გარემოს ეკოლოგიური პრობლემებისადმი მიძღვნილ შრომებში მძიმე მეტალებს მიაკუთვნებენ დ. მენდელეევის პერიოდული სისტემის იმ მეტალებს, რომელთა ატომური მასა 50 მ.ა.ე-ზე მეტია. მათ რიცხვს განეკუთვნებიან მეტალები - V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi და სხვა.

მძიმე მეტალებით გარემოს დაბინძურების პრობლემა მწვავედ დადგა კაცობრიობის წინაშე, რადგან მათი მოქმედება დიდ საფრთხეს უქმნის ცოცხალი ორგანიზმების სიცოცხლეს (ცხრ. 16).

ცხრილი 16

სამელ წყალში და ატმოსფეროში არსებული მძიმე მეტალების ზეგავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე

წყლისა და ჰაერის შემადგენლობის კომპონენტები	ზღვ	ბიოლოგიური ეფექტი ორგანიზმში ჭარბად მოხვედრისას ან ზღვ-ს გადაჭარბებისას (ადრეული ქრონიკული ინტოქსიკაციის ბიომარკერები)
1	2	3
ალუმინი	0,5 მგ/ლ	ნეიროტოქსიკური მოქმედება
ბარიუმი	0,1 მგ/ლ	ზემოქმედება გულ-სისხლძარღვთა და სისხლ-წარმომქმნელ სისტემაზე
ბერილიუმი	0,001 მგ/მ ³	ბერილოზი, ფილტვებისა და გულის უკმარისობა, დერმატიტი, კონიუნქტივიტი
ბორი	0,5 მგ/ლ	მამკაცთა რეპროდუქციული ფუნქციის შემცირება, ქალებში ოვულაციურ-მენსტრუაციული ციკლის (ომც) ნახშირწყლების მომცვლის, ფერმენტების აქტივობის დარღვევები, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დარღვევები.
რკინა	0,3 მგ/ლ	ალერგიული რეაქციები, სისხლის დაავადება
კობალტი	0,1 მგ/ლ 0,5 მგ/მ ³	ცნს ფუნქციონალური მდგომარეობისა და ფარისებრი ჯირკვლის დარღვევები
მოლიბდენი	0,25 მგ/ლ	გულ-სისხლძარღვთა დაავადების გაზრდა, ომც-ს დარღვევები, ენდემური ჩიყვი.

1	2	3
კადმიუმი	0,001 მგ/ლ	დაავადება „იტაი-იტაი“, გულ-სისხლძარღვთა და თირკმელების დარღვევები, ონკოლოგიური დაავადებანი, დარღვევები ომც-ს, ორსულობისა და მშობიარობის დარღვევები, მკვდარშობადობა, ძვლის ქსოვილთა დარღვევა, სასუნთქი გზების დაზიანება (ყვითელი რკალი ღრძილებზე და კბილის ირგვლივ)
მანგანუმი	0,1 მგ/ლ 0,3 მგ/მ ³	ანემია, ცნს-ის ფუნქციონალური მდგომარეობის დარღვევა, (გადაღლა, ძილიანობა, მოთენთილობა და აქტიურობის დაკარგვა)
სპილენძი	1,0 მგ/ლ	საშიში დაავადებების გაჩენა, წყალ-მარილოვანი და ცილების ბალანსის, სისხლის ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციის დარღვევა, ომც-ს დარღვევები, თირკმელისა და ღვიძლის დაზიანება
დარიშხანი	0,05 მგ/ლ 0,05 მგ/მ ³	არსენოზი, ნეიროტოქსიკური ზემოქმედება, კანის დაზიანება, ონკოლოგიური დაავადებანი (კანის ტროფიკული დაზიანება - ჰიგმენტაცია, აქერცვლა, ჰიპერკერატოზია, თმის გაცვენა)
ნიკელი	0,1 მგ/ლ 0,5 მგ/მ ³	გულისა და ღვიძლის დაზიანება, ონკოლოგიური დაავადებანი, კერატიტები (ზედა სასუნთქი გზების დაზიანება, ალერგოდერმატოზები, ღრძილებზე ნაცრისფერი ნადები)
ვერცხლისწყალი	0,0005მგ/ლ 0,01 მგ/მ ³	თირკმელების, ნერვული სისტემის, სისხლის სისტემების დაზიანება, გულ-სისხლძარღვთა დაავადების გაზრდა, C და B ავიტამინოზი
ტყვია	0,03 მგ/ლ 0,01 მგ/მ ³	თირკმელების, ნერვული სისტემის, სისხლის სისტემების დაზიანება, გულ-სისხლძარღვთა დაავადების გაზრდა, C და B ავიტამინოზი (სისხლში ამინოლევულინის მჟავას დეჰიდრატაზას აქტივობის შემცირება 10 მკმოლი/წთ-ლ; შარდში ამინოლევულინის მჟავას გაზრდა 114 მკმოლი/გ-მდე და კოპროპორფირინისა 458 ნმოლი/გ-მდე; ანდროგენების დონის ცვლილება)
სელენი		ბავშვებში კბილების კარიესის დაჩქარება, ონკოლოგიური დაავადებანი
სტრონციუმი	7,0 მგ/ლ	სტრონციუმიანი რაქიტი
თალიუმი	0,01 მგ/მ ³	ნერვული სისტემის დაზიანება, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის, თირკმელებისა და ღვიძლის დაზიანება (გადაღლილობა, თავის ტკივილები. ცუდი ძილი, ტკივილები კიდურებში)
ქრომი	0,5 მგ/ლ 0,01 მგ/მ ³	დერმატიტები, ეგზემები, ბრონქიტი, თირკმელებისა და ღვიძლის ფუნქციების დარღვევები (ზედა სასუნთქი გზების დარღვევები, სასუნთქი გზებისა და კანის ალერგიული დაზიანება)
თუთია	1,0 მგ/ლ	ანემია, ცნს-ის ფუნქციის დარღვევები, თირკმელების დაზიანება, გულ-სისხლძარღვთა სისტემისა და ღვიძლის ფუნქციების დარღვევები

დარიშხანი (As)

დარიშხანი ყველაზე ტოქსიკურია იმ ელემენტებს შორის, რომელსაც ადამიანი თავის მოღვაწეობის სფეროში იყენებს. დარიშხანის ყველა ნაერთი მაღალტოქსიკურია.

დარიშხანი შედის სპილენძის, ტყვიის, ნიკელის, კობალტისა და ზოგიერთი სხვა მეტალის შემცველი მადნების შედგენილობაში. გარემოში დარიშხანის მოხვედრა სხვადასხვა გზით არის შესაძლებელი. ესენია: დარიშხანის მოპოვება-გადამუშავების სამთომადნო სამუშაოები, სპილენძის, ტყვიისა და თუთიის გაამოდნობა, ქვანახშირის წვა და ა.შ. გარდა ამისა დარიშხანის ნაერთები გამოიყენება სხვადასხვა პესტიციდების წარმოებაში.

დარიშხანი და მისი ნაერთები იწვევენ სისხლის დაავადებებს, კანის, ცენტრალური ნერვული სისტემისა და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაავადებებს. ეს ნივთიერებები ასევე ხასიათდებიან კანცეროგენული თვისებებით - იწვევენ კანის, ღვიძლის, ნაწლავის, შარდის ბუშტისა და ფილტვების სიმსივნეს.

საქართველოსათვის დარიშხანით გარემოს გაჭუჭყიანების პრობლემა მეტად აქტუალურია, ვინაიდან არსებობს მისი საბადო (რაჭა, სოფ. ურავი), რომლის აქტიური ექსპლოატაცია მიმდინარეობდა საბჭოთა პერიოდში. ამჟამად როგორც საბადო, ასევე გამამდიდრებელი ქარხანა აღარ ფუნქციონირებს, მაგრამ არსებობს წარმოების ნარჩენების პრობლემა. ასევე ავლნიშნავთ, რომ საქართველოში დღესდღეობით მიმდინარე მრეწველობის აღმავლობის პოლიტიკიდან გამომდინარე მოსალოდნელია აღნიშნული საბადოსა და ქარხნის აღდგენა, რაც სათანადო გარემოსდაცვით ღონისძიებებს საჭიროებს.

ტყვია (Pb)

ტყვია I კლასის ტოქსიკურ ნივთიერებათა ჯგუფს მიეკუთვნება. მძიმე მეტალებიდან ტოქსიკურობით ტყვია ერთ-ერთ პირველ ადგილზე დგას. მეტალური ტყვია და მისი ნაერთები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში (ატომური მრეწველობა, ელექტროკაბელებისა და ტყვიის აკუმულატორების წარმოება, მანქანათმშენებლობა, პოლიგრაფია და ქიმიუ-

რი მრეწველობა), ამიტომ ხვდება გარემოში და ერთ-ერთ ეკოტოქსიკანტს წარმოადგენს.

გარემოს ტყვიით დაბინძურების ერთ-ერთ მძლავრ ფაქტორად კვლავ რჩება ავტომანქანების გამონაბოლქვები. ამის მიზეზია ე. წ. ეთილირებული ბენზინის მოხმარება, რომელიც შეიცავს ტეტრაეთილტყვიას - $Pb(C_2H_5)_4$ (ანტიდეტონატორული დანამატი). ასეთი ბენზინის გამოყენების შედეგად ატმოსფეროში ტყვიის მნიშვნელოვანი რაოდენობა გამოიტყორცნება და ეს პროცესი კიდევ უფრო ძლიერდება ავტომანქანების გაუმართაობისა და ბენზინის არასრული წვის დროს. ამჟამად მთელ მსოფლიოში მნიშვნელოვანი ყურადღება ეთმობა ასეთი სახის ბენზინით სარგებლობის აღკვეთას.

ბენზინში შემავალი ტყვიის 75% გამოიყოფა გამონაბოლქვ აირებთან ერთად. გამოტყორცნილი ტყვიის ნაერთები ატმოსფეროში წვრილი აეროზოლების სახით არსებობენ. ჰაერიდან ტყვია ეფინება ნიადაგს და იწვევს ამ ელემენტის დიდი რაოდენობით დაგროვებას, განსაკუთრებით ნიადაგის ზედა ფენებში.

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოს პარლამენტის 1999 წლის 22 ივლისის დადგენილებით აიკრძალა „ტყვიაშემცველი (0,013 გ/ლ-ზე მეტი) მოტორული ბენზინის, ტეტრაეთილტყვიის, აგრეთვე არასტანდარტული საყოფაცხოვრებო კომუნალური მოხმარების თხევადი გაზის იმპორტი და/ან რეალიზაცია“, 2000 წლისათვის ქვეყნის მასშტაბით ეთილირებული ბენზინის მოხმარება მთელი მოხმარებული ბენზინის 10%-ს შეადგენდა, ხოლო ატმოსფეროში გაფრქვეული ტყვიის მთელი მოცულობის 90% მოდიოდა ავტოსატრანსპორტო საშუალებებზე.

მიუხედავად აღნიშნული საკანონმდებლო აკრძალვისა, არსებული მონაცემებით, საქართველოში ტყვიის ემისია ავტოსატრანსპორტიდან არ შემცირებულა. აღსანიშნავია, რომ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ტყვია, რომელსაც გააჩნია დაბალი მიგრირების უნარი და ნახევარგაუჩინარების დიდი პერიოდი (740÷5900 წელი) გროვდება ავტომაგისტრალის გასწვრივ მდებარე ნიადაგსა და მცენარეებში. დღესდღეობით იგი წარმოადგენს ავტომაგისტრალის გასწვრივი ეკოსისტემების ერთ-ერთ ძირითად გამაჭუჭყიანებელ კომპონენტს.

ადამიანის ორგანიზმში ტყვიის მოხვედრის ძირითად წყაროს საკვები წარმოადგენს. ამასთან ერთად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს შესუნთქული ატმოსფერულ ჰაერში არსებული ტყვიის აეროზოლები. გამოთვლილია, რომ შესუნთქული მტვრის $\approx 30-50\%$ ჩაიჭირება ფილტვების მიერ, ხოლო აქედან მათი მნიშვნელოვანი რაოდენობა შეიწოვება სისხლის ნაკადის მიერ.

ცხრილი 17

ტყვიის ზღვ საკვებ პროდუქტებში (მგ/კგ პროდუქტში) და ბიოსფეროს კომპონენტებში

ელემენტი	ზღვ						
	პროდუქტის სახე (მგ/კგ პროდუქტში)						
	თევზის	ხორცის	რძის	პური და მარცვ.	ბოსტნეული	ხილი	წვენი
ტყვია	1,0	0,5	0,05	0,2	0,5	0,4	0,4
ტყვია(არა-ორგანული ნაერთი)	ბიოსფეროს კომპონენტები						
	ატმოსფერული ჰაერი, მგ/მ ³					წყალი, მგ/ლ	ნიადაგი, მგ/კგ
	მაქსიმალური ერთჯერადი		საშუალო დღე-ღამური				
	0.01		0.0003			0.03 (0,01)	32.0

ტყვიის ნაერთები - Pb_3O_4 და $PbSO_4$ - ფართოდ გამოყენებული პიგმენტებია, რომლებიც ქიმიურ მრეწველობაში გამოიყენებიან. $PbSO_4$ თეთრი ფერის ნალექია და გამოიყენება თეთრი საღებარების დასამზადებლად, ამჟამად მისი გამოყენება შეზღუდულია. ძველად ტყვიის შემცველი პიგმენტებით ძველი ბერძნები ღებავდნენ თავიანთ ჭურჭელს. ძველ რომში კი მეტალური ტყვია გამოიყენებოდა წყალგაყვანილობის მილების დასამზადებელ მასალად, ხოლო ტყვიისაგან დამზადებული ჭურჭელი რომაელ პატრიცთა ფუფუნების საგანს წარმოადგენდა, რამაც მეცნიერთა ვარაუდით გამოიწვია რომის იმპერიის ნგრევა.

ტყვიით ინტოქსიკაციის ქრონიკული გამოვლენაა დარღვევები სისხლწარმოქმნაში და შედეგად სხვადასხვა სახის ანემია. ორგანიზმში მოხვედრილი ტყვიის დაახლოებით 90% რჩება და ფიქსირდება ძვლებსა და შინაგან ორგანოებში (ღვიძლში და თირკმელში). ტყვიის ერთ-ერთი ძლიერი დეპონატორია ძვალი. აქ იგი იჭერს კალციუმის ადგილს, რის

შედეგადაც ირღვევა გაძვალეების პროცესი და D ვიტამინის მეტაბოლიზმი.

ტყვიის უარყოფითი ეფექტი განსაკუთრებით ვლინდება ნერვულ სისტემაზე, რაც ბავშვებში ნერვულ-ფსიქიკური და ფიზიკური განვითარების შეფერხებას იწვევს. აშშ-ის მეცნიერები მივიდნენ დასკვნამდე, რომ ტყვიით ტოქსიკაცია არის მიზეზი მოსწავლეთა აგრესიულობის ზრდისა და მათი სწავლის მონაცემების დაქვეითებისა.

ცხრილი 18

**ტყვიისა და მისი ნაერთების ზღვ სასმელ წყალში
სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით**

ნივთიერება	ზღვ (მგ/ლ)
ტყვია (Pb^{2+})	0,1
ტეტრაეთილტყვია	დაუშვებელია

ორგანიზმში კალციუმისა და ფოსფორის, ასევე რკინის, სპილენძისა და მაგნიუმის დეფიციტი იწვევს სისხლის მიერ ტყვიის შეწოვის გაძლიერებას ე.ი. არასრულფასოვანი კვების დროს ორგანიზმში ტყვიის შეწოვა იზრდება. აღსანიშნავია, რომ ტყვიის ორგანიზმის მიერ შეწოვას ხელს უშლის ვიტამინები C და E, ასევე პექტინი, რომელსაც დიდი რაოდენობით შეიცავს ხილი და ბოსტნეული (ციტრუსები, ვაშლი, ჭარხალი).

ვერცხლისწყალი (Hg)

ვერცხლისწყალი ერთადერთი ლითონია, რომელიც ნორმალურ პირობებში თხევად აგრეგატულ მდგომარეობაშია. ვერცხლისწყალი ფართოდ გამოიყენება მრეწველობაში (ლითონებისა და ცემენტის წარმოება, Hg-ის შემცველი ჰერბიციდების დამზადება), ამიტომ გარემო მნიშვნელოვნად ბინძურდება Hg-ითა და მისი ნაერთებით.

ვერცხლისწყალი ადვილად აქროლადი ლითონია, მისი ორთქლი ძლიერ ტოქსიკურია (ორგანიზმში ხვდება სასუნთქი გზით) - იწვევს ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებას. Hg-ის ორთქლით მოწამვლისას ასევე შეინიშნება მეხსიერების და საორიენტაციო რეაქციების დაქვეითება.

1956 წელს იაპონიაში მდ. მინამატას მიდამოებში დაფიქსირდა განსხვავებული დაავადება, რომლის დროსაც ვითარდებოდა კიდურებისა და მოძრაობის პარალიზება, ავადმყოფებს დაკარგული ჰქონდათ ტკივილის შეგრძნება, დაუქვეითდათ მხედველობა. ამ დაავადებას "მინამატა" უწოდეს. ქიმიური ანალიზებით საბოლოოდ დადგინდა, რომ ამ დაავადების მიზეზი იყო $Hg(CH_3)_2$ -ით მოწამვლა. $Hg(CH_3)_2$ წარმოიქმებოდა ერთ-ერთი წარმოებიდან Hg-ით მდიდარი ნარჩენების მდ. მინამატაში ჩადინების შედეგად. აღნიშნული ნაერთი წყლიდან ხვდება ცოცხალ ორგანიზმებში (თევზებში და სხვა ზღვის პროდუქტებში) და შემდეგ ადამიანის ორგანიზმში. დიმეთილვერცხლისწყალი უფრო მეტად ტოქსიკურია, ვიდრე Hg-ის სხვა არაორგანული ნაერთები.

ცხრილი 19

ვერცხლისწყლის ორგანული ნაერთები და მათი გამოყენება

ნაერთი	გამოყენება
MeHgX; HgX	ფუნგიციდები
RHgX (X=Ac, Py ⁺)	კატალიზატორები პოლიურეთანის, პოლივინილაცეტატის წარმოებაში
PhHgX	ფუნგიციდები, ბაქტერიოციდები
MeOCH ₂ CH ₂ HgX	ფუნგიციდები
თიომერცალი (EtHg ⁺ -ის ნაწარმები)	ანტისეპტიკი
მერცალილი (ვერცხლისწყლის მეთოქსიალკილური ნაწარმები)	დიურეტიკი

შენიშვნა: X - არაორგანული ან ორგანული ანიონი; Me, Et - მეთილისა და ეთილის რადიკალები; Ph - ფენოლის ბირთვი.

ადამიანის ორგანიზმში Hg-ის დეპონირების ორგანოებია: ღვიძლი, თირკმელები, ცენტრალური ნერვული სისტემა (ცნს), ნაწლავები და ფარისებრი ჯირკვალი. ყველაზე ხანგრძლივად Hg ჩერდება ცნს-სა და ღვიძლში, ხოლო თირკმელები მისგან შედარებით სწრაფად თავისუფლდებიან.

მეტალური ვერცხლისწყალი	საშუალო დღე-ღამური ზღვ ატმოსფერულ ჰაერში დასახლებული პუნქტისათვის 0.0003 მგ/მ³
ვერცხლისწყალი	ზღვ სასმელ წყალში სანიტარულ-ტოქსიკოლოგიური მაჩვენებლების მიხედვით 0,005 მგ/ლ

კადმიუმი (Cd)

კადმიუმი მაღალტოქსიკური ლითონია. ის მოქმედებს სხვადასხვა ორგანოებზე და სისტემებზე. გააჩნია მაღალი კუმულაციური თვისება. ორგანიზმში ხვდება დაბინძურებული წყლიდან, საკვებიდან და ჰაერიდან, ამიტომ ამ სისტემებში შემოღებულია მისი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები.

მეტალურ კადმიუმს იყენებენ ნიკელ-კადმიუმიანი აკუმულატორების, ავტომობილების რადიატორების, ატომური რეაქტორების მარეგულირებელი ღეროების, სარჩილაკებისა და სხვადასხვა შენადნობების დასამზადებლად. კადმიუმორგანული ნაერთები შედის ფოსფოროვანი სასუქების, პესტიციდების, დიზელის საწვავის დანამატების შედგენლობაში.

კადმიუმი ფართოდაა გავრცელებული გარემოში. იგი ბუნებაში გვხვდება იშვიათი მინერალების სახით - CdS და $CdCO_3$. ორივე ეს ნაერთი აღმოჩენილია თუთიისა და თუთია-ტყვიის მადნებში. ამიტომ თუთიისა და ტყვიის დნობის პროცესები გარემოში კადმიუმის მნიშვნელოვანი ემისიებით ხასიათდებიან (იხ. ცხრ. 20).

კადმიუმის ნაერთები პოლიმერული მასალების კარგი სტაბილიზატორებია. ამ მიზნით მათ დანამატის სახით ხშირად იყენებენ პოლივინილქლორიდისაგან პლასტმასების, ლინოლეუმის, დერმატინის და სხვა ნაკეთობათა დასამზადებლად. კადმიუმის ბევრი არაორგანული ნაერთი თერმომედეგი პიგმენტია (მაგალითად, კადმიუმის სულფიდი (CdS) - ყვითელია, სელენიდი ($CdSe$) - წითელი, ობსიდი და კარბონატი (CdO და $CdCO_3$) - თეთრი) და გამოიყენებიან რეზინისა და ტყავის ნაკეთობათა შესაღებად, ფერადი მინის, ემალისა და მინანქრის დასამზადებლად, ლაქებისა და პოლიგრაფიულ წარმოებაში და ა.შ. კადმიუმის ტოქსიკურობის გამო, საერთაშორისო მასშტაბით სასტიკად აკრძალულია საბავშვო სათამაშოების შესაღებად კადმიუმის შემცველი საღებავების გამოყენება.

გარემოში კადმიუმის ემიის ძირითადი ანთროპოგენური წყაროებია: თუჯის, ფოლადისა და სხვა შენადნობების წარმოება, საწვავი წიაღისეულისა და ნარჩენების (ნაგვის) წვა (Cd დიდი რაოდენობით გამოიყოფა პლასტმასების წვის შედეგად, რადგან, როგორც ავლნიშნეთ, მისი შემცვე-

ლი ნაერთები გამოიყენებიან, როგორც პლასტმასების სტაბილიზატორები), დიზელის საწვავით მომუშავე ტრანსპორტის გამონაბოლქვი, თამბაქოს კვამლი, კადმიუმის ნაერთების მოსარგებლე საწარმოების ჩამდინარე წყლები, კადმიუმის გამორეცხვა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ნიადაგებიდან, სადაც გაიყენებოდა კადმიუმ-შემცველი სასუქები და ა.შ. კადმიუმით ანთროპოგენური გაჭუჭყიანების ძირითად წყაროები მოცემულია ცხრ. 20-ში.

ატმოსფეროში მოხვედრის შემდეგ კადმიუმის ნაერთები ძირითადად მტვრის მიკრონაწილაკებს უერთდება და მათთან ერთად აღწევს ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში ან მცენარეში, ასევე ძალზედ მნიშვნელოვანი პრობლემაა კადმიუმით ნიადაგებისა და საკვები პროდუქტების გაჭუჭყიანება.

ცხრილი 20

წარმოებები და პროცესები, რომელიც დაკავშირებულია კადმიუმით გარემოს გაჭუჭყიანებასთან

<p>კადმიუმის წარმოება (დნობა) თუთიისა და ტყვიის დნობა ლითონების ელექტროანოდირება ნიკელ-კადმიუმის ელექტროელემენტების დამზადება კადმიუმით ანოდირებული ლითონების გადადნობა შენადნობების წარმოება (სპილენძთან, ვერცხლთან) პლასტმასების სტაბილიზატორების (კადმიუმის შემცველი) წარმოება საღებარების წარმოება საიუველირო წარმოება ელექტრული წარმოება</p>
--

კადმიუმი ორგანიზმიდან ნელა გამოიყოფა. თანამედროვე მონაცემებით კადმიუმის ორგანიზმიდან ნახევრადგამოყოფის პერიოდი 25-30 წელს შეადგენს. კადმიუმის ძირითადი ტოქსიკურობა მდგომარეობს მისი უნარით დაიკავოს კალციუმის ადგილი ორგანიზმისათვის სხვადასხვა ბიოლოგიურად აუცილებელ ნივთიერებებში. იგი განსაკუთრებით ტოქსიკურია იმ შემთხვევაში, თუკი ორგანიზმი განიცდის კალციუმის დეფიციტს, მაგალითად, ახალგაზრდა, მზარდი ორგანიზმი, რომელსაც დიდი მოთხოვნილება აქვს კალციუმზე. ბავშვებსა და მოზარდებში

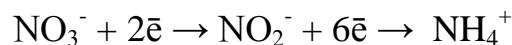
კადმიუმი გროვდება ძვლოვან ქსოვილში, შესაბამისად მცირდება ძვლებში კალციუმის შემცველობა და ვითარდება დაავადება “იტაი-იტაი“, რომელიც ძვლის დარბილებითა და გამრუდებით გამოიხატება.

კადმიუმი განიხილება როგორც ჰიპერტონიული დაავადების გამომწვევი ფაქტორი. კადმიუმი ასევე იწვევს გულის იშემიურ დაავადებებსა და თირკმელის უკმარისობას. მედიკოსები აღნიშნავენ, რომ ყველაზე მგრძობიარე კადმიუმის მიმართ თირკმელებია, სადაც კადმიუმი არღვევს მათ ნორმალურ ფუნქციონირებას და იწვევს დაავადება პროტეინურას (შარდში ცილის გამოყოფა). ცხოველებზე ჩატარებული კვლევები მოწმობენ, რომ კადმიუმი შეიძლება იყოს ძლიერი კანცეროგენი, მაგრამ დღესდღეობით, თანამედროვე მონაცემებით, კადმიუმი ადამიანისათვის არ განიხილება როგორც უპირობო კანცეროგენი.

კადმიუმის მაღალი შემცველობით გამოირჩევა თამბაქო. ეს მცენარე ახდენს კადმიუმის მარილების აკუმულაციას თავის ფოთლებში, საიდანაც იგი მწვევლთა ფილტვებში აღწევს. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ Cd ახდენს ფილტვებისა და სასუნთქი გზების ონკოლოგიური დაავადებების პროვოცირებას, ხოლო არამწვევლებში იწვევს ბრონქიტებს, ფარინგიტებს და სასუნთქი გზების სხვა დაავადებებს.

• ნიტრატები

ზოგადი დახასიათება. აზოტშემცველი ნაერთები - ნიტრატები ანუ აზოტმჟავას მარილები წარმოადგენენ მცენარეთა საკვებ ელემენტს და ბუნებრივად ხვდებიან მცენარეულ საკვებ პროდუქტებში. ნიტრატები მცენარეში აღდგებიან შემდეგი სქემით:



წარმოქმნილი ამიაკი მცენარის მიერ შეითვისება და მონაწილეობას იღებს მხვადასხვა ამინომჟავებისა და ამიდების წარმოქმნაში. ასე, რომ ნიტრატები მცენარის ორგანულ ბუნებრივ აზოტურ კომპონენტს წარმოადგენენ და სასუქების სახით ფართოდ გამოიყენებიან სოფლის მეურნეობაში.

ადამიანის ორგანიზმში ნიტრატები სხვადასხვა წყაროებიდან ხვდება. ძირითადად ისინი პროცენტულად ასეა განაწილებული: ბოსტნეულიდან - 70%, წყალი- 20%, ხორცის, რძის და კონსერვირებული პროდუქტებიდან - 6%. თუ გავითვალისწინებთ, რომ სამივე წყარო ადამიანის ყოველდღიურ მოთხოვნილების პროდუქტებს წარმოადგენენ, ადვილი წარმოსადგენია, რაოდენი რისკის წინაშე დგას ადამიანი ნიტრატების მოქმედების მხრივ. ორგანიზმისათვის ყველაზე სახიფათოა წყალში გახსნილი ნიტრატები, რადგან ისინი ყველაზე მეტად შეიწოვება სისხლში.

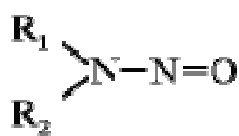
ცოცხალ ორგანიზმზე ნიტრაციონების მავნე მოქმედება ძირითადად განპირობებულია მათი მოქმედების ორი მექანიზმით: 1) მეთემოგლობინის წარმოქმნითა და 2) ნიტროზონაერთების წარმოქმნით.

1. მეთემოგლობინის წარმოქმნა. ნიტრატები ხვდებიან რა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში გარდაიქმნებიან ნიტრიტებად, შემდეგ ხვდებიან სისხლში და ჰემოგლობინის რკინას (Fe^{2+}) ჟანგავენ Fe^{3+} -მდე. ამ დროს წარმოქმნილ მეთემოგლობინს აღარ შეუძლია ჟანგბადის გადატანა ქსოვილებსა და ორგანოებში, რის შედეგადაც ვითარდება ხუთვა - ჟანგბადის უკმარისობა. ადამიანის სიცოცხლისათვის საშიშს წარმოადგენს სისხლში 20%-ზე მეტი მეთემოგლობინის დაგროვება.

ნიტრატებისადმი უპირველეს ყოვლისა მგრძობიარენი არიან ბავშვები. პირველი მეთემოგლობინემია ძუძუთა ბავშვებში, რომელიც წარმოიშვა ნიტრატშემცველი სასმელი წყლით, აღწერილია 1945 წელს.

2. ნიტროზონაერთების წარმოქმნა. ნიტრატების მოქმედების მეორე, უფრო მეტად ტოქსიკური მექანიზმი მდგომარეობს მათ თვისებაში მოახდინონ ამინებისა და ამიდების ნიტრირება, რის შედეგადაც წარმოიქმნებიან ნიტროზონაერთები, რომლებიც კანცეროგენული და მუტაგენური თვისებებით ხასიათდებიან.

ნიტროზონაერთების სტრუქტურული აღნაგობა ზოგადად ასე შეიძლება გამოვსახოთ:

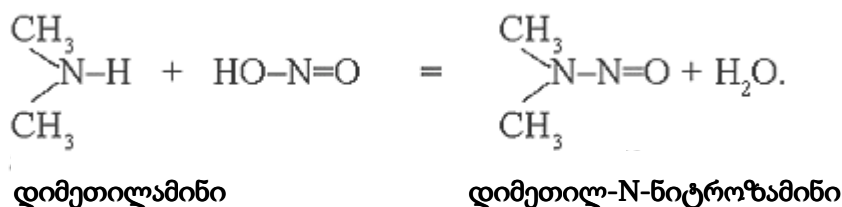


როცა R₁ და R₂ - ალკილური ან არილური ჯგუფია ნაერთი წარმოადგენს ნიტროზამინს, როცა R₂ - აცილური ჯგუფია, მაშინ ნაერთი ნიტროზოამიდიცაა.

გარემოს დაცვისა და შესაბამისი სამსახურების მიერ პროდუქტებში ყველაზე ხშირად კონტროლდება ნიტროზოდიმეთილამინისა და ნიტროზოდიეთილამინის შემცველობა.

ნიტროზონაერთების წარმოქმნა ხორციელდება როგორც საკვების კულინარიული დამუშავების პროცესში, ასევე თავად ადამიანის ორგანიზმში. ადამიანის ორგანიზმში მათი წარმოქმნა შესაძლებელია მოხდეს მეორადი ამინებისა და ნიტრიტების ურთიერთქმედებისას. ორივე აღნიშნული ნივთიერება საკვების მუდმივ დანამატს წარმოადგენს. მეორად ამინებს შეიცავს თევზის პროდუქტები და საკვების არომატული დანამატები.

მეორადი ამინებისა და აზოტოვანი მჟავას ურთიერთქმედებით ნიტროზონაერთის წარმოქმნის ქიმიური რეაქციის ტოლობა ასე შეიძლება წარმოვადგინოთ:



საინტერესოა, რომ აღნიშნული ნიტროზონაერთების წარმოქმნის რეაქციის სიჩქარის აქტიურ შემნელებელს ასკორბინის მჟავა წარმოადგენს.

წარმოქმნილი ნიტროზონაერთები ღვიძლში გარდაიქმნებიან კანცეროგენული თვისებების მქონე ნაერთებად. ასეთ პროცესს ქიმიური კანცეროგენები უწოდეს. ცხოველებზე ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგენილია, რომ ნიტროზონაერთები იწვევენ ავთვისებიანი სიმსივნის ინდუქციურებას თითქმის ყველა ორგანოში (ღვიძლი, თირკმელი, ფილტვები, კუჭი), გარდა ძვლისა.

გარემოს დაცვისა და სურსათის უვნებლობის სამსახურების მიერ ნიტრატების შემცველობა მკაცრად კონტროლდება სამელ წყალსა და საკვებ პროდუქტებში.

ცხრილი 21

ნიტრატებისა და ნიტრიტების დასაშვები კონცენტრაციები სასმელ წყალში

არაორგანული პო- ლუტანტი	ევროკავშირის 98/83/EC დირექ- ტივით	აშშ-ს სასმელი წყლის ნაციო- ნალური სტანდარტის მიხედ- ვით, მგ/ლ	საქართველოში მოქმე- დი კანონმდებლო- ბით, მგ/ლ
ნიტრატები	50 მგ/ლ	10 (აზოტზე გადაანგარიშებით)	50
ნიტრიტები	0,50 მგ/ლ	1 (აზოტზე გადაანგარიშებით)	0,2

ორგანული ეკოტოქსიკანტები

გარემოს ქიმიური გამაჭუჭყიანებლების მრავალათასიან სიაში ორგანული ტოქსიკანტები უადრესად ფართო სპექტრით არიან წარმოდგენილი. ორგანული ნაერთების უმრავლესობა გარემოში მოხვედრისას მნიშვნელოვან ბიოტურ და აბიოტურ გარდაქმნებს განიცდის, რამაც შეიძლება ტოქსიკური თვისებების გაძლიერება, ან პირიქით, შესუსტება მოახდინოს.

წინამდებარე თავში წარმოდგენილი იქნება ის ორგანული ეკოტოქსიკანტები, რომლებიც მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევიან და გლობალური მასშტაბით არიან გავრცელებული. ამ ნაერთებიდან ჩვენს მიერ განხილულია: სინთეზური ზედაპირულად აქტიური ნაერთები, ქლორირებული ალკანები და ალკენები, არომატული და პოლიარომატული ნახშირწყალბადები, მდგრადი ორგანული პოლუტანტები (POPs).

• სინთეზური ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებები (ზანი)

ზედაპირულად აქტიური ნაერთები (ზანი), რომლებსაც დეტერგენტებს ან ტენზიდებსაც უწოდებენ, წყლის ძირითად გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებებს განეკუთვნებიან. დეტერგენტები ამცირებენ წყლის ზედაპირულ დაჭიმულობას, რაც ქაფის წარმოქმნას იწვევს, ამიტომ ისინი გამოიყენება როგორც სარეცხი საშუალებების ძირითადი კომპონენტი.

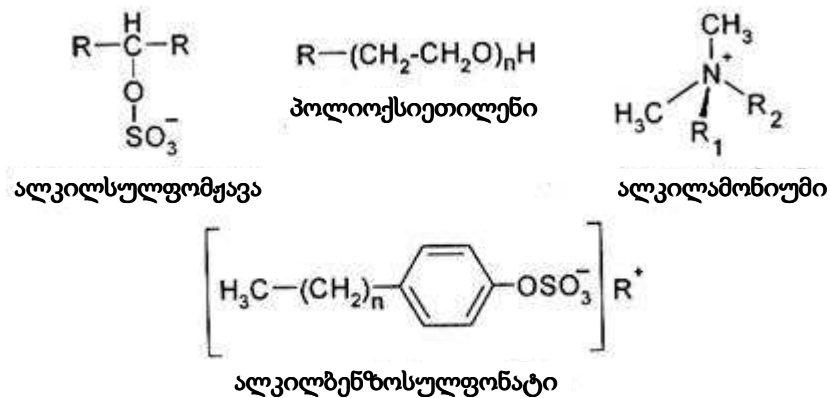
ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებები ფართოდ გამოიყენება საზოგადოების ცხოვრების სხვადასხვა სფეროში:

- გამრეცხი საშუალებები - დეტერგენტები;
- პარფიუმერია და კოსმეტიკა - კბილის პასტა, ლოსიონები, კრემები;
- გამათეთრებლები, საღებრები და შემასველებლები;
- ემულგატორები მაგალითად, საავტომობილო გზებზე საგზაო ბიტუმის ემულსია გაუმტვერიანებისათვის;
- საპოხ-გამაცივებელი სითხეები;

- სითხეები ცეცხლმქრობებისათვის და ა.შ.

1995 წლისათვის მსოფლიოში დამზადდა 10 მლნ ტონაზე მეტი ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერება, რომელიც ამცირებს რა წყლის ზედაპირულ დაჭიმულობას, უარყოფითად მოქმედებს წყალში მცხოვრებ ცოცხალ ორგანიზმებზე.

ქიმიური თვალსაზრისით ზანი სხვადასხვა კლასის ნაერთებია, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ჰიდროფილური და ჰიდროფობური უბნების არსებობა. აღნაგობის მიხედვით არჩევენ იონურ და არაიონურ დეტერგენტებს. ყველაზე გავრცელებულ დეტერგენტებს ალკილსულფომჟავები წარმოადგენენ. ამ ნაერთის მოლეკულაში ლიპოფილურ უბანს ქმნის ნახშირწყალბადების რადიკალი, ხოლო ჰიდროფილურს - გოგირდმჟავას ნაშთის ანიონი.



ნახ. 4. ყველაზე გავრცელებული ზედაპირულად აქტიური ნაერთები

პოლიოქსიეთილენი არაიონური დეტერგენტია, ალკილამონიუმის ნაერთები კი პოლარულ კომპონენტად დადებითად დამუხტულ აზოტს შეიცავს. ალკილამონიუმის ნაერთებისაგან მზადდება ე.წ. ინვერსიული საპნები, რომლებსაც ბაქტერიოციდული თვისებები გააჩნიათ.

ანიონური ტიპის ზედაპირულ-აქტიურ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ჩვეულებრივი საპონი. ზოგიერთი ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერება, მაგალითად, ფოსფორშემცველი ზან, რეცხვისას მოითხოვს დიდი რაოდენობით წყალს და მაღალ ტემპერატურას, რაც განაპირობებს დანახარჯების გაზრდას, და წყლის ეკოლოგიური უსაფრთხოების შემცირებას.

ზან-ის ბაზაზე დამზადებული სარეცხი საშუალებები გადიან ტოქსიკოლოგიურ და ეკოლოგიურ შემოწმებას: კანზე, სასუნთქ გზებზე, თვალზე და მთლიანად ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედების თვალსაზრისით.

ზან-ების მიმართ საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო მოთხოვნილება ძალზედ დიდია. ამ ნაერთების უაღრესად ფართო გამოყენების შედეგად ბევრი სამრეწველო ქალაქების მდინარეებსა და წყალსატევებში მათი დაგროვება გამოიწვია. წყალში დიდი რაოდენობით ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერების თანაობისას წარმოიქმნება ქაფის მაღალი ფენა, რაც ამნელებს მდინარის ტრანსპორტის მუშაობას და რაც მთავარია - უარყოფითად მოქმედებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. ეს მოვლენა შემჩნეულ იქნა ევროპის ისეთ დიდ ქალაქებში, როგორცაა პარიზი და ბერლინი.

ზან-ების შემცველობა მკვეთრად აუარესებს წყლის ორგანოლექტიკურ მახასიათებლებს: ზან-ის 1-3 მგ/ლ კონცენტრაციის დროსაც კი შეიმჩნევა არასასაიმოვნო სუნი და გემო, რომელთა ინსტენსივობა დამოკიდებულია დეტერგენტის ქიმიურ ბუნებაზე. წყალში ზან-ების არსებობა ამცირებს მის თვისებას გაჯერდეს ჟანგბადით. მდორე მდინარეებში ზან-ების 1 მგ/ლ კონცენტრაციისას აერაციის ინტენსივობა შეიძლება შემცირდეს 60%-ით.

ზედაპირულად აქტიური ნაერთებს მაღალი ტოქსიკურობა ახასიათებს - იწვევენ თევზების და წყლის ფრინველების დაავადებას და დაღუპვას, აფერხებენ წყალმცენარეების ზრდას. მაგალითად, ზან-ის სასიკვდილო კონცენტრაცია თევზებისათვის შეადგენს 3-5 მგ/ლ, ხოლო პლანქტონისათვის - დაახლოებით 1 მგ/ლ.

დეტერგენტების შემცველობა წყალსატევებში ცვლის ბუნებრივი წყლების ქიმიურ შედგენილობას და მასში მიმდინარე ქიმიური და ბიოქიმიური პროცესების ბუნებრივ მიმდინარეობას. მდინარის წყალში დეტერგენტების დაბალი 0,05-0,1 მგ/ლ რიგის კონცენტრაციაც კი საკმარისია, რომ მოხდეს ფსკერის და ნალექებიდან და ლამიდან სხვა ტოქსიკური ნაერთების გამორეცხვა და გააქტიურება. ამასთან არ შეიძლება არ გავითვალისწინოთ ზან-ებისა და სხვა ტოქსიკანტების (მაგ. პესტიციდების)

ერთობლივი მოქმედებაც. ტიპიური სარეცხი ფხვნილი შეიცავს დაახლოებით 20% სინთეზურ სარეცხ საშუალებას და დაახლოებით 30% არაორგანულ ფოსფატებს. ეს ფოსფატები ხვდება ჩამდინარე წყლებში, ხოლო შემდეგ ნაკადულებში, მდინარეებში, ტბებში ან ზღვებში. ფოსფატები გარკვეული სახეობის წყალმცენარეებისათვის საკვებ გარემოს წარმოადგენენ, რაც იწვევს მათ გაძლიერებულ ზრდას, განსაკუთრებით ჩაკეტილ წყალსატევებში (იხ. ევტროფიკაცია).

წყალსატევებში ზან-ის ზღვ - 0,05 მგ/ლ. ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები გამოყენების შემდეგ წყალსატევებში მოხვედრისას იშლებიან. ზედაპირულ-აქტიური ნივთიერებები ბიოლოგიურად დაშლის მიხედვით იყოფიან სამ ჯგუფად:

1. ბიოლოგიურად კარგად დაშლადი - არანაკლებ 85%;
2. ბიოლოგიურად საშუალოდ დაშლადი - 70-80%;
3. ბიოლოგიურად ძნელად დაშლადი - 70%-ზე ნაკლები.

ალკილბენზოსულფონატები და არაიონური დეტერგენტები დაბალტოქსიკურ ზან-ებს განეკუთვნება, რადგან ისინი ექვემდებარებიან ბიოლოგიურ დაშლას, რის შედეგადაც არატოქსიკური ძმარმჟავას ნაშთები წარმოიქმნება. გასული საუკუნის 50-იან წლებში ზან-ების გამოყენებამ ისეთი კატასტროფული შედეგები გამოიღო, რომ სარეცხი საშუალებების მწარმოებლები იძულებული გახდნენ შეექმნათ ახალი ტიპის ზან-ები, რომლებიც გარემოში მოხვედრის შემდეგ ადვილად დაიშლებოდნენ უვნებელ ნაერთებად. ამასთან დაკავშირებით, ახალი ტიპის დეტერგენტების ძიება და დანერგვა ეკოლოგიური თვალსაზრისით გადაუდებელ ამოცანას წარმოადგენს.

- **ქლორირებული ალკანები და ალკენები**

ნახშირწყალბადების ტოქსიკური წარმოებულებიდან განსაკუთრებით გამოიყოფა ქლორჩანაცვლებული ალკანები და ალკენები, როგორებიცაა: ტეტრაქლორმეთანი (CCl_4), დიქლორმეთანი (CH_2Cl_2), ქლოროფორმი ($CHCl_3$), დიქლორეთანი (CH_2Cl-CH_2Cl), ვინილქლორიდი ($CH_2=CHCl$),

ტრიქლორეთილენი ($\text{CCl}_2=\text{CHCl}$), ტეტრაქლორეთილენი ($\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$) და ა.შ.

ეს ნაერთები დიდი რაოდენობით გამოიყენება გამხსნელებად და ორგანული სინთეზის საწყის რეაგენტებად. ქლორალკანები და ქლორალკენები ადვილად აქროლადი ნაერთებია. ისინი ლიპოფილური ნაერთებია, ამიტომ კუმულაციური ეფექტით ხასიათდებიან და კარგად ერთვებიან კვებით ჯაჭვში.

ქლორირებული ალკანები და ალკენები საშიშროების პირველი კლასის ნივთიერებებს განეკუთვნებიან. ისინი აქტიურ ტოქსიკურ ზემოქმედებას ახდენენ ღვიძლზე და კანცეროგენული თვისებებით ხასიათდებიან. ასეთი ტოქსიკურობის გამო, მათი შემცველობა ნორმირებულია ატმოსფერულ ჰაერში (სამუშაო ზონის და საცხოვრებელი გარემოს), სასმელ და საყოფაცხოვრებო-სამეურნო დანიშნულების წყლებში.

ტეტრაქლორმეთანი ანუ ოთხქლორიანი ნახშირბადი - CCl_4 გამოიყენება ქიმიურ მრეწველობაში ცხიმების გამხსნელად და ფტორქლორალკანების (გავიხსენოთ, ფრეონები) სინთეზში. აეროზულ პირობებში - ჰაერზე და წყალსატევების ზედა ფენებში, სადაც წყალი ჟანგბადით მდიდარია, CCl_4 ძალიან მაღალ მდგრადობას ამჟღავნებს და მისი ნახევარდაშლის პერიოდი 60-100 წელია, ხოლო ჟანგბადით ღარიბ გარემოში (მაგ. ფსკერის დანალექსა და ლამში), ანაერობული მიკროორგანიზმები CCl_4 -ს 14-16 დღის განმავლობაში ითვისებენ.

პოლივინილქლორიდი ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$) - მონომერის სახით ძალზედ ტოქსიკური ნივთიერებაა. პოლიმერის სახით იგი ფართოდ გამოიყენება ლინოლუმის, სარეცხი შპალერის, ხელოვნური ტყავის, პლასტიკური ბოთლების და მრავალი პოლიმერული ნაკეთობების დასამზადებლად. პოლიმერის სახით იგი უსაფრთხოა, რადგან ძალზედ მდგრადია და არ იშლება მონომერების წარმოქმნით. პოლივინილქლორიდი ფართოდ გამოიყენებოდა სხვადასხვა სამედიცინო ერჯერადი ინვენტარის დასამზადებლად, ამჟამად ამ კუთხით მისი გამოყენება შეზღუდულია, რადგან დადგინდა, რომ პოლივინილქლორიდი წვის დროს ადგილი აქვს ძალზედ ტოქსიკური ნივთიერებების - დიოქსინების წარმოქმნას (იხ. დიოქსინები).

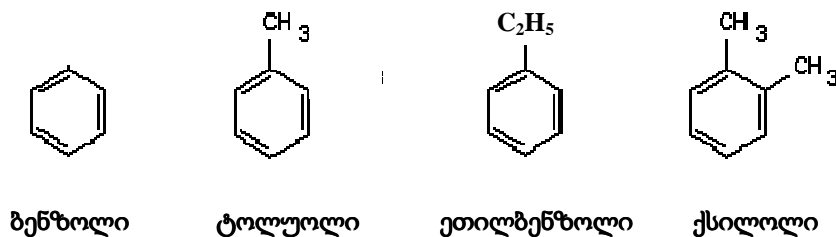
- **არომატული და პოლიარომატული ნახშირწყალბადები**

არომატული ნახშირწყალბადები - ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები

ბენზოლი სადღეისოდ ერთ-ერთ ყველაზე პრობლემურ ეკოლოგიურ გამაჭუჭყიანებლად რჩება. ბენზოლი 20 ყველაზე საშიში ნაერთის სიაში მე-6 ადგილზეა. ბენზოლის ადამიანის ჯანმრთელობაზე ზეგავლენა სერიოზული ეფექტებით ხასიათდება. ბენზოლი აზიანებს ძვლის ტვინს, რაც სისხლში წითელი ბურთულების კლებას, შედეგად კი მწვავე ლეიკემიას იწვევს. თანამედროვე შეფასებით, ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები ლეიკემიის გამომწვევი კანცეროგენებია.

ბენზოლის არომატული ბირთვი მრავალი ორგანული ნაერთის ტოქსიკურობას განაპირობებს.

ბენზოლი და მისი ჰომოლოგები



ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების გარემოში გავრცელების ძირითადი ანთროპოგენური წყაროებია:

- სათბობისა და წიაღისეული საწვავის წვა;
- ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების წარმოება,
- ქვანახშირისა და ფისის გადამამუშავებელი კომბინატები;
- წარმოებები, რომლებიც აწარმოებენ ან იყენებენ ბენზოლს (ქიმიური სინთეზის ქარხნები, კაუჩუკის წარმოება, ბენზინის წარმოება, ფეხსაცმელების წარმოება და სხვა);
- საწვავისა და ნავთობპროდუქტების აორთქლება, მათი გაჟონვა ავზებიდან, რეზერვუარებიდან და ტანკერებიდან.

1980 წლიდან აშშ-ში, დიდ ბრიტანეთსა და ევროკავშირის ქვეყნებში მაღალი ტოქსიკურობის გამო ბენზოლის წარმოება და გამოყენება მკვეთრად შეიზღუდა. მიუხედავად ამისა, ბენზოლის უმსხვილესი იმპორტიო-

რი - დიდი ბრიტანეთი ყოველწლიურად მილიონამდე ტონა ბენზოლს აწარმოებს. ბენზოლის 90%-ზე მეტი იწარმოება ნავთობ-ქიმიური მრეწველობის მიერ, დანარჩენი 10 % კი მიიღება კოქს-ქიმიური წარმოებისას და ბენზბრივი გაზიდან.

ბენზოლისა და მისი ჰომოლოგების დიდი ნაწილი (ბენზოლის ჰომოლოგების ნარევის აღნიშნავენ BTEX-ით, რაც ნიშნავს - ბენზოლის, ტოლუოლის, ეთილბენზოლისა და ქსილოლის ნარევის) საწვავის დანამატად გამოიყენება, რამდენადაც მათი საშუალებით ხდება ბენზინის ოქტანური რიცხვის გაზრდა. გარდა ამისა ბენზოლი, როგორც ნედლეული ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა ქიმიური ნაერთების სინთეზისათვის, იგი გამხსნელის ან დამატებითი კომპონენტის სახით შედის ლაქ-საღებავების, მეღვინის, თხევადი რეზინის, ავეჯის საპრიალებელი ცვილების, ლაქის ამოსაყვან ნარევებში, სარეცხ საშუალებებში, წებოებში, ფარმაცევტულ საშუალებებში, პესტიციდებში და ა.შ.


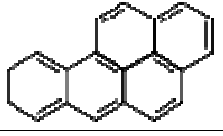


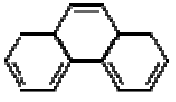
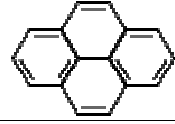
აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს მიერ სასმელ წყალში ბენზოლის მაქსიმალურად დაშვები რაოდენობაა 0.005 მგ/ლ. სამუშაო ზონის ატმოსფერულ ჰაერში 8 სთ-იანი სამუშაო დღისათვის (კვირაში 40 სამუშაო საათი) მისი დასაშვები კონცენტრაცია 5 ppm.

ევროკავშირის გარემოსდაცვით კანონმდებლობაში ბენზოლი შეტანილია ატმოსფერული ჰაერის ძირითად გამაჭუჭყიანებელთა სიაში და მისი მაქსიმალურად დაშვები რაოდენობაა 5 მკგ/მ³.

პოლიარომატული ნახშირწყალბადები (Polycyclic aromatic hydrocarbons -PAHs)

პოლიარომატული ნახშირწყალბადები (პან) ძლიერ კანცეროგენულ ნაერთებს მიეკუთვნებიან. ისინი სამრეწველო მასშტაბით პრაქტიკულად არ იწარმოებიან, მაგრამ გარემოში ხვდებიან ქიმიური, ნავთობქიმიური, მეტალურგიული, ცელულოზა-ქაღალდის მრეწველობისა და ბუნებრივი საწვავის წვის შედეგად. პან-ები გვხვდება ფისებში, ბითუმებში, ჭვარტლში, შიდაწვის ძრავების გამონაბოლქვებში, თამბაქოს კვამლსა და შებოლილ პროდუქტებში.

ტოქსიკური პოლიარომატული ნახშირწყალბადები

სახელწოდება	ფორმულა	სახელწოდება	ფორმულა
ანტრაცენი		ბენზ(ა)პირენი	
ნაფტალინი		პენტაცენი	
ფენანტრენი		პირენი	

პოლიარომატული ნახშირწყალბადების მარტივი წარმომადგენლებია ანტრაცენი და ფენანტრენი. ეს ნაერთები სხვა პოლიარომატული ნახშირწყალბადების მსგავსად არ ხასიათდებიან კანცეროგენული ტოქსიკურობით. მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევიან შემდეგი პან-ები: ქოლანტრენი, პერილენი, ბენზ(ა)პირენი, დიბენზ(ა)-პირენი. მათი ტოქსიკურობის ფონზე არატოქსიკურად ითვლებიან მათი მსგავსი ნაერთები: ფლუორანტენი, პირენი.

პოლიარომატული ნახშირწყალბადები წარმოიქმნებიან ნახშირის, ნავთობპროდუქტების, შეშის, ნარჩენების, საკვების, თამბაქოს წვისას. რაც უფრო მცირეა წვის პროცესის ტემპერატურა, პან-ები მით უფრო მეტი რაოდენობით წარმოიქმნებიან.

ატმოსფეროში პან-ები მდგრადი ნაერთებია. უკანასკნელ ხანებში გარემო ძლიერ დაბინძურდა პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადებით. მარტო აშშ-ში ყოველწლიურად განიბნევა 1300ტ ბენზ(ა)პირენი. იგი გამოიყოფა სხვადასხვა პროცესების დროს: კოქსის წარმოება, ნახშირის წვა, ტყის ხანძარი და შეშის წვა. აღსანიშნავია, რომ ბენზ(ა)პირენი გამოიყოფა სიგარეტის წვისას. თამბაქოს კვამლი შეიცავს ბენზ(ა)პირენის მოლეკულებს და აეროზოლს წარმოადგენს.

პოლიარომატული ნახშირწყალბადების მოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე. მაგალითად განვიხილოთ ბენზანტრაცენისა და ბენზ(ა)პირენის მოქმედება.

ბენზ(α)პირენის ტოქსიკურობის განხილვისას მოვიყვანთ მისი მსგავსი ნაერთის - ისტორიას ბენზანტრაცენის ადამიანის ორგანიზმზე მავნე მოქმედების შესახებ. 1775წ. ინგლისელმა ექიმმა პ.პოტმა ყურადღება მიაქცია კანის კიბოს განვითარებას იმ ადამიანებში, რომელთაც სამუშაო პირობებში კონტაქტი ჰქონდათ ქვანახშირის ფისთან და საჟთან. აღნიშნულის მიზეზი დადასტურდა 50 წლის შემდეგ, როცა ბოცვრებზე, ყოველდღიურად ქვანახშირის ფისის წასმის შემდეგ მოხდა კიბოს წარმოქმნის დაფიქსირება.

XX საუკუნის 30-იან წლებში ქვანახშირის ფისიდან გამოყოფილ იქნა ინდივიდუალური ნივთიერებები - ბენზანტრაცენი და სხვა პოლიციკლური ნახშირწყალბადები, რომლებიც იწვევდნენ ქიმიურ კანცეროგენებს. აღმოჩნდა, რომ პან-ები - ბენზანტრაცენი და ბენზ(α)პირენი, გამოირჩევიან მაღალი მუტაგენური და ავთვისებიანი სიმსივნის ინდუქციების უნარით ე.ი. კანცეროგენობით. ისინი ორგანიზმში მოხვედრის შემდეგ განიცდიან შემდგომ გარდაქმნას და წარმოქმნება უფრო მეტად ტოქსიკური ქიმიური ნაერთები. ასეთ ქიმიურ ნაერთებს წარმოადგენენ ეპოქსიდები, რომლებიც მაღალი კანცეროგენობით გამოირჩევიან.

უახლოესი მონაცემებით ადამიანებში ავთვისებიანი სიმსივნეების წარმოქმნა, ძირითადად, მაღალტოქსიკური პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადებითაა განპირობებული.

• მდგრადი ორგანული პოლუტანტები

(persistent organic pollutants - POPs)

მდგრადი ორგანული პოლუტანტებისადმი მეცნიერების, გარემოს დამცველებისა და საზოგადოების ყურადღება მე-20 საუკუნის 80-90-იანი წლებიდან დაიწყო, როცა აშკარა გახდა მათი გამოყენებით გამოწვეული საშიშროება. ეს ნაერთები გამოირჩევიან გარემოში მაღალი მდგრადობით, ხასიათდებიან ბიოსფეროში (ნიადაგში, წყალში) დაგროვების უნარით, კარგად გადაიტანებიან კვებით ჯაჭვებში და მაღალი კონცენტრაციებით გროვდებიან კვებითი ჯაჭვის უმაღლესი წარმომადგენლის ორგანიზმში (ადამიანში). ისინი ცოცხალ ორგანიზმზე ძლიერი ტოქსიკური ზემოქმედებით ხასიათდებიან.

მდგრადი ორგანული პოლუტანტების გამოყენებასა და გავრცელებას საერთაშორისო მასშტაბით არეგულირებს სტოკჰოლმის კონვენცია. ამ კონვენციის ხელმოწერით მრავალმა ქვეყანამ აიღო საერთაშორისო იურიდიული ვალდებულება POPs აკრძალვისა და რეგულირების მხრივ.

სტოკჰოლმის კონვენციის მიხედვით POPs განეკუთვნება 12 სახის ნაერთი:

რვა ქლორორგანული პესტიციდი:

1. ალდრინი
2. ქლორდანი
3. დდტ
4. დილდრინი
5. ენდრინი
6. ჰეპტაქლორი
7. მირექსი
8. თოქსაფენი

ორი სამრეწველო ქიმიკატი:

9. ჰექსაქლორობენზოლი
10. პოლიქლორირებული ბიფენილები

სამრეწველო თანაური პროდუქტების ორი ჯგუფი:

11. დიოქსინები
12. ფურანები

ცხრილი 22

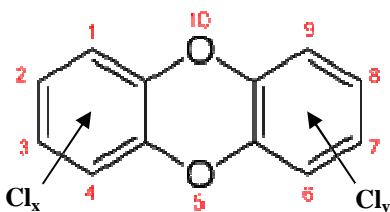
მდგრადი ორგანული პოლუტანტების დასაშვები დღე-ღამური დოზები ადამიანი-სათვის (ჯანმო-ს მიხედვით)

მდგრადი ორგანული პოლუტანტი	დასაშვები დღე-ღამური დოზა, მკგ/კგ სხეულის მასაზე
დიოქსინები	1-4 პგ
დდტ	5
ლინდანი	12,5
აღდრინი	0,1
დილდრინი	0,1
ენდრინი	0,1
პოლიქლორირებული ბიფენილები	1
ჰეპტაქლორი	0,5
ქლორდანი	0,05
მირექსი	0,07
ჰექსაბორბენზოლი	0,6
თოქსაფენი	0,2

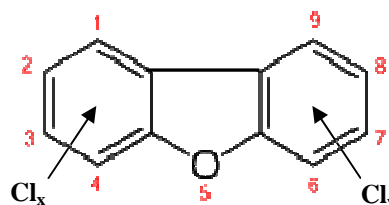
პოლიქლორირებული ბიფენილები, დიოქსინები და ფურანები ჩვენს მიერ განხილული იქნება საერთო ზოგადი სახელწოდებით “დიოქსინები“, ასევე ცალკე განვიხილავთ ქლორირებულ პესტიციდებს და ჰექსაქლორბენზოლს.

• დიოქსინები

ტერმინი "დიოქსინი" პირობით ხასიათს ატარებს და ამით აღინიშნება ქლორშემცველი ნივთიერებები, რომელთა ძირითადი ბირთვებია დიბენზოდიოქსინი და დიბენზოფურანი.

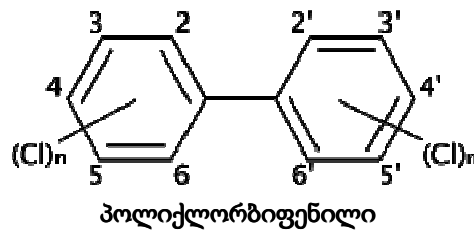


პოლიქლორდიბენზოდიოქსინი



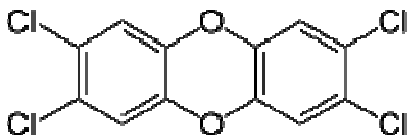
პოლიქლორდიბენზოფურანი

მოქმედების მიხედვით დიოქსინების მონათესავე ნაერთებს განეკუთვნებიან პოლიქლოროვანი ბიფენილები.



დიოქსინები ატმოსფეროში მდგრადი ნაერთებია. დედამიწაზე არ არსებობს ბაქტერია, რომელიც ახდენდეს მათ ეფექტურად დაშლას.

დიოქსინები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ქლორის ატომის შემცველობით, რომლის რიცხვი 1÷8 მერყეობს. აღნიშნულის გამო, ამ ნაერთთა დაახლოებით 200-მდე ჰომოლოგი და იზომერია ცნობილი. მათგან ყველაზე მეტი ტოქსიკურობით გამოირჩევა 12 ნაერთი, რომელთაგანაც ყველაზე მეტად ტოქსიკურ ნაერთს 2,3,7,8-ტეტრაქლორდიბენზოდიოქსინი (2,3,7,8-TCDD) წარმოადგენს.



2,3,7,8-ტეტრაქლორდიბენზოდიოქსინი

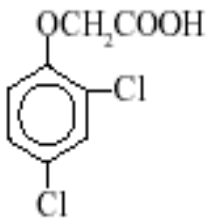
ეკოლოგიური თვალსაზრისით ინტერესს სწორედ აღნიშნული მადალტოქსიკური ნაერთები იწვევენ, რომელთაც სუპერეკოტოქსიკანტებს უწოდებენ.

დიოქსინების პრობლემა სპეციალისტთა ყურადღების ცენტრში შედარებით არც თუ ისე დიდი ხნის წინათ აღმოჩნდა. მაგრამ მაშინვე გახდა ცნობილი, რომ ეს პრობლემა ადამიანისაგან გაუცნობიერებლად მრავალი ათეული წლის მანძილზე არსებობდა.

მე-20 საუკუნის 30-იან წლებიდან ქიმიური მრეწველობის განვითარებასთან ერთად ფართო გამოყენება ჰპოვეს ბენზოლის რიგის ქლორნაწარმებმა, რომლებიც ანტისეპტიკური და პესტიციდური თვისებებით ხასიათდებოდნენ. მაგალითად, 2,4,5-ტრიქლოროფენოლი, მისი ნატრიუმისა და თუთიის მარილები, ასევე გადამუშავების პროდუქტი - ჰექსაქლოროფენი ბიოციდური პრეპარატების სახით ფართოდ გამოიყენებოდა სოფლის მეურნეობაში, მსუბუქ და ქაღალდის მრეწველობებში, მედიცინაში

და სხვ. უფრო ფართო გამოყენება 2,4,5-ტრიქლორფენოლმა ჰერბიციდების წარმოებაში ჰპოვა.

აღმოჩნდა, რომ ასეთი ნაერთების ქიმიური სინთეზის დროს ადგილი ჰქონდა თანაური პროდუქტის სახით დიოქსინების წარმოქმნას. ამიტომ ყველა ასეთი სინთეზური ნაერთები დიოქსინების გარკვეული შემცველობით ხასიათდებოდა. შემდგომმა კვლევებმა აჩვენეს, რომ დიოქსინები წარმოიქმნებიან ადამიანის სამეურნეო მოქმედების შედეგად და ატმოსფეროში ხვდებიან სხვადასხვა ნივთიერებათა მინარევების სახით.



2,4-D (2,4-დიქლორფენოქსიმმარმჟავა) - დეფოლიანტი

ვიეტნამში ომის დროს (1962-1971) აშშ-ის ჯარების მიერ დეფოლიანტის სახით (ხის ფოთლების სწრაფად ჩამოცვენის მიზნით) გამოყენებულ იქნა პრეპარატი "ორანჟი", რომელიც ახლა ცნობილია სახელწოდებით 2,4-D (2,4-დიქლორფენოქსიმმარმჟავა).

იგი აღნიშნულ 2,3,7,8-TCDD 30მგ/კგ-ის რაოდენობით შეიცავდა, რის გამოც იგი აღმოჩნდა უფრო მეტად ტოქსიკური, ვიდრე ცნობილი VX გაზი.

დიოქსინები ასევე შესაძლებელია წარმოიქმნას გარემოში სხვადასხვა სახის ქლორშემცველი პესტიციდების ფოტოქიმიური გარდაქმნის შედეგად. აღნიშნულის გამო, ქლორშემცველი ორგანული პესტიციდების გამოყენება ძლიერ შეზღუდული ან აკრძალულია.

აშშ-ის გარემოს დაცვის საგენტოს მონაცემებით დიოქსინების წარმოქმნის მნიშვნელოვანი ანთროპოგენური ფაქტორებია:

1. წვა და წვის წყაროები - მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების, ჩამდინარე წყლის დანაწდომების, საშიში ნარჩენებისა და სამედიცინო ნარჩენების წვა, მეტალურგიული მრეწველობა - ფოლადის მაღალტემპერატურული დნობა, ღუმელებში ჯართის აღდგენისა და დნობის პროცესები, ცემენტის ღუმელები, ნახშირის, შეშის, ნავთობპროდუქტების (მათ შორის საავტომობილო ბენზინისა და დიზელის) და გამოყენებული საბურავების წვა. დიოქსინების წარმოქმნის "უმნიშვნელო წყაროდ" სახელდებიან სიგარეტის კვამლი, კრემატორიუმები, ვულკანები და ტყის ხანძრები;

2. ქიმიური მრეწველობა - ძირითადად ისეთი ქიმიკატების წარმოება, როგორცაა ფენოლები და ბენზოლი, ჰერბიციდები, ქლორირებული ორგანული ნივთიერებები;
3. ცელულოზა-ქაღალდის წარმოება - ცელულოზის ქლორით გამოთეთრება;
4. გარემოში წლობით დაგროვებულ ნარჩენებში არსებული დიოქსინები.

დიოქსინთა წარმოქმნის მნიშვნელოვან წყაროდ სახელდება ნაგავსაწვავი ქარხნები და სამედიცინო ნარჩენების წვა. მიუხედავად იმისა, რომ მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენების (მუყაო, ქაღალდი, საკვები ნარჩენები, პლასტმასები, რეზინა) მასა 6-7-ჯერ აღემატება სამედიცინო ნარჩენების მასას, ამ უკანასკნელში ძალზე დიდია პლასტმასების (ძირითად პოლივინილქლორიდის) შემცველობა. პოლივინილქლორიდის წვისას ადგილი აქვს აქტიური ქლორის მოლეკულების წარმოქმნას, რომლებიც მაღალი ტემპერატურისა და არომატული ბირთვების თანაობისას დიოქსინებს წარმოქმნიან. დადასტურებულია, რომ საყოფაცხოვრებო ნარჩენების დახარხება და მათგან პლასტმასური ნაკეთობების დაცალკავება მნიშვნელოვნად ამცირებს დიოქსინების წარმოქმნას.

წამყვან სახელმწიფოებში ნაგავსაწვავ ქარხნებში განხორციელებული წვის პროცესი 850°C-ზე მიმდინარობს, ამ დროს დიოქსინები იწვიან, მაგრამ გამონაბოლქვი აირების გაცივებისას ისინი ნაწილობრივ ისევ წარმოიქმნებიან.

აშშ-სა და დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში დიოქსინებით ტოქსიკაციის პრობლემას დიდი ყურადღება ეთმობა. აქ მიიღეს გადაწყვეტილება 6700 სამედიცინო ნარჩენების საწვავი ქარხნის ლიკვიდაციის შესახებ. მაგალითად, ჰოლანდიაში ნაგავსაწვავი ქარხნები დიოქსინთა წარმოქმნის ძირითად წყაროს წარმოადგენდნენ. 1990 წელს მათი გამონატყორცნი შეადგენდა 412 გ/წელიწადში. მილიარდი დოლარით ღირებული ქარხნების რეკონსტრუქციის შემდეგ, როცა დამონტაჟდა გამწმენდი მოწყობილობები (ადსორბცია პიროფორული ნახშირით) 1996 წელს დიოქსინთა გამონატყორცნი შემცირდა 4,1გ-მდე/წელიწადში.

დიოქსინები გარემოში მცირე კონცენტრაციებით არსებობენ, ამიტომ მათი აღმოჩენა მთელ რიგი ანალიზური მეთოდების გამოყენებითაა შესაძლებელი.

დიოქსინები ადამიანის ორგანიზმში ძირითადად ხვდებიან საკვებთან ერთად და ნაკლებად ჰაერთან და წყალთან ერთად. ისინი გადაადგილდებიან კვებით ჯაჭვში და ყველაზე დიდი რაოდენობით ამ კვებით ჯაჭვის უმაღლეს წარმომადგენელს - ადამიანის ორგანიზმში გროვდებიან. დიოქსინების 90% ადამიანის ორგანიზმში ცხოველური საკვებიდან ხვდება. მათ ყველაზე მეტად შეიცავს ცხიმოვანი პროდუქტები: თევზი, ხორცი, ყველი და კარაქი.

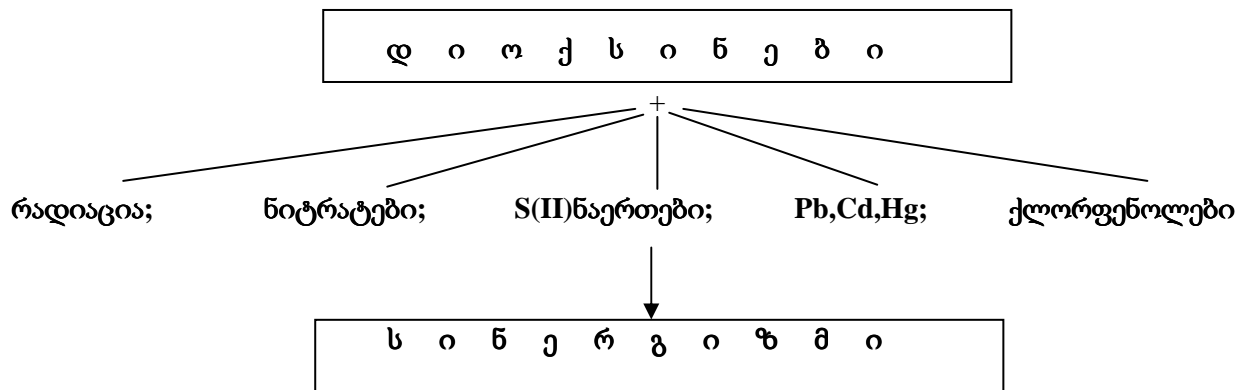
დიოქსინთათვის არ არსებობს ისეთი ნორმა, როგორცაა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ), რადგან ისინი ტოქსიკურნი არიან ნებისმიერი კონცენტრაციისას.

დიოქსინთა ორგანიზმზე მოქმედება ტოქსიკური ეფექტების ძალზე ფართო სპექტრით ხასიათდება. ესენია:

1. ემბრიოსტატიკური და ტერატოგენული (განვითარების ეფექტები) - სპონტანური აბორტები, ანომალური განვითარების შთამომავლობა;
2. იმუნოტოქსიკური, ანალოგიური შიდსის ვირუსის მოქმედებისა;
3. ჰისტოპათოლოგიური (ავადმყოფობა ქლორაკნეს გამომწვევი) - კანის ცხიმოვანი ჯირკვლების უჯრედთა ცვლილება, მათი გადაქცევა კერატინ-შემცველ ცისტებად და წყლულოვანი დაავადებები;
4. მეტაბოლური, რომელიც დაკავშირებულია აქტიურობის მოდულაციასთან;
5. ენდოკრინო-ტოქსიკური, რომლებიც დაკავშირებულია ჰორმონთა დეფიციტის, ესტროგენების მეტაბოლიზმზე ზეგავლენასთან (ტესტოსტერონის სინთეზის ჩახშობა იწვევს მომავალი თაობის ფემინიზაციას);
6. ნეიროტოქსიკური, რომელიც გამოიხატება მომატებულ ნევროზულობაში, დეპრესიული მდგომარეობით, გონებრივი განვითარების დონის დადაბლებაში, რაც აიხსნება დიოქსინების მოქმედებით თავის ტვინის ზოგიერთი ნეიროტრანსმიტერების მეტაბოლიზმზე;
7. კანცეროგენული, რომელიც იწვევს ავთვისებიანი სიმსივნის წარმოქმნას.

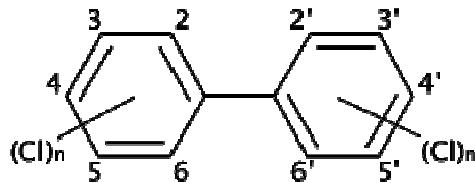
უკანასკნელ ხანებში შეინიშნება დიოქსინთა და სხვა ფაქტორთა კომბინაციური მოქმედება ორგანიზმზე, რომლის დროსაც აღმოჩენილია სინერგიზმი - მოქმედების ეფექტი, რომელიც აღემატება თითოეულ ფაქტორთა მოქმედების ჯამს.

სინერგიზმის მოვლენა დიოქსინთა შემთხვევისათვის ასე შეიძლება გამოვსახოთ:



- პოლიქლორირებული ბიფენილები
polychlorinated biphenyl (PCB)

პოლიქლორირებული ბიფენილები (PCB) მოქმედების მიხედვით დიოქსინების მონათესავე ნაერთებს განეკუთვნებიან. თეორიულად შესაძლებელია 209 იზომერის არსებობა.



პოლიქლორირებული ბიფენილები

PCB - ესაა სინთეზური ქლორშემცველი პოლიციკლური ნაერთების კლასი, რომელთაც გამოიყენებენ ინსექტიციდების სახით. აშშ-ში ამ მიზნებისათვის ისინი იწარმოებოდნენ 1929 წლიდან 1977 წლამდე საწარმოო მარკით აროქლორი. ამას გარდა, პქბ ფართოდ გამოიყენებოდნენ ელექტრომოწყობილობათა გამაცივებელი სითხეების (ძირითადად ტრანსფორმატორებისა და გამაძლიერებლების), საღებარებისა და პესტიციდების, ტურბინების შესაზეთი მასალების, ტექსტილის, ქაღალდის, ფლუოროსცენცული ნათურებისა და სატელევიზიო მიმღებების შემავსებლების სახით.

PCB ასეთი ფართო გამოყენება განპირობებული იყო მათი მაღალი თერმომდგრადობით, ქიმიური სტაბილურობითა და დიალექტრიკული თვისებებით. 70-იან წლებში ლაბორატორიული გამოკვლევებით დადგინდა იქნა მათი გარემოში მაღალი მდგრადობა და ლაბორატორიულ ცხოველებზე ტოქსიკური ზემოქმედება. 1979 წელს აშშ-ში ამ ნივთიერებათა წარმოება აიკრძალა.

- **პესტიციდები, ქლორორგანული პესტიციდები**

პესტიციდები (სიტყვა “პესტი“ ნიშნავს მავნებელს, “ციდი“ - განადგურებას) წარმოადგენენ ქიმიურ და ბიოლოგიურ პრეპარატებს, რომლებიც გამოიყენება მავნებლების, მცენარეთა დაავადებების, სარეველა მცენარეების, შესანახი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მავნებლების, საყოფაცხოვრებო მავნებლების და ცხოველთა გარე პარაზიტების საწინააღმდეგოდ.

პესტიციდები გარემოს ყველაზე უფრო გავრცელებული გამაჭუჭყიანებლებია. აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს (EPA) და მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის (WHO) უახლესი მონაცემებით, ამჟამად პესტიციდებს განეკუთვნება 1000-ზე მეტი ნაერთი, რომლებიც სხვადასხვა ქიმიურ კლასებს განეკუთვნებიან.

ქიმიური სტრუქტურის მიხედვით განასხვავებენ შემდეგი სახის პესტიციდებს: ქლორორგანული, ფოსფორორგანული, ვერცხლისწყალორგანული, დარიშხანორგანული, შარდოვანას ნაწარმები, ციანიდური ნაერთები, კარბამინის, თიო- და დითიოკარბამინის მჟავის ნაწარმები, ფენოლის, გოგირდისა და სხვ. ნაწარმები.

ზემოქმედების ობიექტის მიხედვით პესტიციდები იყოფიან შემდეგ ჯგუფებად:

აკარიციდები - მწერების საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ალგიციდები - წყალმცენარეთა საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ანტისეპტიკები - მიკროორგანიზმთა საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ბაქტერიოციდები - ბაქტერიათა და მცენარეთა ბაქტერიული დაავადებების საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ზოოციდები ანუ როდენტიციდები - მღრნელების საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ინსექტიციდები - მავნე მწერების საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ლიმაციდები - მოლუსკების საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ნემატოციდები - მრგვალი ჭიების (ნემატოდების) საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ფუნგიციდები - მცენარეთა დამაავადებელი სხვადასხვა პარაზიტული სოკოების საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ჰერბიციდები - სარეველა მცენარეების საწინააღმდეგო საშუალებანი;

ასევე პესტიციდებს განეკუთვნებიან:

დეფოლიანტები, რომლებიც მოსავლის აღების წინ ფოთოლთა მოშორებისათვის გამოიყენება;

დესიკანტები - გამოიყენება მცენარეთა წინასწარი გამოშრობისათვის;

დეფლორანტები - ზედმეტი ყვავილების მოსაცილებელი საშუალებანი.

პესტიციდების უაღრესად ფართო გამოყენება გარემოში მათი დიდი მასშტაბებით გავრცელებას იწვევს. სხვადასხვა პესტიციდებით გაჭუჭყიანებულია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების უზარმაზარი ტერიტორიები, გრუნტის წყლები, წყალსატევები და ა.შ.

თანამედროვე პესტიციდები, მათი მოქმედების საშიშროების თავიდან ასაცილებლად, უნდა აკმაყოფილებდნენ შემდეგ ეკოლოგიურ მოთხოვნებს:

1. დაბალი მწვავე ტოქსიკურობა ადამიანისათვის, ცხოველთათვის და სხვა გარემო ობიექტებისათვის;
2. უარყოფითი ეფექტების (მათ შორის მუტაგენური, კანცეროგენული, ტერატოგენული) არქონა მათი მცირე დოზებით მოქმედებისას;
3. დაბალი პერსისტენტობა (დაბალი მდგრადობა გარემოში - ერთი ვეგეტაციური პერიოდის დაშლის სიჩქარით).

ამასთან, რეკომენდირებულ პესტიციდებს უნდა გააჩნდეთ შემდეგი თვისებები:

- მავნე ორგანიზმებთან ბრძოლის მაღალი ეფექტურობა;
- გამოყენების ეკონომიური მიზანშეწონილობა;
- მათი წარმოებისათვის ნედლეულის ხელმისაწვდომობა.

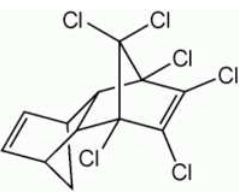
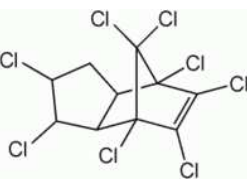
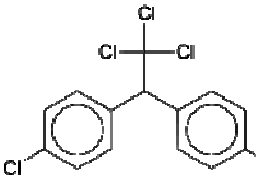
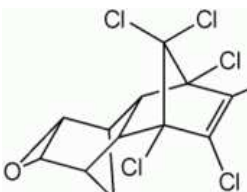
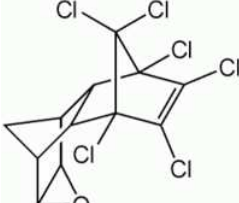
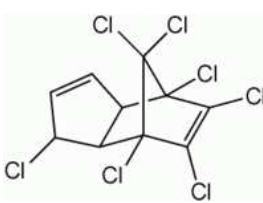
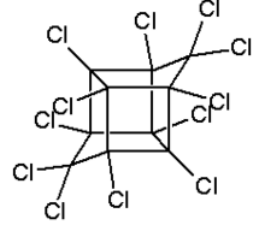
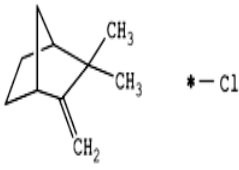
ქლორორგანული პესტიციდები. ქლორორგანული პესტიციდები ადამიანის ორგანიზმზე ტოქსიკური ზემოქმედებით გამოირჩევიან. მათ აქვთ უნარი იოლად შეაღწიონ ცოცხალ ორგანიზმში და დაგროვდნენ ცხიმოვან ქსოვილებში. ამასთან, ქლორორგანული პესტიციდები გარემო-

ში მოხვედრისას შესაძლებელია გარდაიქმნან დიოქსინებად. აღნიშნული შედეგების გამო, თანამედროვე მსოფლიოში მათი გამოყენება აკრძალული ან ძლიერ შეზღუდულია.

არც თუ ისე დიდი ხნის წინათ ქლორორგანული პესტიციდები ფართოდ გამოიყენებოდა სოფლის მეურნეობაში. თავის დროზე მათ დადებითი როლი შეასრულეს სხვადასხვა მავნებლების წინააღმდეგ ბრძოლაში, ხოლო უკანაკნელ წლებში ნათლად გამოჩნდა მათი უარყოფითი ეკოლოგიური როლი. სტოკჰოლმის კონვენციის მიხედვით მდგრად ორგანულ პოლუტანტებში (POPs) შედის რვა ქლორორგანული პესტიციდი. ესენია: ალდრინი, ქლორდანი, დდტ, დილდრინი, ენდრინი, ჰეპტაქლორი, მირექსი, თოქსაფენი.

ცხრილი 23

ქლორორგანული პესტიციდები, რომელთა გამოყენება აკრძალულია სტოკჰოლმის კონვენციის მიხედვით

 <p>ალდრინი</p>	 <p>ქლორდენი</p>	 <p>დდტ</p>	 <p>დილდრინი</p>
 <p>ენდრინი</p>	 <p>ჰეპტაქლორი</p>	 <p>მირექსი</p>	 <p>თოქსაფენი</p>

ქლორორგანული პესტიციდები ძირითადად წარმოადგენენ მყარ ნივთიერებებს, გააჩნიათ მაღალი თერმომდგრადობა, ცუდად იხსნებიან წყალში და კარგად იხსნებიან სხვადასხვა ორგანულ გამხსნელებსა და ცხიმებში. ქლორორგანული პესტიციდები ფიზიკური, ქიმიური და მიკრობიოლოგიური ფაქტორების მოქმედებით ძალიან ნელა იშლებიან, აქვთ თვისება დაგროვდნენ ნიადაგში, მცენარეში და ა.შ., გადაადგილდებიან ე.წ. კვებით ჯაჭვში და კონცენტრირდებიან ცოცხალ ორგანიზმში

ე.ი. მათ ახასიათებთ კუმულაციური ტოქსიკური ეფექტი - გროვდებიან ცოცხალ ქსოვილში და უარყოფითად მოქმედებენ ადამიანის ნერვულ და გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე.

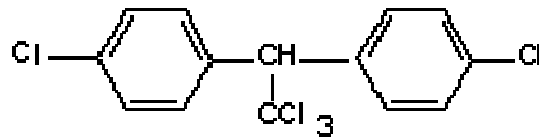
პესტიციდები განსაკუთრებით სახიფათოა ბავშვებისათვის. ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მონაცემებით მსოფლიოში ყოველწლიურად პესტიციდებით იწამლება 500 ათასი ადამიანი, 5 ათასამდე შემთხვევა მთავრდება სიკვდილით.

გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ ქლორორგანულ პესტიციდებს, როგორც ქსენობიოტიკებს, მიწაზე და წყალში მცხოვრები თითქმის ყველა ცოცხალი ორგანიზმი შეიცავს. ამ ორგანიზმებში აღნიშნულ ნივთიერებათა კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად აღემატება გარემოში მათ კონცენტრაციას, რაც მათი კუმულაციური (დაგროვების) ეფექტითაა განპირობებული. პესტიციდები გადაეცემიან და კონცენტრირდებიან ტროფიკულ ჯაჭვებში. მაგალითად, ზღვის ფრინველებში მნიშვნელოვნად გაიზარდა ქლორშემცველი პესტიციდების შემცველობა, რადგან ადგილი ჰქონდა მათ გადაცემას შემდეგ კვებით ჯაჭვში: ზღვის წყალი - პლანქტონი - თევზი - ზღვის ფრინველი. ძუძუმწოვრებისათვის და განსაკუთრებით ფრინველთათვის ქლორორგანული პესტიციდები სახიფათოა იმით, რომ მოქმედებენ რეპროდუქციულ ფუნქციაზე (განსაკუთრებით ემბრიონის განვითარების სტადიაზე). მათი მოქმედება დიოქსინთა მოქმედების მსგავსია, ამიტომ იწვევენ შინაგანი ორგანოების პათოლოგიასა და ინდივიდის სიკვდილს.

რაც უფრო მდგრადია და ტოქსიკურია პესტიციდი, მით უფრო სერიოზულია მისი ნეგატიური მოქმედება ცოცხალ ბუნებაზე და ადამიანზე. დროთა განმავლობაში ჰაერის, ჟანგბადის, მზის რადიაციის, წყლის ზემოქმედებით პესტიციდები ნელ-ნელა იშლებიან და ამ პროცესს ხელს უწყობს ნიადაგში მყოფი შესაბამისი ფერმენტები. ნიადაგის ასეთი თვითგასუფთავება სხვადასხვა სიჩქარით მიმდინარეობს და დამოკიდებულია პრეპარატის დოზაზე, ნიადაგის ხასიათზე და თავად პესტიციდზე. მაგალითად, დდტ-სა და დელდრინისათვის მათი ნიადაგში დაშლის ნახევარპერიოდი 15-20 წელს შეადგენს.

მდგომარეობას ამძაფრებს ის, რომ ნიადაგში მყოფი პესტიციდები მიწისქვეშა წყლებით ადვილად გადაიტანებიან მდინარეებში და ტბებში, საიდანაც ხვდებიან მსოფლიო ოკეანეში. გამოთვლილია, რომ ანქტარტიდაში, ყინულოვან წარმონაქმნებში, დაგროვილია 2000ტ DDT.

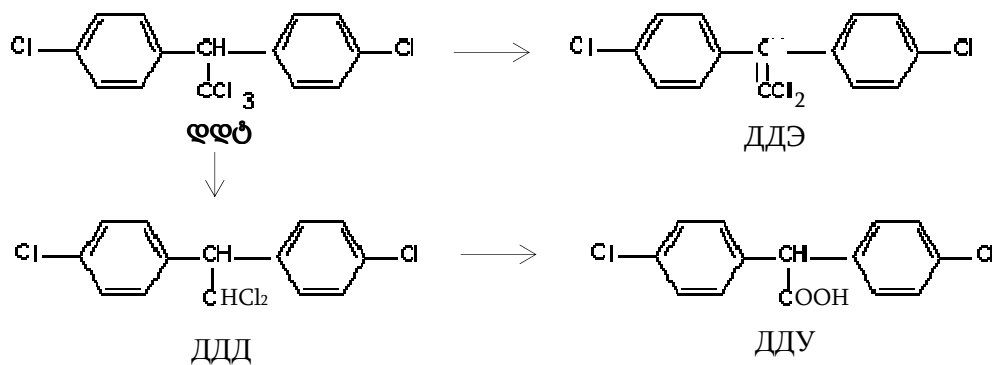
ერთ-ერთი ფართოდ გამოყენებული ქლორორგანული პესტიციდი იყო ე.წ **დდტ** (დიქლორდიფენილტრიქლორეთანი). მისი შემქმნელი პ. მიულერი დაჯილდოებულ იქნა ნობელის პრემიით. მისი გამოყენებით კაცობრიობამ დაამარცხა მალარიის, ყვითელი ჭირისა და ტიფის ეპიდემიები, მაგრამ შემდეგში გამოვლინდა ამ პრეპარატის გამოყენების ძალიან მძიმე ეკოლოგიური შედეგები.



დდტ

დდტ - ქლორორგანული პესტიციდია, გამოიყენება როგორც ინსექტიციდი. **დდტ** -ტიპიური კონტაქტური შხამია. მისი ცხიმში კარგად ხსნადობის უნარის გამო, იგი კანიდანაც სწრაფად აღწევს ორგანიზმში. ნერვულ სისტემაზე ზემოქმედების გამო **დდტ**-ს მაღალი კონცენტრაციები კიდურების დამბლას იწვევს. ვარაუდობენ, რომ ცხიმოვანი ქსოვილში დაგროვებულმა და აქედან დედის რძეში მოხვედრილ **დდტ**-ს შეუძლია შეაღწიოს ბავშვის სასქესო ჯირკვლებში და უნაყოფობა გამოიწვიოს.

ჩვეულებრივ პირობებში **დდტ** ძალიან ნელა და არასრულად იშლება. **დდტ** ხასიათდება გარემოში მაღალი მდგრადობით და ატმოსფეროში ცირკულირდება 50 წლის განმავლობაში. გარემოში მიმდინარე **დდტ**-ს დაშლის რეაქციათა პროდუქტები (მაგ. DDE) სახიფათო და მდგრადი ნაერთებია და ზოგჯერ, უფრო მეტად ტოქსიკურნი, ვიდრე თავდაპირველი ნივთიერება (იხ. ნახ.15). ასევე, უკანასკნელ ხანებში დადგენილია, რომ **დდტ**-სა და DDE-ს გარემოში ფოტოქიმიური გარდაქმნის შედეგად წარმოიქმნება პოლიჰალოგენური ბიფენილები (დიოქსინები).



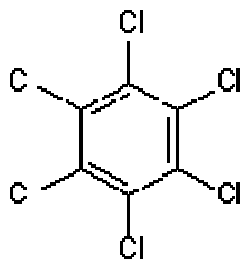
ნახ.15. დდტ-ს გარდაქმნის პროდუქტები

ცხოველისა და ადამიანის ორგანიზმში დდტ ნელ-ნელა გარდაიქმნება დიქლორეთილენის (DDE), დიქლორეთანის (DDD) და ძმარმჟავას (DDU) ნაწარმებად.

DDT, DDE და DDD ლიპოფილურ ნივთიერებებს წარმოადგენენ და ცხიმოვან ქსოვილებში დეპონირდებიან. ყველა ეს ნივთიერებები უფრო მეტად ტოქსიკურნი არიან, ვიდრე თავად დდტ.

- ქლორირებული ბენზოლები

ქლორირებული ბენზოლები - ესაა ქიმიური ნივთიერებების ჯგუფი, რომელიც გამოიყენება ორგანული გამხსნელების, პესტიციდების, ფუნგიციდების, ქიმიური სინთეზის კომპონენტების სახით. ისინი ქიმიურად წარმოადგენენ ბენზოლის მოლეკულას, რომელშიც წყალბადის ატომები ჩანაცვლებულია ქლორის 1-6 ატომებით.



ჰექსაქლორბენზოლი
(hexachlorobenzene - HCB)

როგორც წესი, ამ ნივთიერების ზემოქმედებას ადამიანები განიცდიან საწარმოო პირობებში, მაგრამ უკანასკნელ ხანებში მათი მაღალი რაოდენობები აღმოაჩინეს გარემოს სხვადასხვა კომპონენტებშიც: ჰაერში, ნიადაგში, წყალსა და საკვებ პროდუქტებში.

ქლორირებული ბენზოლები - ლიპოფილური ნაერთებია, ამიტომ შეუძლიათ დაგროვდნენ ცხოველისა და ადამიანი ორგანიზმში, მაგრამ შედარებით ნაკლები ხარისხით, ვიდრე სხვა ქლორირებული არომატული ნახშირწყალბადები.

ანთროპოგენური ზემოქმედება ატმოსფეროზე

ატმოსფერულ ჰაერზე მავნე ანთროპოგენური ზემოქმედება არის ატმოსფერულ ჰაერზე ადამიანის საქმიანობით გამოწვეული ნებისმიერი ზემოქმედება, რომელიც ახდენს ან რომელმაც შეიძლება მოახდინოს უარყოფითი ზეგავლენა ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე.

ატმოსფერულ ჰაერზე მავნე ანთროპოგენური ზემოქმედების სახეებია:

- ა) ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურება;
- ბ) ატმოსფერულ ჰაერზე რადიაციული ზემოქმედება;
- გ) ატმოსფერული ჰაერის მიკროორგანიზმებითა და მიკრობული წარმოშობის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებით დაბინძურება;
- დ) ატმოსფერულ ჰაერზე ხმაურის, ვიბრაციის, ელექტრომაგნიტური ველებისა და სხვა სახის ფიზიკური ზემოქმედება.

„ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონის თანახმად, „ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება არის ატმოსფერული ჰაერის შემადგენლობის ცვლილება მასში დამბინძურებელ ნივთიერებათა არსებობის შედეგად“.

მავნე ნივთიერება - ადამიანის საქმიანობის შედეგად ატმოსფერულ ჰაერში გაფრქვეული ნებისმიერი ნივთიერება, რომელიც ახდენს ან რომელმაც შეიძლება მოახდინოს უარყოფითი ზეგავლენა ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე;

ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურება არის ადამიანის საქმიანობის შედეგად ატმოსფერულ ჰაერში ნებისმიერი ნივთიერების გაფრქვევა (ემისია), რომელიც ახდენს ან რომელმაც შეიძლება მოახდინოს უარყოფითი ზეგავლენა ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე.

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროები

აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებათა გამონატყორცნი შეიძლება იყოს:

1. აირადი (ნახშირორჟანგი (CO_2), გოგირდის დიოქსიდი (SO_2), აზოტის ოქსიდები (NO_x), ფტორის ნაერთები, ნახშირორჟანგი (CO), ნახშირწყალბადები და სხვ.);
2. თხევადი (მჟავები, ტუტეები, მარილთა წყალხსნარები და სხვ.);
3. მყარი (კანცეროგენული ნაერთები, მაკრონაწილაკები (ძირითადად, სამრეწველო მტვერი), მძიმე ლითონები, რადიაქტიური ნაერთები).

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებაში ძირითადი წვლილი შეაქვთ შემდეგ მრეწველობის დარგებს:

თბური და ატომური ელექტროსადგურები. საქვაბე დანადგარები. თხევადი ან მყარი საწვავის წვისას ატმოსფეროში გამოიყოფა კვამლი, რომელიც შეიცავს როგორც სრული წვის (ნახშირბადის დიოქსიდი და წყლის ორთქლი), ასევე არასრული წვის (ნახშირბადის, გოგირდის, აზოტის ოქსიდები, ნახშირწყალბადები). ენერგეტიკული გამონატყორცნების მოცულობა ძალზე დიდია. მაგალითად, თანამედროვე თბოელექტროსადგური 2,4მლნ კვტ სიმძლავრით დღე-ღამეში ხარჯავს 20 ათას ტ-მდე ქვანახშირს და ამ დროის განმავლობაში ატმოსფეროში გამოყოფს 680 ტ SO_2 და SO_3 -ს, 120-140 ტ მყარ ნაწილაკებს (ზოლი, მტვერი, საჟი), 200 ტ აზოტის ოქსიდებს.

დანადგარების გადაყვანა თხევად საწვავზე (მაზუთზე) ამცირებს ზოლის გამონატყორცნს, მაგრამ პრაქტიკულად არ ამცირებს გოგირდისა და აზოტის ოქსიდებს. ყველაზე მეტად ეკოლოგიურია აირადი საწვავი, რომელიც სამჯერ ნაკლებად აჭუჭყიანებს ჰაერს, ვიდრე მაზუთი და 5-ჯერ ნაკლებად, ვიდრე ქვანახშირი.

ატომური ელექტროსადგურები წარმოადგენს ატმოსფეროს დაჭუჭყიანების წყაროს შემდეგი ტოქსიკური ნივთიერებებით - რადიაქტიური იოდი, რადიაქტიური ინერტული აირები და აეროზოლები.

შავი და ფერადი მეტალურგია. 1 ტ ფოლადის დნობისას ატმოსფეროში გამოიყოფა 0,04 ტ მყარი ნაწილაკები, 0,03 ტ გოგირდის ოქსიდები,

0,05 ტ-მდე ნახშირბადის ოქსიდები და ასევე შედარებით მცირე რაოდენობებით ისეთი დამაჭუჭყიანებლები, როგორცაა მანგანუმი, ტყვია, ფოსფორი, დარიშხანი, ვერცხლისწყლის ორთქლი და სხვა. ფოლადის დნობის პროცესში ატმოსფეროში გამოიტყორცნება ორთქლაირადი ნარევი, რომელიც შეიცავს ფენოლს, ფორმალდეჰიდს, ბენზოლს, ამიაკს და სხვა ტოქსიკურ ნაერთებს. ატმოსფეროს დაჭუჭყიანება ასევე არსებითია აგლომერაციულ ფაბრიკებში, დომენურ და ფეროსადნობ საწარმოებში.

აირებისა და ტოქსიკური ნაერთების შემცველი მტვრის მნიშვნელოვანი გამონატყორცნებით ხასიათდება ფერადი მეტალურგიის ქარხნები ტყვია-თუთიის, სპილენძის, სულფიდური მადნების გადამუშავებისას, ალუმინის წარმოების დროს და სხვ.

ქიმიური წარმოება. ამ წარმოების გამონატყორცნები მოცულობით დიდი არაა (ყველა სამრეწველო გამონატყორცნების 2%), მაგრამ მათი მაღალი ტოქსიკურობის, სხვადასხვაგვარობის და კონცენტრიულობის გამო ძალიან სახიფათონი არიან ადამიანისა და ბიოტისათვის. სინთეზური კაუჩუკის საწარმოები ატმოსფეროში უშვებენ ისეთ მომწამვლელ ნივთიერებებს, როგორცაა სტიროლი, დივინილი, ტოლუოლი, აცეტონი, იზოპრენი და ა.შ.

ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვები. მსოფლიოში რამდენიმე ასი მილიონი ავტომობილია, რომელიც წვავს უზარმაზარი რაოდენობით ნათობპროდუქტებს და არსებითად აჭუჭყიანებს ატმოსფერულ ჰაერს, უპირველესად დიდ ქალაქებში. შიგა წვის ძრავების გამონაბოლქვი აირები შეიცავს დიდი რაოდენობით ტოქსიკურ ნაერთებს - ბენზ(ა)პირენს, ალდეჰიდებს, აზოტისა და ნახშირბადის ოქსიდებს, ტყვიის ნაერთებს (ეთილირებული ბენზინის გამოყენების შემთხვევაში).

ატმოსფერული ჰაერის ინტენსიური დაბინძურება აღინიშნება მინერალური ნედლეულის მოპოვებისა და გადამუშავების, ნავთობპროდუქტებისა და აირის გადამამუშავებელი ქარხნების მიერ. ასევე მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ნაგვისა და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების წვას.

ატმოსფეროს გლობალური გაჭუჭყიანების ეკოლოგიური შედეგები

ატმოსფეროს გლობალური გაჭუჭყიანების მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ შედეგებს განეკუთვნება:

1. კლიმატის შესაძლებელი დათბობა („სათბურის ეფექტი“)
2. ოზონის ფენის რღვევა
3. მჟაური წვიმების წარმოქმნა

მსოფლიოს მეცნიერთა უმრავლესობა მათ განიხილავს როგორც თანამედროვეობის უდიდეს ეკოლოგიურ პრობლემებს.

კლიმატის დათბობა („სათბურის ეფექტი“) - გამომწვევი მიზეზები, შედეგები და გარემოს დაცვითი ღონისძიებანი

კლიმატის ცვლილება, რომელიც, დაწყებული გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან, გამოიხატება საშუალოწლიური ტემპერატურის მომატებით, მეცნიერთა უმრავლესობა უკავშირებს ატმოსფეროში ე.წ. „სათბურის აირების“ - ნახშირბადის დიოქსიდის (CO_2), მეთანის (CH_4), ქლორფტორნახშირბადების (ფრეონების), ოზონის (O_3), აზოტის ოქსიდების (NO_x) დაგროვებას.

სათბურის აირები, უპირველსად CO_2 , ეწინააღმდეგებიან დედამიწის ზედაპირის გრძელტალღოვან თბურ გამოსხივებას. სწორედ ამ თვისების გამო, ზემოთ აღნიშნული აირები, ატმოსფეროში მათი ძალზე მცირე კონცენტრაციების მიუხედავად (ჟანგბადთან და აზოტთან შედარებით), მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ დედამიწაზე კლიმატის (ტემპერატურის) ფორმირებაში. ჰეფლინგის (1990) მიხედვით, ატმოსფერო, რომელიც გაჯერებულია სათბურის აირებით, მოქმედებს როგორც სათბურის სახურავი. იგი, ერთის მხრივ უშვებს მზის ენერჯის დიდ ნაწილს, მეორეს მხრივ - გარეთ თითქმის არ უშვებს დედამიწის მიერ გამოსხივებულ სითბოს.

ადამიანის მიერ სხვადასხვა სახის საწვავის წვის შედეგად ატმოსფეროში CO_2 -ის კონცენტრაცია მუდმივად იზრდება. ასევე, ადგილი აქვს სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის გამოყენებული ფრეო-

ნების შემცველობის გაზრდას, ყოველწლიურად 1-1,5%-ით იზრდება მეთანის შემცველობა, 0,3%-ით აზოტის ოქსიდების შემცველობა (კარობკინი, 2005).

აღნიშნული აირების კონცენტრაციის გაზრდის შედეგად იქმნება „სათბურის ეფექტი“ - იზრდება მიწის ზედაპირთან ჰაერის საშუალო გლობალური ტემპერატურა. გაეროს ეგიდით მომუშავე კლიმატური ცვლილებების საერთაშორისო ჯგუფის მიერ მომზადებულ მოხსენებაში გამოთქმულია მეცნიერული მტკიცება იმისა, რომ 2100 წელს ჰაერის ტემპერატურა იქნება 2-4°C-ით მეტი 1950-1980 წწ-თან შედარებით. ამ შემთხვევისათვის დათბობის ეკოლოგიური შედეგები კატასტროფული იქნება. ეს პირველ რიგში დაკავშირებულია მსოფლიო ოკეანის დონის მომატებასთან პოლარული ყინულების დნობის, მთის მყინვარების ფართობის შემცირების გამო და ა.შ.

მეორეს მხრივ, მეცნიერთა ნაწილი კლიმატის გლობალურ დათბობაში ხედავს დადებით ეკოლოგიურ შედეგებსაც. ატმოსფეროში CO₂-ის კონცენტრაციის გადიდება და მასთან დაკავშირებული ფოტოსინთეზის პროცესის გაზრდა, ასევე კლიმატის დატენიანების გაზრდა, მათი აზრით, გამოიწვევს როგორც ბუნებრივი ფიტოცენოზების (ტყეების, მდელოების და სხვა), ასევე აგროცენოზების (კულტურული მცენარეების, ბაღების, ვენახების და სხვ.) პროდუქტიულობის გაზრდას.

კლიმატის გლობალურ დათბობაზე სათბურის აირების გავლენის ხარისხის საკითხზე მეცნიერთა შორის არ არის ერთიანი აზრი. მაგალითად, კლიმატის ცვლილების პრობლემების სახელმწიფოთაშორისი ექსპერტების ჯგუფის დასკვნაში (1992წ) აღნიშნულია, რომ უკანასკნელ წლებში მიმდინარე კლიმატის დათბობა 0,3-0,6°C-ით შესაძლებელია განპირობებული იყოს უპირატესად კლიმატური ფაქტორთა ბუნებრივი ცვლილებით.

მეცნიერთა მტკიცებით, სათბურის ეფექტი გამოწვეულია არა მხოლოდ სათბურის აირების, არამედ გლობალურ კლიმატზე ანთროპოგენული ზემოქმედების ფაქტორებით, რაც ბიოსფეროს დეგრადაციაში გამოიხატება. ამიტომ, პირველ რიგში უნდა ვიზრუნოთ ბიოსფეროს შენარჩუნებაზე, როგორც გლობალური ეკოლოგიური უსაფრთხოების ძირითად

ფაქტორზე. ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად ნივთიერებათა ბიოგენური წრებრუნვიდან ამოღებულია მათი მნიშვნელოვანი მასა, რომელიც ადრე იხარჯებოდა ბიოტის მიერ კლიმატური პირობების სტაბილიზაციისათვის. ბიოსფეროს მნიშვნელოვანი ფართობების მუდმივმა შემცირებამ და მასში არსებული თანასაზოგადოების დეგრადირებამ გამოიწვია ბიოსფეროს ასიმულაციური მოცულობის შემცირება, რის გამოც ადგილი აქვს ატმოსფეროში ნახშირბადის დიოქსიდისა და სხვა სათბური აირების გამონატყორცნების გაზრდას.

ამრიგად, სათბურის ეფექტის მქონე გაზებს ძირითადად წარმოადგენენ ნახშირორჟანგი, მეთანი და აზოტის ქვეჟანგი. ამასთან დიდი რაოდენობის ემისიის გამო მთავარ როლს ასრულებს ნახშირორჟანგი, რომლის ემისიის დიდი ნაწილი წიაღისეული საწვავიდან ენერჯის გამომუშავებაზე მოდის.

პრობლემის საერთო ძალისხმევით გადაჭრის მიზნით მსოფლიოს ქვეყნებმა 1992 წელს რიო-დე-ჟანეიროს „სამიტზე“ მიიღეს გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენცია. ეს შეთანხმება რატიფიცირებულია 160 სახელმწიფოს მიერ. საქართველო მას მიუერთდა 1994 წელს.

1997 წელს გაეროს კონფერენციაზე კიოტოში (იაპონია) მსოფლიოს 84 ქვეყნის მთავრობამ მოაწერა ხელი კიოტოს ოქმზე. ოქმის დანართში რეგლამენტირებულია სათბური აირების გამობოლქვის შემცირება საშუალოდ 5,2%-ით. შედარებისათვის ამოსავალ ბაზად მიღებულია 1990 წელი. კიოტოს შეთანხმება ძალაში შევიდა 2005 წლის 16 თებერვლიდან, რომლის მიხედვითაც ქვეყნებმა აიღეს ვალდებულება არ მოახდინონ 1990 წლის მაჩვენებელზე მეტი ანთროპოგენული ნახშირორჟანგის გამონატყორცნა.

ევროკავშირის წევრ-სახელმწიფოებმა აიღეს თვითვალდებულებები 2005 წლისათვის CO₂-ის გამობოლქვის შემცირებაზე, ხოლო ზოგადად სათბურის აირების გამობოლქვის 8%-ით შემცირებაზე 2008-2012 წწ პერიოდამდე. 1998 წელს ევროკავშირის ქვეყნების გარემოს დაცვის მინისტრების მოლაპარაკებებზე ვალდებულებები გადანაწილდა წევრ-სახელმწიფოებს შორის. ევროკავშირის, ცენტრალური და აღმოსავლეთ ევრო-

პის ქვეყნებმა უნდა შეამცირონ თავისი გამონახოლქვები 8%-ით, აშშ-მა - 7%-ით; კანადამ, იაპონიამ, პოლონეთმა და უნგრეთმა 6%-ით. უკრაინას და რუსეთს მოეთხოვება გამონახოლქვების მხოლოდ სტაბილიზება.

ზოგიერთი სამრეწველო ქვეყანას მაგ. ავსტრალიას და ნორვეგიას გამონახოლქვების გაზრდის უფლება ეძლევა. განვითარებადი ქვეყნების წინაშე CO₂-ის გამონახოლქვის შემცირების მიზანი არაა დასახული.

CO₂-ის ემისიის შემცირებაზე ვალდებულებები განაწილებულია ხანგრძლივ პერიოდზე 2005-2012 წლების საბიუჯეტო პერიოდი. გამონახოლქვების შემცირებაზე ვალდებულებები, რომლებიც საერთო განცხადებაში 20%-ს შეადგენს, მრეწველობის სხვადასხვა დარგისათვის განსხვავებულია. მაგალითად, შავი მეტალურგიისათვის, რომელიც დამამუშავებელი დარგებიდან ენერჯის ყველაზე მსხვილი მომხმარებელია, ის შეადგენს 16-17%. ხოლო კალიუმის სასუქების წარმოებისათვის - 78%.

სათბურის აირების გამოხოლქვის შემცირების ეფექტური საშუალებაა ენერგოტეკვად საწარმოებში ენერჯის გამოყენების ეფექტურობის გაუმჯობესება. ცალკეულ პარამეტრებად გამოიყენება, როგორც ენერჯის ხარჯი, ისე CO₂-ის ემისია.

კიოტოს პროტოკოლის შესრულება დიდ მატერიალურ დანახარჯებთან წარმოების მოდერნიზაცია, წარმოების მოცულობის შემცირება და ა.შ. არის დაკავშირებული. ამ პრობლემების ირგვლივ შეხედულებები ერთმანეთს ეწინააღმდეგება, რითაც აიხსნება ის ფაქტი, რომ ოქმს ხელი მოაწერა კონფერენციის მონაწილე ყველა სახელმწიფომ.

კიოტოს ოქმის ვალდებულებების შესრულება შესაძლებელია ორგანიზაციულ-საკანონმდებლო ღონისძიებების, საბაზრო ეკონომიკის მექანიზმების და ვალდებულებათა ნებაყოფლობითი მიღების ერთობლივი მოქმედებით.

სათბური აირების ემისიის შემცველობის საქმეში დიდი მნიშვნელობა აქვს ენერგოპოლიტიკურ ღონისძიებებს: მაგალითად, განახლებადი ენერგორესურსების დანერგვის გაძლიერებულ სტიმულირებას. ევროკავშირის უმეტეს ქვეყანაში მიღებულია კანონი ელექტროენერჯის გამოყენებაზე, რომლის თანახმადაც ქარის ენერჯიდან ან ბიომასიდან მიღებულ ელექტროენერჯიაზე გათვალისწინებულია შეღავათები. ასე-

თივე ღონისძიებას მიეკუთვნება ეკოლოგიური საგადასახადო რეფორმა. კანონი, რომელიც ძალაში შევიდა ევროკავშირის უმეტეს ქვეყანაში, ენერჯის უფრო ეკონომიურად ხარჯვის სტიმულს იძლევა, ხოლო მეორეს მხრივ, ანთავისუფლებს შრომის ფაქტორს.

ამონარიდი

საქართველოს კანონი ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ

მუხლი # 53 - კლიმატის დაცვა გლობალური ცვლილებებისაგან

1. გლობალური ცვლილებებისაგან კლიმატის დაცვის მიზნით სავალდებულოა ატმოსფეროში სათბურის ეფექტის გამომწვევი გაზების გამოყოფის (ემისიის) ნორმების დაცვა და მათი შემცირების ღონისძიებათა განხორციელება.

2. "კლიმატის ცვლილების შესახებ" გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ჩარჩო-კონვენციით საქართველოს მიერ ნაკისრ ვალდებულებათა შესასრულებლად კლიმატის ცვლილების ეროვნული პროგრამისა და მოქმედებათა გეგმის შემუშავებასა და განხორციელებას კოორდინაციას უწევს საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო.

3. კლიმატის ცვლილებაზე დაკვირვებას, ანალიზს, პროგნოზირებასა და სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებს ატარებს საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის სახელმწიფო დეპარტამენტი.

4. საქართველოს იურისდიქციის ფარგლებში გლობალური ცვლილებებისაგან კლიმატის დაცვის სამართლებრივი რეჟიმი განისაზღვრება "საქართველოს იურისდიქციის ფარგლებში გლობალური ცვლილებებისაგან კლიმატის დაცვის შესახებ" საქართველოს კანონით.

სათბურის ეფექტის მქონე გაზების ემისიების შემცირება შესაძლოა ან ნაკლები წიაღისეული საწვავის წვით (ანუ ნაკლები ენერჯის გამომუშავებით) ან ენერჯის გამომუშავების, გადაცემისა და მოხმარების პროცესში ენერგოეფექტურობის გაზრდით. ნაკლები ენერჯის გამომუშავება მოასწავებს ეკონომიკური განვითარების შენელებას, რაც ამ ქვეყნებისთვის მიუღებელია. ენერგოეფექტურობის გაზრდა კი ძალზედ რთულია, რადგან ეს მაჩვენებელი განვითარებულ ქვეყნებში უკვე საკმაოდ მაღალია და შემდგომი გაუმჯობესება უაღრესად დიდ დანახარჯებს მოითხოვს.

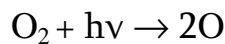
ემისიის შემცირების ასევე ეფექტური საშუალებაა ერთი წიაღისეული საწვავის ჩანაცვლება შედარებით ნაკლები ემისიის მქონე სხვა წიაღისეული საწვავით (მაგ ნახშირის ჩანაცვლება ნავთობით ან ბუნებრივი გაზით). ამ მხრივაც არასახარბიელო მდგომარეობაა, რადგან

განვითარებული ქვეყნების უმეტესი ნაწილის შესაძლებლობები თითქმის ამოწურულია: და ბოლოს, მესამე საშუალებაა განახლებადი ენერგეტიკული რესურსების გამოყენება. განვითარებულ ქვეყნებში ჰიდროენერჯის ეკონომიკურად მისაღები პოტენციალი პრაქტიკულად სრულადაა ათვისებული; ქარის ენერგეტიკა სწრაფად ვითარდება, მაგრამ შესაძლებლობები აქაც შეზღუდულია; მზის ენერჯის გამოყენება კი ჯერჯერობით ძალზე ძვირი ჯდება.

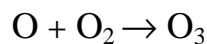
„ოზონის ხვრელები“ - გამომწვევი მიზეზები, შედეგები და გარემოსდაცვითი ღონისძიებანი

ატმოსფეროში ოზონის ძირითადი მასა 20-30 კმ სიმაღლეზე იმყოფება. ასეთი სახის ოზონს „სტრატოსფერულ ოზონს“ უწოდებენ. აქ ოზონის ფენის სისქე 2,3-5,2 მმ ფარგლებში მერყეობს.

ნორმალურ პირობებში ოზონი ატმოსფერული ჟანგბადიდან წარმოიქმნება ჭექა-ქუხილის დროს, ხოლო ატმოსფეროში, დედამიწის ზედაპირიდან 20-30 კმ სიმაღლეზე მზის ულტრაიისფერი სხივების მოქმედების შედეგად. კერძოდ, ფოტოქიმიური რეაქციის შედეგად ჟანგბადი ძლიერ შთანთქავს სინათლეს. ძირითადად ეს ულტრაიისფერი ტალღის საზღვრებში ხდება. თითოეული ფოტონი ერთი მოლეკულა ჟანგბადის დისოციაციას იწვევს:

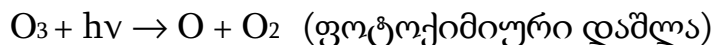
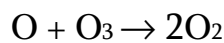


შემდეგ მიმდინარეობს რეაქცია, რომელიც არ საჭიროებს ფოტონის შთანთქმას:

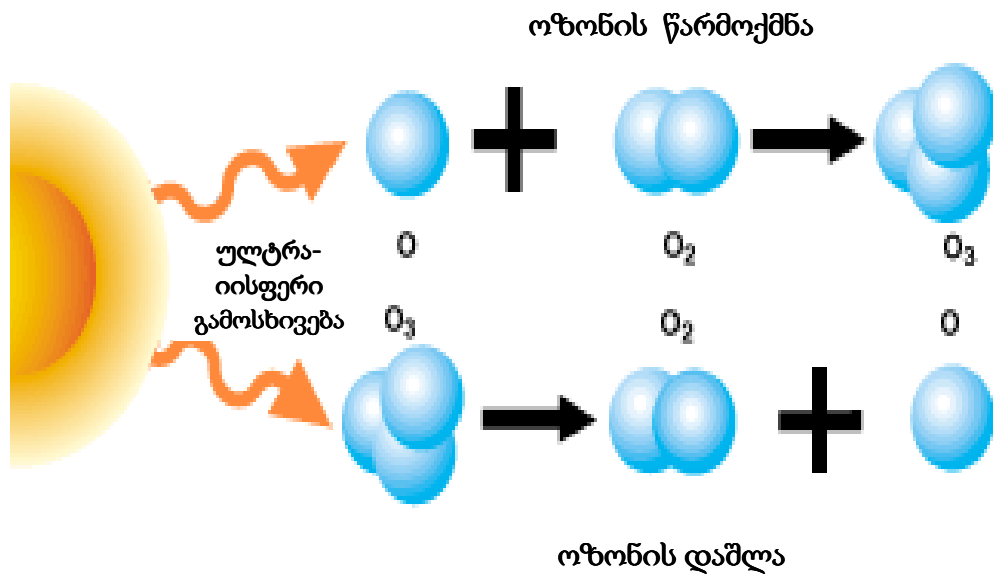


ასე, რომ, ერთი ფოტონის შთანთქმით ვღებულობთ ოზონის ორ მოლეკულას.

ამასთან, წარმოქმნილი ოზონის მოლეკულა შეიძლება დაიშალოს ფოტოქიმიური რეაქციის ან ჟანგბადის ატომის მიერთების შედეგად:

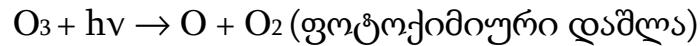


ოზონის ფოტოქიმიური წარმოქმნისა და დაშლის აღნიშნულ რეაქციებს შორის მყარდება ისეთი ფოტოქიმიური წონასწორობა, რომ დასხივებულ ჟანგბადში ყოველთვის არსებობს ოზონი რაღაც კონცენტრაციით. ოზონის ფენა წარმოადგენს შრეს, რომელშიც წარმოქმნილი ოზონის უდიდესი ნაწილია თავმოყრილი.



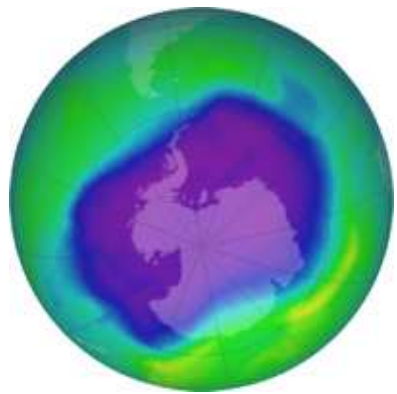
ნახ. 5. ოზონის წარმოქმნა და დაშლა

ოზონის ფენის მნიშვნელობა დედამიწისათვის განისაზღვრება მისი უნარით, შთანთქოს მზის ულტრაისფერი გამოსხივება შემდეგი რეაქციის მიხედვით:



ამ რეაქციის მიხედვით ოზონი იმდენად შთანთქავს აღნიშნულ სხივებს, რომ ისინი პრაქტიკულად ვეღარ აღწევენ დედამიწის ზედაპირამდე.

ოზონის შრის დაშლის პრობლემა საზოგადოების ყურადღების ცენტრში 1975 წლიდან მოექცა, როდესაც მსოფლიო მეტეოროლოგიურმა ორგანიზაციამ გამოაქვეყნა დასკვნა: „ოზონის შრის ცვლილებები ადამიანის საქმიანობის შედეგად და ზოგიერთი შესაძლო გეოფიზიკური შედეგები“.



ნახ. 6. ოზონის ხვრელი ანტარქტიდის თავზე (2006 წლის სექტემბერი)

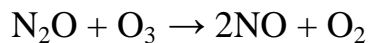
1985 წელს გაეროს გარემოს დაცვითი პროგრამის ეგიდით სახელმწიფოთა ხელმძღვანელების მიერ ხელმოწერილ იქნა საერთაშორისო შეთანხმება, სახელწოდებით - ოზონის შრის დაცვის ვენის კონვენცია. სწორედ ამ წელს აღმოჩენილ იქნა „ოზონური ხვრელი“ - ანტარქტიდის თავზე ოზონურ ფენაში ოზონის კონცენტრაცი-

ხვრელი“ - ანტარქტიდის თავზე ოზონურ ფენაში ოზონის კონცენტრაცი-

ის შემცირება (50%-მდე).

ყველაზე დიდი ფართობის „ოზონის ხვრელი“ ანტარქტიდის თავზე, რომელიც დაფიქსირდა 2006 წლის სექტემბერში. ამ დროს ოზონის ფენაში ოზონის კონცენტრაცია შემცირდა 33%-მდე (როგორც 1975 წელს). „ოზონის ხვრელი“ ჩნდება ანტარქტიდული გაზაფხულის (სექტემბრიდან დეკემბრამდე) განმავლობაში, როცა ძლიერი დასავლეთის ქარები იწყებენ ცირკულირებას კონტინენტის ირგვლივ.

„ოზონის ხვრელების“ გაჩენის მიზეზებს სხვადასხვანაირად ხსნიან. შესაძლოა ეს დამოკიდებული იყოს ბუნებაში ბუნებრივ ციკლთან, რომელზეც ადრე არ მიუქცევიათ ყურადღება. პირველად „ოზონის ხვრელის“ წარმოქმნის ძირითად მიზეზად თვლიდნენ ოზონის ფენაზე ზებგერითი სატრანსპორტო თვითმფრინავების გამანადგურებელ მოქმედებას; კერძოდ, ზებგერითი თვითმფრინავის გამონაბოლქვში არსებული წყალი და აზოტის ოქსიდები ურთიერთქმედებენ ოზონთან შემდეგი განტოლების მიხედვით:



მაგრამ ასეთი ფრენის მაღალმა ღირებულებამ იმდენად შეაფერხა ზებგერითი გადაზიდვების განვითარება, რომ ის აღარ წარმოადგენს ოზონის ეკრანისათვის არსებით საშიშროებას.

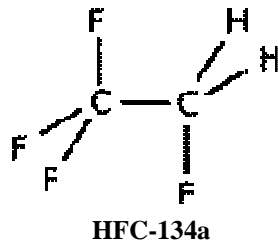
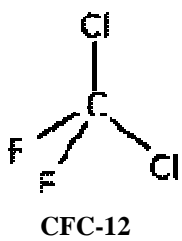
ამჟამად, სამეცნიერო კვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ ოზონის შრეში ოზონის კონცენტრაციის შემცირება გამოწვეულია ადამიანის სამრეწველო მოღვაწეობის შედეგად ატმოსფეროში მოხვედრილი ქლოროფტორნახშირბადების (CFCs ანუ ე.წ. ფრეონების) მოქმედებით.

ფრეონები. ფტორ- და ფტორქლორნახშირწყალბადების ჯგუფი, რომლებიც თერმოდინამიკური თვისებების გამო ფართოდ გამოიყენებიან პრაქტიკაში მაცივარაგენტებად. სიტყვა ფრეონი წარმოშობილია ლათინურიდან (frigor - სიცივე). ფრეონები ფართოდ გამოიყენებიან მრეწველობასა და ყოფა-ცხოვრებაში (მაცივარაგენტები, გამხსნელები, გამფრქვევები, აეროზოლური შემფუთავები და სხვა).

ფრეონები წარმოადგენენ აირად ან თხევად ნივთიერებებს, როგორც წესი კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში, ასევე მრავალ საპოხ ზეთებში და პრაქტიკულად უხსნადი არიან წყალში. ფრეონები პრაქტიკუ-

ლად არამავნე ნივთიერებებს წარმოადგენენ, არ იწვიან, ჰაერთან არ წარმოქმნიან ფეთქებადსაშიშ ნარევს და შედარებით ინერტულები არიან. ისინი არ მოქმედებენ უმრავლეს ლითონებთან (200°C-მდე), მდგრადი არიან დამჟანგველების, მჟავების მიმართ. ღია ალთან კონტაქტისას ფრეონები იშლებიან და წარმოქმნიან ტოქსიკურ დიფტორ- და ფტორქლოროფოსგენს.

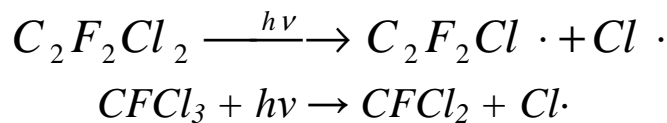
ცნობილია შემდეგი ფრეონები: CF₄ (ფრეონ-14), CClF₃ (ფრეონ-13), CCl₂F₂ (ფრეონ-12, საერთაშორისო აბრევიატურით-CFC-12), C₂H₂F₄ (ფრეონ-134a, საერთაშორისო აბრევიატურით-HFC-134a), CHClF₂ - ფრეონ-22, CCl₃F (ფრეონ-11), CBrF₃ (ფრეონ-13B1).



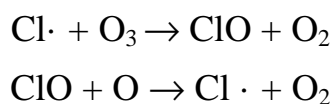
ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს ფრეონ-12-ს, რომლის წარმოება მთლიანად ფრეონების მსოფლიო წარმოების 85%-ს აღწევს. საერთაშორისო ეკოლოგიური ორგანიზაციის „გრინპისის“ მონაცემებით

ფრეონების ძირითად მწარმოებლებს წარმოადგენენ აშშ - 30,85 %, იაპონია - 12,42%, დიდი ბრიტანეთი - 8,62% და რუსეთი - 8,0%. ამჟამად, ამ ნივთიერებათა წარმოება რეგულირდება და იზღუდება სახელმწიფო ორგანოებისა და ეკოლოგიური სამსახურების მიერ.

მზის გამოსხივების ულტრაიისფერი სხივების მოქმედებით ატმოსფეროს ზედა ფენებში ფრეონები იშლებიან და წარმოქმნება ქლორის რადიკალი:



წარმოქმნილი ქლორის რადიკალი იწვევს ოზონის მოლეკულის დაშლას:



და ა.შ. გრძელდება ოზონის გარდაქმნა – დაშლა.

1996 წელს ნობელის პრემია მიენიჭა ფ. როულანდს, მ. მოსინას (აშშ) და პ. კრუტცენს (გერმანია) ოზონის შრეზე ფრეონების დამაზიანებელი მოქმედების აღმოჩენისათვის.

ამონარიდი

საქართველოს კანონი ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ

მუხლი # 54 - ოზონის შრის დაცვა

1. "ოზონის შრის დაცვის შესახებ" კონვენციითა და "ოზონის შრის დამშლელ ნივთიერებათა შესახებ" მონრეალის ოქმით საქართველოს მიერ ნაკისრ ვალდებულებათა შესასრულებლად დედამიწის ოზონის შრის დაცვის მიზნით სავალდებულოა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ეტაპობრივად შემცირდეს ან შეწყდეს ისეთი ქიმიური ნივთიერებების წარმოება და გამოყენება, რომლებიც ზეგავლენას ახდენენ ოზონის შრეზე და შლიან მას.

2. ოზონდამშლელი ქიმიური ნივთიერებების შემცველი პროდუქციის საქართველოში შემოტანა ხდება მხოლოდ სპეციალური ნებართვით. ამ ნივთიერებებისა და მათი შემცველი პროდუქციის იდენტიფიკაცია, აგრეთვე საბაჟო სტატისტიკა წარმოებს ამგვარ ნივთიერებათა და პროდუქციის საგარეო-ეკონომიკური საქმიანობის სასაქონლო ნომენკლატურით დადგენილი სასაქონლო აღწერისა და კოდირების სისტემის გამოყენებით.

3. საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე იკრძალება "ოზონის შრის დამშლელ ნივთიერებათა შესახებ" მონრეალის ოქმის **A** და **B** დანართებით განსაზღვრულ ოზონდამშლელ ნივთიერებათა წარმოება.

4. "ოზონის შრის დამშლელ ნივთიერებათა შესახებ" მონრეალის ოქმით საქართველოს მიერ ნაკისრ ვალდებულებათა შესასრულებლად ოზონდამშლელ ნივთიერებათა მოხმარებიდან ეტაპობრივად ამოღების ეროვნული პროგრამისა და მოქმედებათა გეგმის შემუშავებასა და განხორციელებას კოორდინაციას უწევს საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო.

5. საქართველოს იურისდიქციის ფარგლებში ოზონის შრის დაცვის სამართლებრივი რეჟიმი განისაზღვრება დებულებით "საქართველოს ტერიტორიაზე ოზონდამშლელ ნივთიერებათა რეგულირების შესახებ", რომელსაც ბრძანებულებით ამტკიცებს საქართველოს პრეზიდენტი.

1987 წელს მსოფლიო დონეზე იქნა მიღებული კონვენცია ოზონის ფენის დაცვის შესახებ. მსოფლიოს მთელ რიგ დიდ და წამყვან ქვეყნებში დიდი ყურადღება ეთმობა ოზონის შრის დაცვას მოქმედი კანონმდებლობის საფუძველზე. კანონი ითვალისწინებს ოზონის შრის დაცვის შემდეგ კომპლექსურ ღონისძიებებს:

- ოზონის შრის დამშლელ ნივთიერებათა დასაშვები გამონატყორცნების ნორმატივების დაცვა.
- დაკვირვების ორგანიზაცია სხვადასხვა პროცესებისა და სამეურნეო საქმიანობის შედეგად გამოწვეული ოზონის ფენის ცვლილებაზე

(ევროპაში 200-მდე სადგურია შექმნილი, საიდანაც ხდება მონიტორინგი ოზონის ფენის მდგომარეობაზე).

- ოზონის შრის დამშლელი ქიმიური ნივთიერებების წარმოებისა და გამოყენების რეგულირება.

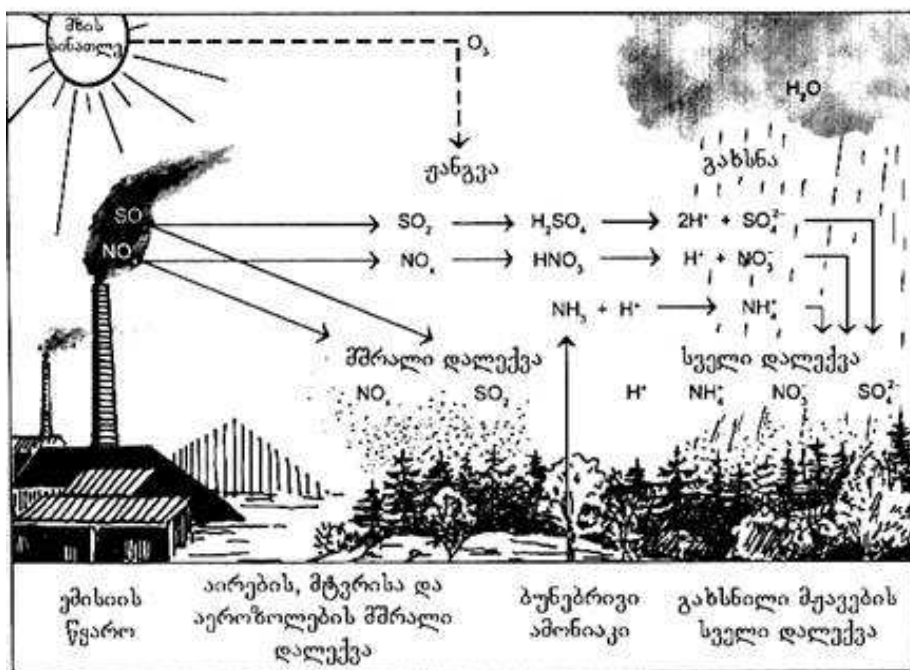
1992 წელს მიღებულ იქნა მონრეალის ოქმი იმის შესახებ, რომ კაცობრიობა შეშფოთებულია ოზონის ფენის დაზიანების პროგრესის გამო. დღეისათვის აკრძალულია ფრეონების გამოყენება აეროზოლების გამოსაფრქვევად.

„ოზონის შრის დაცვის შესახებ“ კონვენციითა და „ოზონის შრის დამშლელ ნივთიერებათა შესახებ“ მონრეალის ოქმით საქართველომ აიღო ვალდებულება, რომლის თანახმად საქართველო ვალდებულია მთელ ტერიტორიაზე ეტაპობრივად შეამციროს ან შეწყვიტოს ისეთი ქიმიური ნივთიერებების წარმოება და გამოყენება, რომლებიც ზეგავლენას ახდენს ოზონის შრეზე და შლის მას. საქართველოში ოზონდამშლელი ქიმიური ნივთიერებების შემცველი პროდუქციის შემოტანა დასაშვებია მხოლოდ სპეციალური ნებართვით საქართველოს კანონი «გარემოს დაცვის შესახებ».

**მჟაური წვიმები - გამომწვევი მიზეზები, შედეგები
და გარემოსდაცვითი ღონისძიებანი**

ტერმინით „მჟაური წვიმები“ აღნიშნავენ ყველა სახის მეტეოროლოგიურ ნალექებს - წვიმას, თოვლს, სეტყვას, ნისლს, ცვარს - რომელთა მჟავიანობა უფრო მეტია, ვიდრე წვიმის წყლისა (მისი pH საშუალოდ შეადგენს 5,6*).

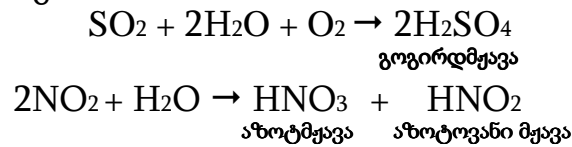
მჟაური წვიმები ძირითადად წარმოიქმნება ატმოსფეროში საწარმოო გამონაბოლქვებიდან მოხვედრილი გოგირდის ოქსიდისა (SO₂) და აზოტის ოქსიდების (NO_x) გარდაქმნის შედეგად. ეს ნივთიერებები ატმოსფერულ ტენთან ურთიერთქმედებისას გარდაიქმნებიან მჟავებად და ზრდიან წვიმის წყლის მჟავიანობას.



ნახ.7, მჟაური წვიმების წარმოქმნის მექანიზმი

* - ხსნარის pH წარმოადგენს მასში წყალბადიონების კონცენტრაციის ხარისხის მაჩვენებელს. იგი იცვლება 1-დან 14-მდე. თუ ხსნარში H⁺ იონების კონცენტრაცია ტოლია OH⁻ იონების კონცენტრაციისა, მაშინ ხსნარი ნეიტრალურია და მისი pH=7; თუ pH=1÷7, მაშინ ხსნარში ჭარბობს H⁺ იონები და მას აქვს მჟავა რეაქცია, ამასთან რაც უფრო მცირეა pH-ის მნიშვნელობა, მით უფრო მაღალია ხსნარის მჟავიანობა; თუ pH>7÷14 - ხსნარში ჭარბობს OH⁻ იონები და მას აქვს ტუტე რეაქცია.

ეს პროცესი ქიმიურად შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი მარტივი რეაქციების მაგალითზე:



პირველად მჟაური წვიმები აღინიშნა 1950-იან წლებში დასავლეთ ევროპაში, კერძოდ სკანდინავიის ქვეყნებსა და ჩრდილოეთ ამერიკაში. 1981 წელს ბავარიაში (გერმანია) მოსული წვიმის pH=3,5. დასავლეთ ევროპაში დარეგისტრირებული მაქსიმალური მჟავიანობა შეადგენდა pH=2,3.

1994 წლის მონაცემებით SO₂-სა და NO_x-ის ჯამური მსოფლიო ანთროპოგენური გამოტყორცნა ყოველწლიურად შეადგენს 255 მლნ ტონაზე მეტს. მათი ბუნებრივი წყაროა ვულკანების ამონაფრქვევები და ტყის ხანძრის შედეგად წარმოქმნილი გამონაბოლქვი.

ანთროპოგენური წარმოშობის SO₂ ძირითადად ატმოსფეროში ხვდება მრეწველობის სხვადასხვა დარგის ნარჩენებიდან, როგორცაა ელექტროსადგურები, შავი და ფერადი მეტალურგია, ნავთობწარმოება, ნახშირისა და ბუნებრივი აირების წარმოება. ტექნიკური წარმოშობის აზოტოვანი ოქსიდები ატმოსფეროში ხვდება საწვავის წვისას, მისი წყაროა ავტოტრანსპორტი, ელექტრო- და თბოენერგეტიკა, მეტალურგია, მანქანათმშენებლობა. აზოტოვანი ნარჩენების დამატებითი წყაროა სოფლის მეურნეობა, რომელიც ინტენსიურად იყენებს ქიმიურ სასუქებს.

ეკოლოგიურ საფრთხეს წარმოადგენენ არა თავად მჟაური წვიმები, არამედ მათი მოქმედებით მიმდინარე პროცესები. დღეისათვის არსებობს იმ ობიექტების სრული ჩამონათვალი, რომლებზეც მჟაური წვიმები ახდენენ გავლენას: მტკნარი წყალსაცავები, მცენარეული საფარი და ნიადაგი, ატმოსფერო (იხ. სმოგი), არქიტექტურული ძეგლები, ადამიანი.

მჟაური წვიმების უარყოფითი ზეგავლენა პირველ რიგში ტბებსა და მდინარეებზე აისახა. არსებობს მრავალი გზა, რომელთა საშუალებით მჟავაწარმომქმნელი აგენტები ხვდებიან წყალსატევში, მჟაური ნალექები პირდაპირ ჩადის წყალსატევში, დამატებით ჩაედინება ნიადაგიდან გამორეცხილი მჟავა წყალი, რომელშიც უკვე გახსნილია მძიმე, ტოქსიკური

ლითონები. გაზაფხულზე, თოვლის სწრაფი დნობის გამო, მჟაური ნალექები დიდი რაოდენობით ჩაედინება წყალსატევებში (ე.წ. „გაზაფხულის მჟაური შოკი“). ამ შემთხვევისათვის წყლის მჟავიანობა ადვილად და სწრაფად იცვლება, რაც უარყოფითად მოქმედებს წყლის ეკოსისტემაზე. ჩამოვთვლით წყალსატევებში მჟავიანობის მომატებისას მიმდინარე ზოგიერთ არასასურველ ეკოლოგიურ პროცესებს:

- ხსნარის მჟავიანობის ზრდა ადრეულ გაზაფხულზე აზიანებს ქვირიტსა და ახლად დაბადებულ ორგანიზმებს;
- წყალში წარმოქმნილი გოგირდმჟავა ტოქსიკურად მოქმედებს თევზებზე;
- წყლის მჟავიანობის გაზრდა იწვევს წყალსატევის ფსკერზე დალექილი მძიმე და ტოქსიკური ლითონების (მაგ. ვერცხლისწყალი, ტყვია, კადმიუმი, ალუმინი) ხსნად მდგომარეობაში გადაყვანას, რაც ასევე საფრთხეს უქმნის წყლის ბიოტს. მაგალითად, ალუმინის შემცველობის გაზრდა 0,2 მგ-ით ერთ ლიტრ წყალზე სასიკვდილოა, ტოქსიკურ მეტალებს (კადმიუმი, ვერცხლისწყალი, ტყვია და სხვ) უფრო მაღალი ხარისხის უარყოფითი მოქმედება ახასიათებთ;
- pH=4-ის პირობებში წყალსატევში იღუპება ყველა ცოცხალი ორგანიზმი.

ერთ-ერთ ყველაზე სერიოზულ გავლენას მჟაური წვიმა ახდენს ტყეებსა და ნიადაგზე. ნიადაგიდან მჟაური წვიმების მოქმედებით ხდება საკვები ნივთიერებების გამორეცხვა, პარალელურად ხსნად მდგომარეობაში გადადის უხსნად მდგომარეობაში მყოფი ტოქსიკური ნივთიერებები, რის გამოც ისინი შეიწოვებიან მცენარის ფესვთა სისტემის მიერ. აღნიშნული კი იწვევს მცენარის (მაგ. ხის) კვდომას. ტყეების გახმობის ერთ-ერთ მთავარ მიზეზად ნიადაგის მომატებულ მჟავიანობას თვლიან.

მჟაური წვიმების პირდაპირი ზეგავლენა იწვევს ფოთლოვანი საფარველის დაზიანებას, რის გამოც ირღვევა მათი ორი უმნიშვნელოვანესი ფუნქცია: მცენარის კვება და ჟანგბადის წარმოქმნა. ატმოსფეროში აირის სახით არსებული გოგირდისა და აზოტის ოქსიდები აზიანებენ ფოთლების იმ ადგილებს, რომელთა საშუალებით ხდება მათი სუნთქვა და ფოტოსინთეზი.

მჟაური წვიმები ასევე უარყოფითად მოქმედებენ ადამიანის სამეურნეო მოღვაწეობასა და არქიტექტურულ ძეგლებზე. მჟავაწარმომქმნელი აირები და მჟაური წვიმები ზეგავლენას ახდენენ ორგანულ მასალებზე, როგორცაა ტყავი, ქაღალდი, ქსოვილი, რეზინი, საღებავები. მჟაური წვიმების გავლენით იშლება კირი, ცარცი, მარმარილო, ტუფი, რაც იწვევს ამ მასალათ ნაშენი შენობების დაზიანებას. შესაბამისად ზიანდება ისტორიული და არქიტექტურული ძეგლები. ასევე, მჟავა ადვილად შედის რა რეაქციაში ლითონთან, მჟაური წვიმები ახდენენ ლითონების კოროზიას. კოროზიის გამო ზიანდება ხიდები, სარკინიგზო ხაზები, მატარებლები.

მჟაური წვიმების პრობლემა გარემოს დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციების ყურადღების ცენტრშია, რაც უპირველესად გულისხმობს ატმოსფერული ჰაერის დაცვას. ამ მხრივ მნიშვნელოვანი როლი საინჟინრო ეკოლოგიასა და ქიმიურ ტექნოლოგიებს ეკუთვნის (უნარჩენო და მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიების განვითარება). აუცილებელია მჟავაწარმომქმნელი აირების შემცველი გამონატყორცნების სპეციალური გაწმენდა სხვადასხვა სახის ფილტრებისა და ადსორბერების გამოყენებით. მჟავიანობის მომატებისაგან წყალსატევების დაცვა შესაძლებელია მასში კირის დამატებით, რომელიც ამცირებს მის მჟავიანობას და ქმნის ე.წ. ბუფერულ სისტემას მჟავათა განმეორებადი ზემოქმედების შემთხვევაში.

გაკირიანება შეიძლება გამოყენებულ იქნას ტყეებში ნიადაგის მჟავიანობის შესამცირებლად. შვარცვალდში (გერმანია) ერთ-ერთი ტბის ნიადაგში შეიტანეს მაგნიუმის სულფატის 800 კგ/ჰა და კირქვის 2270 კგ/ჰა ნარევი; ასეთი დამუშავების შემდეგ დაზიანებულმა ხეებმა „გამოჯანსაღება“ დაიწყეს.

ანალოგიურად, მჟაური წვიმებისაგან ტყეების დასაცავად ტყის თავზე აფრქვევენ ახლადდაფქვულ კირის შემცველ ფხვნილს, არქიტექტურული ძეგლების ზედაპირს ფარავენ მაღალმოლეკულური ნაერთებით, ლითონის ზედაპირს - ლაქით ან ზეთოვანი საღებავით, რომლებიც იცავენ მათ მჟაური წვიმების მოქმედებისაგან.

მჟავურ წვიმებთან საბრძოლველად გამოიყენება ატმოსფეროში გოგირდისა და აზოტის ოქსიდების გამობოლქვის შეზღუდვა. სამრეწველო საწარმოების ნამუშევარი აირებიდან აზოტის და გოგირდის ოქსიდების

პრაქტიკულად სრულად მოშორება ძალიან ძვირი ჯდება. ამჟამად ბევრ განვითარებულ ქვეყანაში მოქმედებს მკაცრი კანონმდებლობა, რომელიც უზრუნველყოფს საწარმოების მიერ გამოფრქვეულ აირებში გოგირდის და აზოტის ოქსიდების შემცველობის შემცირებას.

1982 წელს ნორვეგია, ფინეთი და შვედეთი გამოვიდა ატმოსფეროში გოგირდის გამობოლქვის 30%-ით შემცირების ინიციატივით. მათ მიუერთდა დანია, გერმანია, შვეიცარია, ავსტრია, კანადა. მაგრამ დიდმა ბრიტანეთმა და საფრანგეთმა უარი თქვა ასეთ პასუხისმგებლობაზე. კანადამ გოგირდის ოქსიდების გამობოლქვის 50%-ით შემცირება დაისახა მიზნად.

ევროპული ეკონომიკური გაერთიანების კომისიამ 1984 წ მიიღო რეკომენდაცია, რომელზე დაყრდნობით 1995 წელს გამოფრქვეულ აირებში გოგირდის დიოქსიდის შემცველობა შემცირდა 60%-ით, ხოლო აზოტის ოქსიდებისა - 40%-ით.

ავტომობილიდან გამობოლქვილი აზოტის ოქსიდების შესამცირებლად გამოიყენება კატალიზური კონვერტორები და სრულყოფილი ძრავები. აშშ-ში ეს ღონისძიებები საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება, ამჟამად დასავლეთ ევროპის ქვეყნებშიც დიდ ყურადღებას აქცევენ ავტომანქანის გამონაბოლქვ აირებს; ექსპლუატაცია დასაშვებია მხოლოდ ისეთი ავტომანქანებისა, რომლებსაც აქვთ გამონაბოლქვი აირების გამწმენდი მოწყობილობა.

ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით გაჭუჭყიანებისაგან დაცვის სისტემა

ბიოსფეროსთვის მეტად მნიშვნელოვანია აირული ბალანსის (ძირითადად აზოტის, ჟანგბადის და ნახშირორჟანგის თანაფარდობა ატმოსფეროში) საკითხის დარეგულირება. დადგენილია, რომ ატმოსფერული ჰაერის მასის 3/4 ნაწილზე მეტს აზოტი შეადგენს. ამ თვალსაზრისით, ატმოსფერო არის აზოტის, როგორც პირველადი ნედლეულის, აგრეთვე ცილების (სიცოცხლის წყაროებში შემავალი აუცილებელი ელემენტის) გიგანტური რეზერვუარი. განსაკუთრებით მნიშვნე-

ლოვანია ატმოსფეროს შემადგენლობაში სათანადო რაოდენობის ჟანგბადის არსებობა, რომლის გარეშეც შეუძლებელია სუნთქვა და შესაბამისად, მრავალუჯრედიან ცოცხალ ორგანიზმთა არსებობა. ნახშირორჟანგი დედამიწის ატმოსფეროში შედარებით მცირე რაოდენობითაა (დაახლოებით 0,03%), მაგრამ მისი არსებობა აგრეთვე მეტად მნიშვნელოვანია ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნებისათვის. ატმოსფეროს ამ ძირითად კომპონენტთა თანაფარდობის შეცვლა ყოველად დაუშვებელია, რადგან ამ მიმართულებით მცირე გადახრებს შესაძლებელია მოყვეს კატასტროფული შედეგები ცოცხალი ბუნებისათვის. ატმოსფეროს მოჩვენებითი უკიდევანობა და აირული მასის, ადამიანის წარმოდგენისათვის, კოლოსალური მარაგი ქმნიან ზედაპირულ შთაბეჭდილებას ამ რესურსის ამოუწურავობის მიმართულებით, მაგრამ ეკონომიკის დარგების თუნდაც დღევანდელი განვითარების (ძირითადად ზრდის) და ამ რესურსებით შეუვსებელი სარგებლობის (მოხმარების) ტემპები, გვაიძულებენ ვიფიქროთ მოსალოდნელ ნეგატიურ შედეგებზე. უკვე შემჩნეულია, დადგენილი და დაფიქსირებულია არსებული ტენდენციები, რომლებიც ხშირ შემთხვევებში, ეკოლოგიური კატასტროფების გამომწვევ მიზეზებს წარმოადგენენ. უპირველეს ყოვლისა, ეს განსაკუთრებით ეხება ატმოსფერულ ჟანგბადს. ყოველწლიურად, ანთროპოგენური გავლენისა და ბუნებრივ-სტიქიური პროცესების შედეგად იწვის მნიშვნელოვანი რაოდენობის ატმოსფერული ჟანგბადი. აქედან გამომდინარე, დადგენილი ტენდენციების გათვალისწინებით, ატმოსფეროში მისი მარაგის შემცირება, უკვე თანამედროვე პირობებში, პრაქტიკულად მოსალოდნელია და ამდენად, სათანადო დამცავი ღონისძიებების გატარების უზრუნველყოფა მეტად საყურადღებოა. ატმოსფერო ჟანგბადით ივსება ფოტოსინთეზის შედეგად. თანამედროვე ურბანიზაცია და მისი თანმდევი პროცესები, აგრეთვე ტყეების აჩეხვა, გაუდაბნობა და ბუნებრივ-სტიქიური მოვლენების მნიშვნელოვანი ნაწილი უარყოფითად მოქმედებს მწვანე საფარზე და შესაბამისად ამცირებს ბუნებრივ პირობებში ატმოსფერული ჟანგბადის გამოყოფასაც. აღსანიშნავია ისიც, რომ შეიქმნა ჟანგბადის ერთ-ერთი ძირითადი გამომყოფი პროდუცენტების – მსოფლიო ოკეა-

ნების ფოტოპლანქტონის (სხვადასხვა გამოანგარიშებებით, ატმოსფერული ჟანგბადის გამოყოფის საერთო რაოდენობის 30-70%) რეალური და მნიშვნელოვანი შემცირების საშიშროება.

ატმოსფეროს აირული და სითბური ბალანსის მაჩვენებლები უშუალოდ არიან დაკავშირებულნი ატმოსფეროს სისუფთავის დაცვის მდგომარეობაზე. ზოგადად, ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროები ორი სახისაა: ბუნებრივი და ხელოვნურ-ანთროპოგენური. ჩვეულებრივ პირობებში, ბუნებრივი წყაროები არ იწვევენ მნიშვნელოვან ცვლილებებს ატმოსფერულ ჰაერში, მაგრამ სტიქიური კატასტროფებისას, უმეტეს შემთხვევებში ადგილი აქვს ატმოსფეროს საერთო მდგომარეობაზე სერიოზული გავლენის, მისი დაბინძურების მასშტაბურ მოვლენებს. ატმოსფეროს დაბინძურების მთავარი, მაგრამ რეგულირებადი წყაროებია ტრანსპორტისმიერი, საწარმოო და საყოფაცხოვრებო გამოწვევები. ე.ი. ამ მიმართულებით განსაკუთრებულია ადამიანის საქმიანობის სფეროს გავლენა. ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნივთიერებები განაწილებულია არათანაბრად, ზოგან მათი კონცენტრაციები ძალიან მაღალია და მნიშვნელოვნად აჭარბებს დასაშვებ ნორმებს. ამასთან, ცალკე უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი ნივთიერების მეტად უმნიშვნელო კონცენტრაციაც კი, მისი ტოქსიკურობის თვისებიდან გამომდინარე, განსაკუთრებით საშიშია ცოცხალი ორგანიზმებისა და ბუნებრივი გარემოსათვის. ატმოსფეროს დამაბინძურებელ ფაქტორთა კონტროლისა და რეგულირების და მათი ლიკვიდაცია-შემცირების მიზნით, საქართველოში, როგორც საზღვარგარეთის მრავალ ქვეყანაში, მუშავდება ახალი მეთოდები და საშუალებები. მსოფლიოს განვითარებულ ინდუსტრიულ ქვეყნებში ვითარდება საწარმოებისათვის მაღალეფექტური გამწმენდი დანადგარების, მოწყობილობებისა და მანქანების სპეციალიზებული წარმოება. უნდა აღინიშნოს, რომ გამწმენდი დანადგარები საჭიროა როგორც გარემოში მავნე ნივთიერებათა ემისიის შესამცირებლად, ასევე ზოგიერთი ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფისთვისაც, საწარმოო ნარჩენების და წუნდებული პროდუქციის რაოდენობრივი მასის შემცირების უზრუნველსაყოფად.

ატმოსფერული ჰაერის ადამიანის ჯანმრთელობისა და ბუნებრივი გარემოსათვის უსაფრთხო მდგომარეობის მიღწევის, შენარჩუნებისა და გაუმჯობესების მიზნით სახელმწიფო უზრუნველყოფს ადმინისტრაციულ, სამეურნეო, ტექნოლოგიურ, პოლიტიკურ-სამართლებრივ და საზოგადოებრივ ღონისძიებათა განხორციელებას, რომელთა ერთობლიობა შეადგენს ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურებისაგან დაცვის სისტემას. გარემოს დაბინძურების ინტეგრირებული კონტროლის სისტემა - გარემოს დაბინძურების რეგულირების ისეთი სისტემა, რომელიც ეფუძნება დაბინძურების აკუმულირების უნარის მქონე გარემოს ძირითადი კომპონენტების - მიწის, წყლისა და ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ინტეგრირებულ (კომპლექსურ) კონტროლს;

ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურებისაგან დაცვის სისტემის ფუნქციონირების აუცილებელი პირობებია:

ა) ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმების დადგენა;

ბ) ატმოსფერული ჰაერის მონიტორინგის (ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობაზე დაკვირვების სისტემის) ორგანიზება;

გ) ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების რეგულირება.

გარემოს დაბინძურების ინტეგრირებული კონტროლის სისტემა

1. „გარემოს დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონითა და ევროკავშირის კანონმდებლობით დადგენილი მოთხოვნების გათვალისწინებით ატმოსფერული ჰაერის დაცვის ღონისძიებები ხორციელდება გარემოს დაბინძურების ინტეგრირებული კონტროლის სისტემის ფარგლებში.

2. გარემოს დაბინძურების ინტეგრირებული კონტროლის სისტემის წარმოების წესი და საქართველოში მისი დანერგვის, მართვისა და განვითარების მიმართულებებთან დაკავშირებული მოთხოვნები განისაზღვრება „გარემოს დაბინძურების ინტეგრირებული კონტროლის სისტემის შესახებ“ საქართველოს კანონით.

**ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის
ზღვრულად დასაშვები ნორმები**

ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმები წარმოადგენს გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის უზრუნველყოფის მიზნით "გარემოს დაცვის შესახებ" საქართველოს კანონით დადგენილი გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმების ნაწილს.

„გარემოს დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონის შესაბამისად გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმები განისაზღვრება 5 წელიწადში ერთხელ, დებულებით „გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმების შესახებ“, რომელსაც იმავე კანონის შესაბამისად შეიმუშავენ და ამტკიცებს საქართველოს ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტრო საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროსთან შეთანხმებით.

ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმები დგინდება თითოეული მავნე ნივთიერებისათვის. ისინი განსაზღვრავენ დროის გასაშუალოებულ პერიოდში ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომელიც პერიოდული ზემოქმედებისას არ ახდენს უარყოფით ზეგავლენას ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე.

მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმების მნიშვნელობათა „გარემოს დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონით განსაზღვრული წესით დამტკიცებამდე ამ კანონის მიზნებისათვის გამოიყენება: საქართველოს ტერიტორიაზე 1997 წლის 1 თებერვლამდე მოქმედი კანონმდებლობით და სანიტარიულ-ჰიგიენური ნორმებითა და წესებით მავნე ნივთიერებებისათვის დადგენილი კონცენტრაციების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები;

ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმების მნიშვნელობების დადგენა ევროკავშირის კანონმდებლობით განსაზღვრული წესით

1. ამ კანონის მიზნებისათვის, ევროკავშირის კანონმდებლობით დადგენილი სამართლებრივი მოთხოვნების გათვალისწინებით, ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმების მნიშვნელობები, სახეობები და ჩამონათვალი დგინდება ევროგაერთიანების საბჭოს „ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის შეფასებისა და მართვის შესახებ“ 1996 წლის 27 სექტემბრის ¹ 96/62/EC დირექტივის შესაბამისად.

2. ევროკავშირის კანონმდებლობით დადგენილი სამართლებრივი მოთხოვნების შესაბამისად დადგენილი ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმების მნიშვნელობები, სახეობები და ჩამონათვალი განისაზღვრება საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის მინისტრის და ჯანმრთელობის დაცვის მინისტრის ერთობლივი ბრძანებით „ევროგაერთიანების საბჭოს „ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის შეფასებისა და მართვის შესახებ“ 1996 წლის 27 სექტემბრის ¹ 96/62/EC დირექტივის შესაბამისად საქართველოში ატმოსფერული ჰაერის დაცვის მიზნით ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად დასაშვები ნორმების მნიშვნელობების, სახეობებისა და ჩამონათვალის დამტკიცების თაობაზე“.

ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების დონეების მიხედვით საქართველოს ტერიტორია იყოფა განსაკუთრებით დაბინძურებულ, მაღალი დაბინძურების, დაბინძურებულ და დაბინძურების არმქონე კატეგორიის რეგიონებად. ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების დონე განისაზღვრება ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების ინდექსის საფუძველზე.

ატმოსფეროს დაბინძურების ინდექსი (ადი) არის ის კომპლექსური მაჩვენებელი, რომელიც ატმოსფერული ჰაერის სხვადასხვა ქიმიური

ნივთიერებებით დაბინძურების ზეგავლენის შეფასებისათვის გამოიყენება.

ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების ინდექსი დგინდება შემდეგი ძირითადი მავნე ნივთიერებებით ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებლების მიხედვით:

- ა) მტვერი;
- ბ) გოგირდის დიოქსიდი;
- გ) აზოტის ჟანგეულები;
- დ) ნახშირჟანგი;
- ე) ნახშირწყალბადები.

ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების დონეების მიხედვით განსაკუთრებით დაბინძურებული, მაღალი დაბინძურების, დაბინძურებული და დაბინძურების არმქონე კატეგორიის რეგიონებისათვის ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების ინდექსების სიდიდეებს და დაბინძურების ინდექსის გამოთვლის წესს ამტკიცებს საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის მინისტრი ბრძანებებით „ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების დონეების მიხედვით განსაკუთრებით დაბინძურებული, მაღალი დაბინძურების, დაბინძურებული და დაბინძურების არმქონე კატეგორიის რეგიონებისათვის ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების ინდექსების სიდიდეების დამტკიცების შესახებ“ და „ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების ინდექსის გამოთვლის წესის დამტკიცების შესახებ“.

ადი-ის გაანგარიშება ეფუძნება იმ მოსაზრებას, რომ ზდკ-ს დონეზე ყველა მავნე ნივთიერება ხასიათდება ერთი და იგივე ზემოქმედებით ადამიანზე, ხოლო კონცენტრაციის შემდგომ ზრდასთან ერთად მათი მავნეობის ხარისხი იზრდება სხვადასხვა სიჩქარით, რომელიც დამოკიდებულია კონკრეტული ნივთიერების საშიშროების კლასზე და იგი გაიანგარიშება შემდეგნაირად:

$$I(m) = \sum_{i=1}^m I_i = \sum_{i=1}^m \frac{X_i C_i}{\text{ზდკ}_i}$$

სადაც,

X_i - i -ური ნივთიერების საშუალო წლიური კონცენტრაციაა (მგ/მ³).

Φ_{d_i} - მისი საშუალო დღე-ღამური ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციაა (მგ/მ³).

m - ჩვეულებრივ მიიღება 5-ის ტოლად. (**I₅**)

C_i – უგანზომილებო კოეფიციენტი, რომელიც i -ური ნივთიერების მავნეობის ხარისხს ადარებს გოგირდის დიოქსიდის (ყველაზე უფრო მეტად შესწავლილი ნივთიერება) მავნეობას. საშიშროების I კლასის ნივთიერებისათვის $C_i = 1,7$; საშიშროების II კლასის ნივთიერებისათვის - 1,3; III კლასისათვის - 1,0; IV კლასისათვის - 0,9.

ატმოსფეროს დაბინძურების ინდექსით (ადი) გამოთვლილი მაჩვენებელი გვიჩვენებს ატმოსფეროს დაბინძურების როგორ დონეს (გოგირდის დიოქსიდის ზღვ-ს ერთეულებში) შეესაბამება n ნივთიერებების ფაქტიური კონცენტრაციები ქალაქის ატმოსფერულ ჰაერში, ანუ გვიჩვენებს, რამდენად აღემატება ერთობლივად განხილული ნივთიერებების ჯამური დონე ატმოსფეროს დაბინძურების დასაშვებ ნორმას.

ჯამური დაბინძურების დონის მახასიათებელი შესაძლებლობას იძლევა ქალაქში გაზომილი მრავალი ნივთიერების კონცენტრაციების ჯამური დონე გამოისახოს ერთი ციფრით.

ამ მეთოდით გაანგარიშებული დაბინძურების დონეების შეფასება ხდება შემდეგნაირად:

ადი (I₅)	დაბინძურების არ მქონე	დაბინძურებული	მაღალი დაბინძურების	განსაკუთრებით მაღალი დაბინძურების
მნიშვნელობა	$I_5 \leq 5$	$5 < I_5 \leq 8$	$8 < I_5 \leq 15$	$I_5 > 15$

სამწუხაროდ ამ კომპლექსური მახასიათებლის გამოყენების შესაძლებლობა დღეის მდგომარეობით საქართველოში არ არსებობს, რადგან დაკვირვებად ნივთიერებათა რაოდენობა არ აღწევს 5 ერთეულს, რაც გასათვალისწინებელია სისტემის რეაბილიტაციის პროცესში.

საჰაერო აუზის დაცვა წარმოების მავნე გამონატყორცნებისაგან

ქალაქებში ჰაერის ხარისხი ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების რთული ურთიერთქმედების შედეგად ფორმირდება. ადგილმდებარეობის ბუნებრივი ტოპოგრაფია და კლიმატური პარამეტრები (ტემპერატურა, ქარის სიჩქარე, მზის რადიაცია, ნალექები, ინვერსიების განმეორადობა და სხვა) წარმოადგენენ განმსაზღვრელ პირობებს, რომლებიც აყალიბებენ ჰაერის ხარისხს და წარმოქმნიან გარკვეულ წინაპირობებს მაღალი დაბინძურების ეპიზოდებისა. სხვადასხვა დამაბინძურებლების კონცენტრაციის გარკვეული დონე ფორმირდება გადატანის, გადარევის, გაბნევისა და გამოლექვის ზემოქმედების შედეგად, რომელიც ხვდება ატმოსფეროში სამრეწველო წყაროებიდან და სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში. ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება ადამიანის ჯანმრთელობაზე ახდენს ნეგატიურ ზემოქმედებას. დაბინძურებული ჰაერით ზემოქმედება ხორციელდება როგორც პირდაპირი კონტაქტით, ისე ირიბი გზით (დამაბინძურებლების გამოლექვით ატმოსფეროდან და წყლისა და ნიადაგის მეორადი დაბინძურებით).

ატმოსფერულ ჰაერის ხარისხზე დაკვირვებების რეგულარული წარმოება არის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ინსტრუმენტი, რომელიც გვაძლევს ობიექტურ და უტყუარ ინფორმაციას არსებული ფაქტური მდგომარეობის შესახებ და აგრეთვე საშუალებას იძლევა ამ ინფორმაციის განზოგადების საფუძველზე მივიღოთ შესაბამისი გადაწყვეტილება.

საქართველოს კანონის “ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ” მე-16 მუხლის შესაბამისად ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურებისაგან დაცვის სისტემის ფუნქციონირების აუცილებელი პირობებია:

- ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის ზღვრულად-დასაშვები ნორმები;
- ატმოსფერული ჰაერის მონიტორინგის (ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობაზე დაკვირვების სისტემის) ორგანიზება;

➤ ატმოსფერული ჰაერის მავნე ნივთიერებებით დაბინძურების რეგულირება;

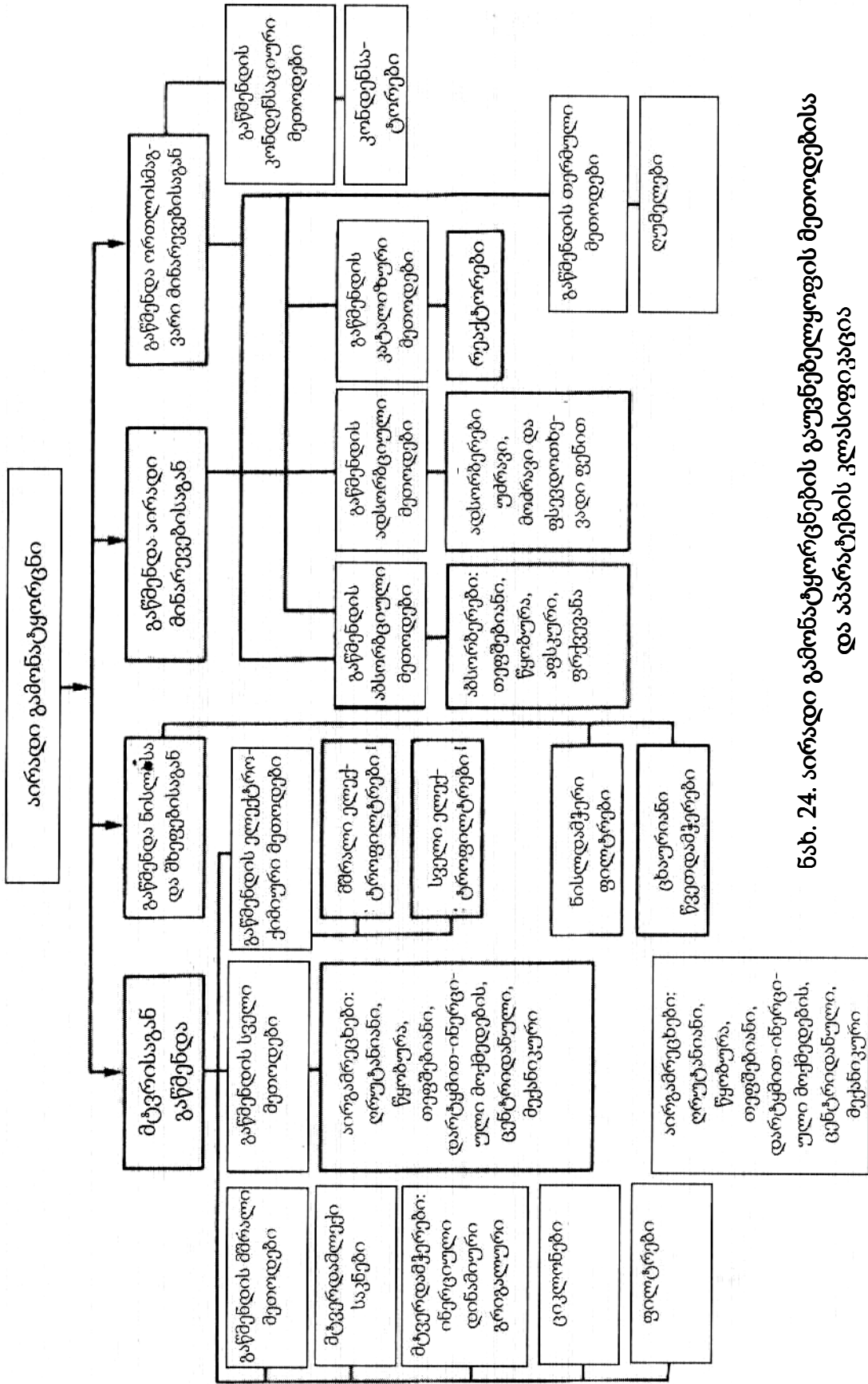
მავნე გამონატყორცნებისაგან საჰაერო აუზის დასაცავად გამოიყენება შემდეგი დაცვის ღონისძიებები:

- ტექნოლოგიური პროცესების ეკოლოგიზაცია
- აირადი გამონატყორცნების გაწმენდა მავნე მინარევებისაგან
- აირადი გამონატყორცნების განზნევა ატმოსფეროში
- სანიტარულ-დაცვითი ზონების მოწყობა, არქიტექტურულ-დაგეგმვითი გადაწყვეტილებანი და სხვ.

გაჭუჭყიანებისაგან საჰაერო აუზის დაცვის ყველაზე რადიკალური ღონისძიებაა - **ტექნოლოგიური პროცესების ეკოლოგიზაცია** და პირველ რიგში ჩაკეტილი ტექნოლოგიური ციკლების, უნარჩენო და მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიები შექმნა, რომლებიც გამორიცხავენ ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებების მოხვედრას.

ტექნოლოგიური პროცესების ეკოლოგიზაცია მოიცავს უწყვეტი ტექნოლოგიური პროცესების შექმნას, საწვავსი წინაწარ გაწმენდას ან მის შეცვლას სხვა უფრო ეკოლოგიური სახესხვაობით, აირების რეციკულაციას და სხვ.

ატმოსფერული საჰაერო აუზის დაცვის პირველადი ამოცანაა ბრძოლა ავტომობილების ნამწვი აირების წინააღმდეგ. დღესდღეობით აქტიურად მიმდინარეობს უფრო “სუფთა“ საწვავის ძიება, ვიდრე ბენზინია. განხილვაშია მისი შეცვლა აირადი საწვავით, მეთილის სპირტით (მეთანოლით), ნაკლებტოქსიკური ამიაკით და იდეალური საწვავით - წყალბადით. მიმდინარეობს მუშაობა კარბურატორიული ძრავის შეცვლისა უფრო ეკოლოგიური ტიპით - დიზელის, ორთქლის, აირტურბინოვანი ან სხვა. საცდელ-საკონსტრუქტორო ბიუროებში შექმნილია ავტომობილების საცდელი მოდელები, რომლებიც მუშაობენ ელექტრულ აკუმულატორებზე და მზის ელემენტებზე.



ნახ. 24. აირადი გამონატყორცნების გაუვნებელოფის მეთოდებისა და აპარატების კლასიფიკაცია

ტექნოლოგიური პროცესების ეკოლოგიზაციის ახლანდელი დონე ჯერ კიდევ არასაკმარისია ატმოსფეროს აირადი გამონატყორცნებისაგან დასაცავად. ამიტომ მთელ მსოფლიოში გამოიყენება **გამონატყორცნი აირების გაწმენდის** სხვადასხვა მეთოდები მტვრისა და ტოქსიკური აირ-და ორთქლაირადი მინარევებისაგან.

აეროზოლებისაგან გამონატყორცნების გასაწმენდად გამოიყენება მოწყობილობათა სხვადასხვა ტიპები და მათი შერჩევა ძირითადად დამოკიდებულია გასაწმენდი ჰაერის დამტვერიანების ხარისხზე, მყარი ნაწილაკების ზომაზე და გაწმენდის საჭირო ეფექტურობაზე.

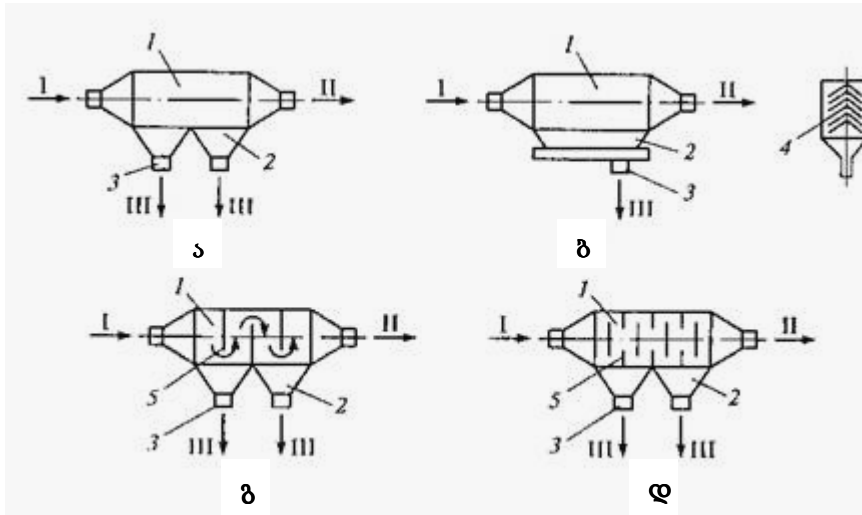
აირადი და მტვერაირადი გამონატყორცნების გაწმენდა მათი გაუფრეზოებისა და მათგან დეფიციტური და ძვირფასი კომპონენტების ამოსაღებად გამოიყენება შემდეგი მოწყობილობები:

- “მშრალი” მექანიკური მტვერდამჭერები
- “მშრალი” ფოროვანი ფილტრები
- “მშრალი” და “სველი” ელექტროფილტრები
- “სველი” მტვერ- და აირდამჭერი აპარატები
- კომბინირებული ტექნოლოგიური სქემები

„მშრალი” მექანიკური მტვერდამჭერები. მშრალი მტვერდამჭერები (ციკლონები, მტვერდამლექავი საკნები) გამოიყენება გამონატყორცნების უბეში მექანიკური გაწმენდისათვის დიდი და მძიმე მტვრის ნაწილაკებისაგან. მათი მუშაობის პრინციპია - ნაწილაკების დალექვა ცენტრიდანული და სიმძიმის ძალის მოქმედებით. “მშრალ” მექანიკურ მტვერდამჭერებს პირობითად ყოფენ სამ ჯგუფად:

- მტვერდამლექავი საკნები, რომელთა მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია სიმძიმის ძალის მოქმედებაზე (გრავიტაციული ძალები);
- ინერციული მტვერდამჭერები, რომელთა მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ინერციის ძალების მოქმედებაზე;
- ციკლონები, ბატარიული ციკლონები, მბრუნავი მტვერდამჭერები, რომელთა მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია ცენტრიდანული ძალების მოქმედებაზე.

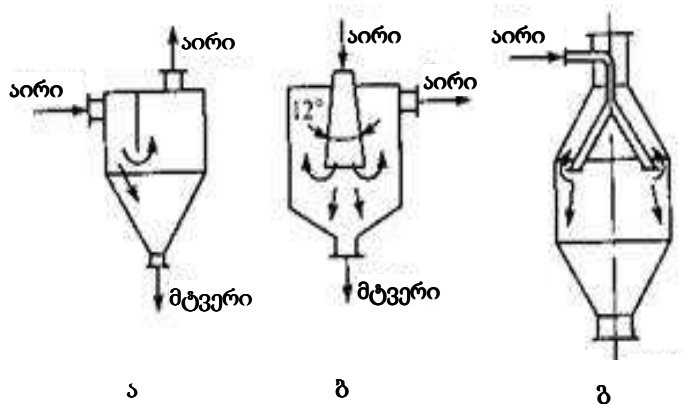
მტვერდამლექავი საკნები წარმოადგენენ ღრუტანიან ან ჰორიზონტალურ თაროებიან მართკუთხა ყუთებს, რომელთაც ქვედა ნაწილში აქვთ ხვრელი ან ბუნკერი მტვერის შეგროვებისათვის (ნახ. 25)



ნახ.25. მტვერდამლექავი საკნები

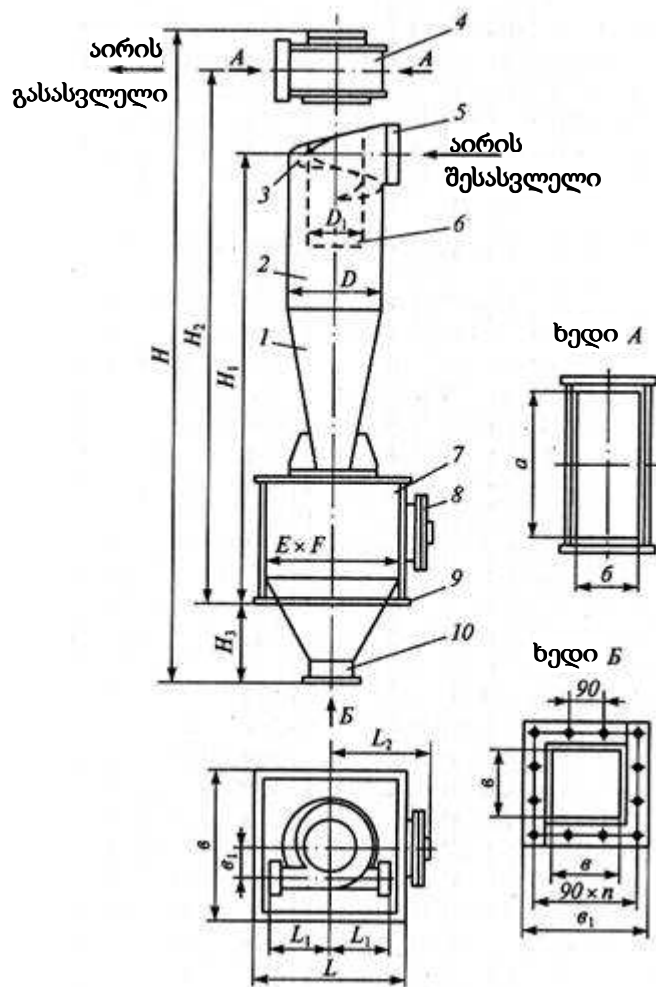
ა) ღრუტანიანი; ბ) ჰორიზონტალური თაროებით; გ), დ) - ვერტიკალური ტიხრებით;
 I - დამტვერიანებული აირი; II - გაწმენდილი აირი; III - მტვერი; 1 - კორპუსი;
 2 - ბუნკერი; 3 - მილტუჩა (მტვრის მოსაცილებლად); 4 - თაროები; 5 - ტიხრები

ინერციული მტვერდამჭერების მოქმედება დაფუძნებულია მტვერაირადი ნაკადის მიმართულების მკვეთრ შეცვლაზე. ნაწილაკები ინერციის მიხედვით მოძრაობენ პირველადი მიმართულებით და ხვდებიან შემკრებ ბუნკერში, ხოლო ნაწილაკებისაგან გაწმენდილი აირი გამოდის მტვერდამჭერიდან.



ნახ.26. ინერციული მტვერდამჭერები აირადი ჭავლის მიწოდების სხვადასხვა მეთოდებით: ა) ტიხრით, ბ) გაფართოებული კონუსით, გ) ჩაღრმავებული ბუნკერით

ინერციული მტვერდამჭერებიდან ყველაზე მეტი გავრცელება ციკლონებმა ჰპოვეს მათი არართული ტექნიკური გაფორმებისა და ექსპლოატაციის გამო. ისინი ძირითადად 20 მკმ-ზე მეტი ზომის ნაწმილაკებით დაჭერის მაღალი ეფექტურობით ხასიათდებიან. მათი მოქმედება დაფუძნებულია ცენტრიდანული ძალის გამოყენებაზე, რომელიც წარმოიქმნება აპარატის კორპუსში აირადი ნაკადის ბრუნვის შედეგად. ამ დროს მტვრის ნაწილაკები ილექებიან სიმძიმის ძალისა და ცენტრიდანული ძალების მოქმედების შედეგად.



ნახ. 28. ЦН-15П ტიპის ციკლონი

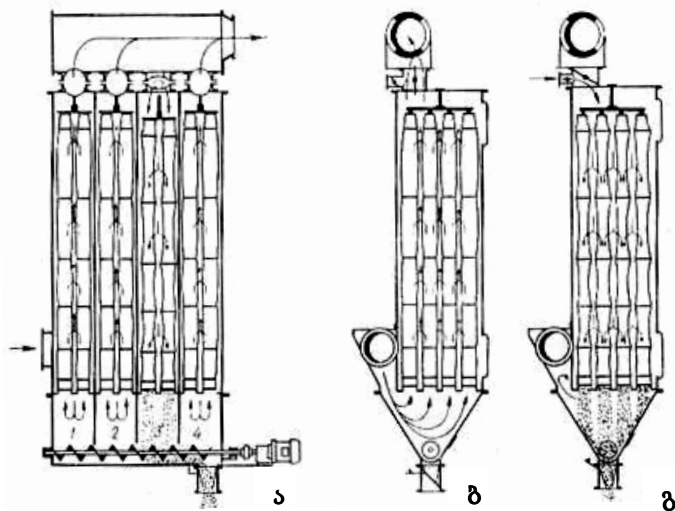
- 1 - ციკლონის კონუსური ნაწილი, 2 - ციკლონის ცილინდრული ნაწილი,
 3 - ხრახნისებრი სახურავი, 4 - გაწმენდილი აირის საკანი, 5 - დამტვერიანებული აირის
 შემყვანი მილაკი, 6 - გამოსაბოლოქვი მილი, 7 - ბუნკერი, 8 - სახურავი, 9 -საყრდენი
 სარტყელი, 10 - მტვრის გამყვანი ხვრელი

ინერციული მტვერდამჭერებიდან ყველაზე მეტი გავრცელება ჰპოვა НИИОГАЗ-ის კონსტრუქციის ЦН-11, ЦН-15, СК-ЦН-34 ტიპის მაღალი წარმადობის ციკლონებმა. ციკლონის მიერ მტვრის დაჭერის ეფექტურობა დამოკიდებულია ციკლონის ჰიდრავლიკურ წინააღმდეგობაზე, ციკლონის დიამეტრზე, მტვრის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე, აირის ხარჯზე, სიჩქარეზე და მთელ რიგ ფაქტორებზე.

ციკლონები რეკომენდებულია გამოვიყენოთ აირების წინასწარი გაწმენდისათვის მაღალი ეფექტურობის აპარატებით (მაგალითად, ფილტრებისა და ელექტროფილტრების) გაწმენდის წინ.

მტვერდაჭერის მაღალი ეფექტურობის მისაღწევად ზოგჯერ საჭირო ხდება რამდენიმე ციკლონის გამოყენება, რაც მიიღწევა ბატარიული ციკლონის გამოყენებით. ბატარიული ციკლონები რამდენიმე ციკლონის შერწყმას წარმოადგენენ.

„მშრალი“ ფოროვანი ფილტრები. ფილტრები (ქსოვილიანი, მარცვლოვანი) გამოიყენებიან მტვრის მცირედისპერსიული 0,5 მკმ-მდე ზომის ნაწილაკების დასაჭერად. განსაკუთრებულად ეფექტურია სახელოიანი ფილტრები მაღალი თერმომდგრადობის (250-300°C) სინთეზური ბოჭკოსაგან დამზადებული ქსოვილით. „მშრალი“ ფოროვანი ფილტრები ძირითადად სამი ტიპისაა: ქსოვილიანი, ბოჭკოვანი და მარცვლოვანი.

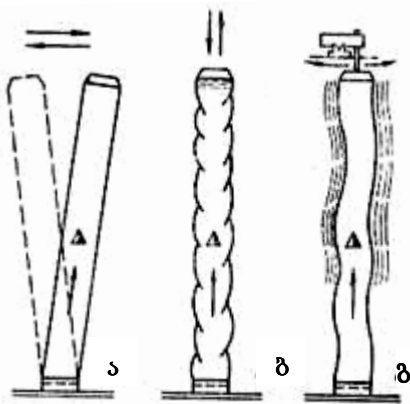


ნახ.29. სახელოიანი ფილტრი სექციური რეგენერაციით:
 ა-საერთო ხედი, ბ-ფილტრირებადი სექცია (1, 2, 4),
 გ-რეგენირებადი სექცია (3)

დამტვერიანებული აირების გაწმენდის საბოლოო საფეხურზე სულ უფრო დიდ გამოყენებას პოულობს მშრალი გაწმენდა სახელოიანი ფილტრების საშუალებით. მათი უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ უზრუნველყოფენ პრაქტიკულად ყველა ზომის მტვრის ნაწილაკების ეფექტურ დაჭერას. სახელოიანი ფილტრების მტვერდაჭერის ხარისხი ტექ-

ნიკური ექსპლუატაციის წესების დაცვისას შეადგენს 99,9%-ს.

მტვერდაჭერის პროცესი დაფუძნებულია ქსოვილზე მტვრის ნაწილაკთა დელექტის პროცესზე, რის შედეგადაც მტვრის ფენა შეკავების ეფექტისა და ელექტროსტატიკური ძალის ხარჯზე ავსებს ქსოვილის ფორებს, რაც მტვერდაჭერის მაღალ ეფექტურობას იწვევს. შემდგომში, მტვრის ფენის ზრდასთან ერთად იზრდება ჰიდრაულიკური წინააღმდეგობა, რაც ქსოვილიდან მტვრის ფენის მოცილების აუცილებლობას ქმნის. ამისათვის შექმნილია რეგენერაციის უკუშებერვისა და მექანიკური დაფერთხვის კონსტრუქციები.



ნახ.30. სახელოების დაფერთხვის სქემა
 ა-გვერდითი დაფერთხვა,
 ბ-ვერტიკალური დაფერთხვა,
 გ-ვიბრაცია

ქსოვილოვანი ფილტრები განსხვავდებიან როგორც კონსტრუქციული აღნაგობით, აგრეთვე გამოყენებული ქსოვილის მასალით. ფილტრირებადი მასალის მიხედვით გამოიყენება ბუნებრივი (შალის, იშვიათად ბამბის) და სინთეზური (ნიტრონი, ლავსანი, პოლიპროპილენი და სხვ.) ქსოვილები, აგრეთვე თერმომდგრადი მინაქსოვილები. ქსოვილიანი ფილტრების ეფექტური მოქმედების ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნაა მათი

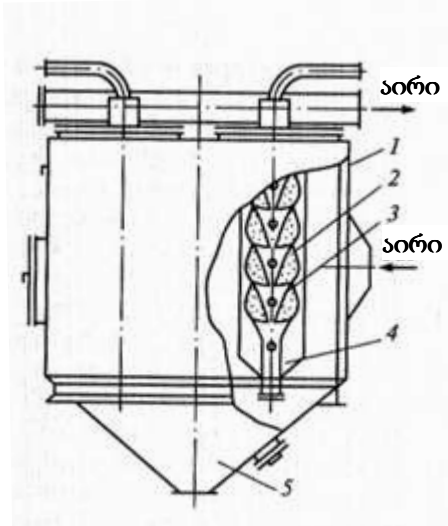
თერმომდგრადობა. ქსოვილოვანი ფილტრების დასამზადებლად ყველაზე მეტად გავრცელებლია ლავსანი, ტერილენი, დაკრონი, ნიტრონი, ორლონი, ოკსალონი, სულფონი. უკანასკნელი ორი მასალა წარმოადგენს პოლიამიდურ ბოჭკოებს, რომლებიც თერმომდგრადნი არიან 250-280°C-ზე.

არსებობენ ერთსახელოიანი და მრავალსახელოიანი ქსოვილიანი ფილტრები. დამტვერიაუნებული აირი სახელოს შეიძლება მიეწოდოს ზემო, ქვემო ან ორივე მხრიდან.

დღეისათვის პერსპექტიულია იაფი ფილტრირებადი მასალების შემუშავება და სამრეწველო დამზადება, რომელთაც აქვთ მაღალი ეფექტურობა, საკმარისი მექანიკური მდგრადობა და სიმტკიცე მჟავა და ტუტე გარემოში. ასეთი მასალები ფართო გამოყენებას პოულობენ სხვადასხვა სამ-

რეწველო აირების გაწმენდაში. მაგალითად, ფილტრირებადი მასალა *Beckinox* (დიდი ბრიტანეთი) დამზადებულია შტაპელის სახით სხვადასხვა დიამეტრის უჟანგავი ფოლადის ძაფებისაგან. მას გააჩნია 1200 ჰა წინალობა 180 მ³/(მ²·სთ) ფილტრირების სიჩქარის დროს; გაწმენდის იგივე ეფექტურობა, როგორც ტექსტილის ქსოვილებს; მაღალი აბრაზიული მდგრადობა; ტემპერატურული მდგრადობა (500°C-მდე); შესაძლებელია მათი რეგენირება ყველა ცნობილი მეთოდებით და კარგად ახდენს SO₂-ის შემცველი აირების ფილტრირებას.

საფრანგეთში აირების გაწმენდისათვის 400-500°C ინტერვალში ასევე გამოიყენება მეტალური ძაფებისაგან დამზადებული სახელოიანი ფილტრები.



ნახ. 31. მარცლოვანი ფილტრი

- 1 - კორპუსი; 2 - ფილტრირებადი უჯრები; 3 - იმპულსური რეგენერაციის სისტემა; 4 - ფილტრი-რებადი ელემენტები; 5 - ბუნკერი;

იმ შემთხვევისათვის, როცა მაღალი ფილტრაციის ეფექტურობა შეთავსებულ უნდა იქნას მაღალ თერმო- და ქიმიურად აგრესიულ გარემოში მდგრადობასთან, ფირმა *Du pont* (აშშ) მშრალი გაწმენდისათვის გვთავაზობს სამი სახის მასალებს: ნომექსი, ტეფლონი (ფტორნახშირბადი) და ტეფერი (ტეფლონისა (85%) და მინაქსოვილის (15%) ნარევი). ეს მასალები მდგრადია 100-250°C ტემპერატურაზე.

ტეფლონში მინაქსოვილის წვრილი ძაფების დამატება ამცირებს მის ფორიანობას და ამაღლებს დაჭერის ხარისხს. ტეფლონის

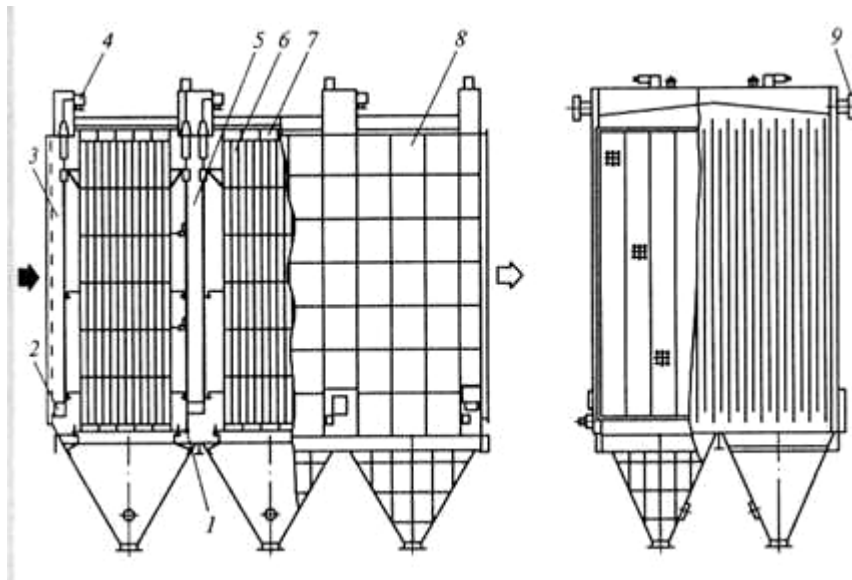
ბოჭკო, რომელიც გახეხვისადმი მდგრადია, მინაბოჭკოს იცავს მექანიკური დაზიანებისაგან. ასევე ტეფერის მაღალი ექსპლუატაციური მაჩვენებლები აიხსნება ნარევის ორივე ბოჭკოს საწინააღმდეგო ტრიბოელექტრული თვისებებით, რომელიც მუშაობის პროცესში ქმნის ელექტრულ მუხტს - ეს კი საშუალებს იძლევა დაჭერილ იქნას სუბმიკრონული ნაწილაკები. თუკი აირი შეიცავს ფტორწყალბადმჟავას (მაგ. ბროლის ქიმიური პოლირების დროს), რეკომენდებულია გამოვიყენოთ 100%-იანი ტეფლონის ფილტრები.

ბოჭკოვან ფილტრებში მფილტრავ მასალად თხელი ქეჩა გამოყენებული. აქ ნაწილაკთა ჩაჭერა და დაგროვება ბოჭკოს მთელ სიღრმეში მიმდინარეობს. მათი რეგენერაცია არ ხდება და ისინი ერთჯერადად გამოიყენებიან.

მარცვლოვან ფილტრებში აირთა გაფილტვრა მარცვლოვანი მასალის საშუალებით ხდება. მფილტრავი ფენა შეიძლება იყოს მოძრავი ან უძრავი. ფილტრირებადი ელემენტი (4) შეიცავს ოთხ წყვილ ვერტიკალურად განლაგებულ ფილტრირებად უჯრებს (2). უჯრა შეიცავს დახრილ გაუმტარ ტიხრებს, ზედა და ქვედა ბადეს. ბადეებს შორის ყრიან 150 მმ-იანი ფენის 3-5 მმ ზომის ნაწილაკებად დანაწევრებულ მასალას - მაგნეზიტს, დოლომიტს და ა.შ. ტიხრები და ბადეები ქმნიან სამკუთხა არხებს, რომელთა შორის გადის გაწმენდილი აირი, არხებში ჩადგმულია პერფორირებული მილები კოლექტორიდან შეკუმშული აირის ციკლური მიწოდებისათვის. ფილტრირებადი უჯრები ტიხარით გაყოფილია სამ ტოლ ნაწილად. იმპულსური შებერვის დროს ყველა უჯრები მუშაობენ ფილტრაციის რეჟიმში, ზედა - რეგენერაციის რეჟიმში.

ელექტროფილტრები. ელექტროფილტრები - მტვრის ნაწილაკებისაგან აირების გაწმენდის ყველაზე მეტად სრულყოფილი მეთოდია. ელექტროფილტრები წარმოადგენენ აპარატებს, რომლებიც ძალზედ მაღალდისპერსიული მტვრის გაწმენდის მაღალი ხარისხით ხასიათდებიან. მათ შეუძლიათ აირებიდან დალექონ 0,01მკმ-მდე ზომის მტვრის ნაწილაკები 99-99,5% ეფექტიურობით. ყველა სახის ელექტროფილტრის მუშაობის პრინციპი დაფუძნებულია მტვერაირადი ნაკადის იონიზაციაზე კორონირებადი ელექტროდების ზედაპირზე.

აირის ელექტრული გაწმენდის მოწყობილობა შედგება ელექტროფილტრისაგან, კვების აგრეგატისაგან და დაჭერილი მტვრის სატრანსპორტო სისტემისაგან. თავად ელექტროფილტრი მეტალურ კორპუსს წარმოადგენს, რომელშიც დამლექი და გვირგვინოვანი ელექტროდებია მოთავსებული. მასში მიმდინარე გაწმენდის პროცესი ძირითადად იყოფა ოთხ სტადიად: ნაწილაკთა დამუხტვა, დამუხტული ნაწილაკების მოძრაობა ელექტროდებისაკენ, დალექვა, დალექილი ნაწილაკების მოცილება.

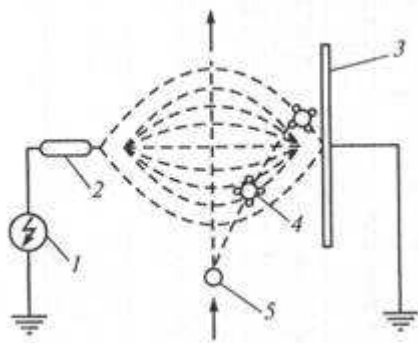


ნახ. 32. ზიზ ტიპის ელექტროფილტრი

1 - დამლექავი ელექტრონების დაფერთხვის მექანიზმი; 2 - სახურავი მომსახურებისათვის; 3 - აირგამანაწილებელი ცხაური; 4 - დენის გამყვანი დამცავი ყუთი; 5 - კორონირებადი ელექტროდების დაფერთხვის მექანიზმი; 6, 7 - დამლექავი ელექტროდი; 8 - კორპუსი; 9 - დენის სადენი (ისარიტ ნაჩვენებია აირის მოძრაობა)

პროცესის არსი მდგომარეობს შემდეგში: მტვერაირადი ჭავლი გადის ორ ელექტროდს შორის, რომელთაც მაღალი ძაბვის გამართული დენი მიეწოდებათ. გვირგვინოვან ელექტროდზე ხდება მიწოდებული აირის

დარტყმითი იონიზაცია. ნაწილაკები ლეზულობენ ელექტრულ მუხტს და მიემართებიან დამლექავი ელექტროდისაკენ (მას გაგაჩნია გვირგვინოვანი ელექტროდის საწინააღმდეგო მუხტი), რომელზეც საბოლოოდ ილექებიან. მტვრის ძირითადი ნაწილი დამლექავ ელექტროდზე ილექება, ხოლო მცირე ნაწილი - გვირგვინოვან ელექტროდზე. ელექტროდთა დაფერთხვის დროს მტვრის ნაწილაკები სიმძიმის ძალის მოქმედებით ქვემოთ ცვივა და მტვრის შემკრებში გროვდებიან.



ნახ. 33. მტვრის ელექტრული დალექვის სქემა

1 - ელექტრული კვების წყარო; 2,3 - კორონირებადი და დამლექავი ელექტროდები; 4 - აირის იონი; 5 - მტვრის ნაწილაკი

კონსტრუქციის მიხედვით არსებობს ერთზონიანი და ორზონიანი, ასევე ერთი და მრავალველიანი ელექტროფილტრები. დაჭერილი მტვრის მოცილების სისტემის მიხედვით არსე-

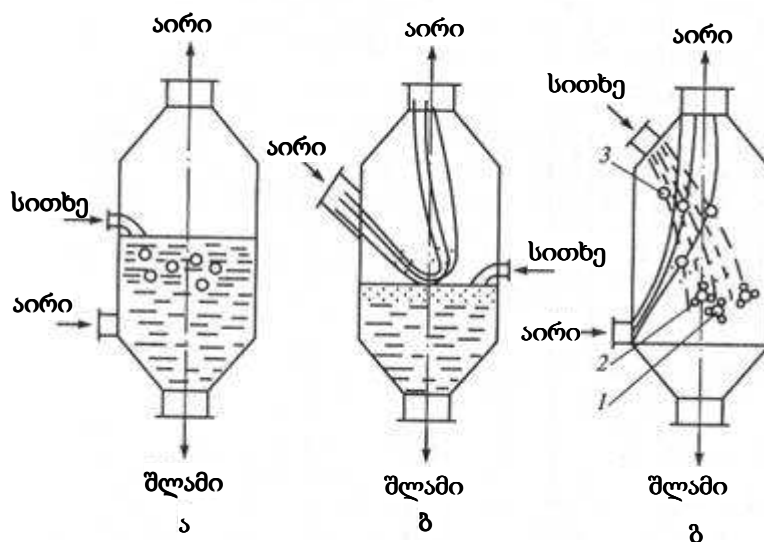
ბოზენ სველი და მშრალი ფილტრები. ელექტროფილტრებს ანსხვავენ ელექტროდების ფორმის მიხედვითაც.

ელექტროფილტრების მოქმედების ეფექტურობა ძირითადად დამოკიდებულია ელექტრულ ველში ნაწილაკების მოძრაობაზე, აქტიურ ზონაში ნაწილაკთა ყოფნის დროზე, ნაწილაკის კუთრ ელექტრულ წინააღმდეგობაზე და სხვა პარამეტრებზე. ელექტროფილტრები მოითხოვენ ელექტროენერჯის დიდ ხარჯს, რაც მათ ძირითად ნაკლოვანებას წარმოადგენს.

„სველი” მტვერ- და აირდამჭერი აპარატები

სველი მტვერდამჭერები (სკრუბერები, აირგამრეცხები და სხვ.) მოითხოვენ წყლის მიწოდებას და მუშაობენ მტვრის ნაწილაკების დალექვის პრინციპით წვეთების ზედაპირზე ინერციისა და ბროუნის ძალების მოქმედებით.

გაწმენდის სველ მეთოდს ფართოდ იყენებენ მტვრის ნაწილაკების დაჭერისა და აირადი ნარჩენების გადამუშავებისათვის. უმრავლეს შემთხვევაში სველი მტვერდაჭერა გამოიყენება მშრალი მტვერდაჭერის შემდგომ და შესაძლებელია მისი შეთავსება ადსორბციულ გაწმენდასთან.



ნახ.34. სველი მტვერდაჭერის მეთოდები

ა - მტვერდაჭერა სითხის მოცულობაში (ფენაში); ბ - მტვერდაჭერა სითხის აფსკით; გ - მტვერდაჭერა აირის მოცულობაში სითხის გაფრქვევით.
1 - სითხის წვეთები; 2 - მყარი ნაწილაკები; 3 - აირის ბუშტულები;

სველი მეთოდის გამოყენებით მიიღწევა მტვერდაჭერის მაღალი ხარისხი. მათი დადებითი მხარეებია: კონსტრუქციის სიმარტივე და შედარებით მცირე ფასი, მტვერდაჭერის მაღალი ეფექტურობა მშრალ მტვერდაჭერებთან შედარებით, მცირე ზომები ქსოვილან და ელექტროფილტრებთან შედარებით, მაღალი ტემპერატურისა და ტენიანობის აირთა გაწმენდისათვის გამოყენების შესაძლებლობა, ფეთქებად აირებზე მუშაობის შესაძლებლობა. უარყოფითი მხარეა წყლის დიდი ხარჯი და მისი დაჭუჭყიანება.

სველი მეთოდით მტვრის დაჭერის პროცესი შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც აირადი გარემოს მყარი ფაზის გადატანა თხევად ფაზაში და მისი მოცილება. ფაზების კონტაქტის ფორმის მიხედვით სველი მტვერდაჭერები შეიძლება დავყოთ შემდეგი სახით: მტვერდაჭერა სითხის მოცულობაში (ფენაში); მტვერდაჭერა სითხის აფსკით; მტვერდაჭერა აირის მოცულობაში სითხის გაფრქვევით (იხ. ნახ.).

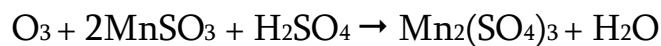
ძალიან ეფექტურია კომბინირებული გაწმენდის მეთოდები, როცა გაწმენდის ყველა ცნობილი მეთოდი გამოიყენება კომპლექსურად, სხვადასხვა კომბინაციებით. თანამედროვე საწარმოებში, როგორც წესი, საჭიროა მრავალსაფეხურიანი გაწმენდა.

გამონაბოლქვების გასაწმენდად ტოქსიკური აირადი და ორთქლიანი მინარევებისაგან (SO_2 , NO_2 , NO და სხვ.) გამოიყენება გაწმენდის შემდეგი მეთოდები: 1) მინარევების შთანთქმა კატალიზური გარდაქმნის გზით, 2) გამონაბოლქვების შთანთქმა ხსნარებით (აბსორბციული მეოდი) და 3) აირადი გამონაბოლქვების შთანთქმა მყარი ნივთიერებებით (აბსორბციული მეთოდი).

კატალიზური მეთოდი წარმოადგენს მეთოდს, როცა სისტემაში შეჰყავთ კატალიზატორი (ნივთიერება), რომელიც ხელს უწყობს ტოქსიკური კომპონენტის გარდაქმნას ნაკლებად მავნე ნაერთში. მაგალითად, პალადიუმისა და ვანადიუმის კატალიზატორები უზრუნველყოფენ CO -ს გადასვლას CO_2 -ში, ამიაკის დამატება იწვევს აზოტის ოქსიდების აღდგენას ელემენტარულ აზოტამდე.

კატალიზური მეთოდები. დაფუძნებულია ტოქსიკური კომპონენტების გარდაქმნაზე არატოქსიკურ კომპონენტებად კატალიზატორების ზედაპირზე:

- პიროლუზიტური მეთოდი - SO₂-ის დაჟანგვა ჟანგბადით თხევად გარემოში კატალიზატორის - პიროლუზიტის (MnO₂) თანაობისას. მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნას გოგირდმჟავას წარმოებისას:
- ოზონო-კატალიზური მეთოდი - პიროლიზიტური მეთოდის სახესხვაობაა, რომელიც მისგან განსხვავდება იმით, რომ ოზონ-ჰაერის ნარევეში Mn²⁺ გადადის Mn³⁺ -ში:



გაწმენდის ეფექტურობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: გასაწმენდ აირად ნარევეში O₂ და SO₂-ის პარციალურ წნევაზე, გამომავალი აირების ტემპერატურაზე, მყარი და აირადი მინარევების არსებობაზე და მათ თვისებებზე, გასაწმენდი აირის მოცულობაზე, სორბენტების არსებობაზე და ხელმიაწვდომობაზე, აირების გაწმენდის საჭირო ხარისხის სიდიდეზე.

უნარჩენო ტექნოლოგიის პრინციპით აირების გაწმენდის მეთოდის საილუსტრაციოდ შეიძლება მოვიყვანოთ აირების SO₂-ისაგან გაწმენდა, მისი შემდგომი დაჟანგვით SO₃-მდე V₂O₅ თანაობისას 450-480°C დროს. შემდეგ 220-260°C-ზე აირადი ამიაკის შეყვანისას წარმოიქმნება ამონიუმის სულფატის კრიტალები, რომლებიც ჩვეულებრივ, სამრეწველო პირობებში ხდება გაწმენდის რამდენიმე მეთოდის კომბინირება, ისე რომ, გამოტყორცნილი მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაცია შეესაბამებოდეს ატმოსფეროში მათ ზღვ-ს.

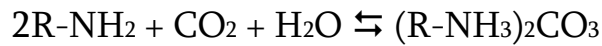
აბსორბციული მეთოდები დაფუძნებულია მავნე აირადი მინარევების შთანთქმაზე თხევადი მშთანთქმელებით (აბსორბენტით). აბსორბენტის სახით გამოიყენება წყალი, ტუტეების, მარილების (მაგ. სოდის), ამიაკის ხსნარები და სხვა. მაგალითად აირად ციანიდურ ნაერთებს აბსორბირებან 5%-იანი რკინის აჯასპის ხსნარით.

განვიხილოთ ყველაზე მეტად გავრცელებული გამაჭუჭყიანებლები-საგან აირების ქიმიური გაწმენდის მეთოდები:

აირების გაწმენდა ნახშირბადის დიოქსიდისაგან - CO₂

1. წყლით აბსორბცია. ეს მეთოდი მარტივი და იაფია, მაგრამ გაწმენდის ეფექტურობა დაბალია, რადგან წყლის მაქსიმალური შთანთქმის უნარი შეადგენს 8კგ CO₂ 100კგ წყალზე.

2. ეთანოლ-ამინის ხსნარებით შთანთქმა:



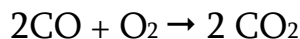
მშთანთქმელად ჩვეულებრივ იყენებენ მონოეთანოლამინს, თუმცა ტრიეთანოლამინი ხასიათდება მაღალი რეაქციული თვისებებით.

3. ცივი მეთანოლი წარმოადგენს CO₂-ის კარგ მშთანთქმელს -35°C ტემპურატურაზე.

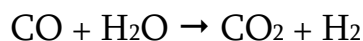
4. გაწმენდა CaA -ტიპის ცეოლითებით. CO₂-ის მოლეკულა ზომით ძალიან მცირეა, ამიტომ ბუნებრივი აირიდან CO₂-ისა და ცხოველმოქმედების პროდუქტების (ტენი და CO₂) მოსაცილებლად თანამედროვე იზოლირებულ სისტემებში (კოსმიურ ხომალდებში, წყალქვეშა ნავებში და სხვ.) გამოიყენება CaA -ტიპის ცეოლითები.

აირების გაწმენდა ნახშირბადის ოქსიდისაგან - CO

1. დაწვა Pt/Pd-კატალიზატორზე:



2. კონვერსია (აბსორბციული მეთოდი):

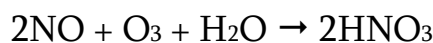


აირების გაწმენდა აზოტის ოქსიდებისაგან:

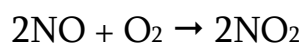
ხოქიმიურ წარმოებაში აზოტის ოქსიდებისაგან გაწმენდის 80% რციელებს მათი გარდაქმნით კატალიზატორებზე.

2. დაჟანგვის რეაქციები დაფუძნებულია აზოტის ოქსიდების დაჟანგვაზე და მათი შემდგომი შთანთქმით წყლის მიერ, რის შედეგადაც წარმოიქმნება აზოტმჟავა.

- ოზონით დაჟანგვა თხევად გარემოში



- ჟანგბადით დაჟანგვა მაღალი ტემპურატურის დროს



3. აღდგენითი მეთოდი დაფუძნებულია აზოტის ოქსიდების აღდგენაზე ნეიტრალურ პროდუქტებამდე კატალიზატორის თანაობისას ან მა-

ღალ ტემპერატურაზე აღმდგენელების თანაობისას. აღდგენის პროცესი მიმდინარეობს შემდეგი სქემის მიხედვით:

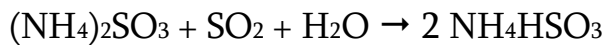


4. სორბციული მეთოდები:

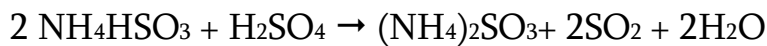
- აზოტის ოქსიდების ადსორბცია ტუტეების წყალხსნარებით და CaCO_3
- აზოტის ოქსიდების ადსორბცია მყარი სორბენტებით (ტორფი, სილიკოგელი)

აირების გაწმენდა გოგირდის დიოქსიდისაგან - SO_2

1. გაწმენდის ამიაკური მეთოდი. იგი დაფუძნებულია SO_2 -ის ურთიერთქმედებაზე ამონიუმის სულფიტის წყალხსნართან:

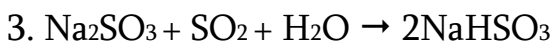
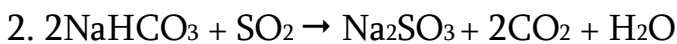


წარმოქმნილი ბისულფატი იოლად იშლება მჟავას მოქმედებით:



2. SO_2 -ის ნეიტრალიზაციის მეთოდი. იგი დაფუძნებულია სოდის ან კირის წყალხსნარის მიერ SO_2 -ის შთანთქმის უნარზე.

- სოდის მეთოდი (1→2→3)



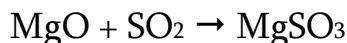
- კირის მეთოდი - SO_2 -ის შთანთქმა CaO -ს სუსპენზიით



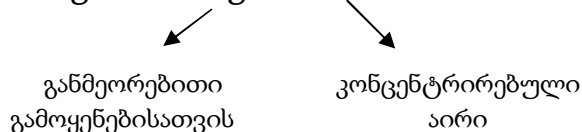
- მაგნეზიტური მეთოდი - SO_2 -ის შთანთქმა MgO -ს სუსპენზიით



SO_2 -ის ადსორბციის დროს მაგნიუმის ოქსიდით $90-150^\circ\text{C}$ ტემპერატურაზე:

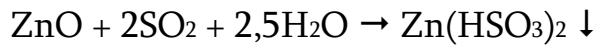


წარმოქმნილი MgSO_3 -ის დაშლა ხდება 760°C ტემპერატურაზე:



მიღებული კონცენტრირებული SO₂ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გოგირდმჟავას წარმოებაში. ასეთი გაწმენდის პროცესის ეფექტურობა შეადგენს 90%-ს.

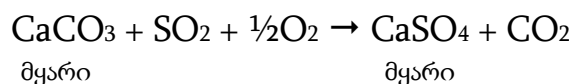
- თუთიის მეთოდი - SO₂-ის შთანთქმა ZnO-ს სუსპენზიით



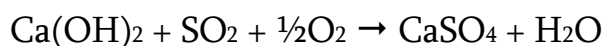
ადსორბციული მეთოდი - სამრეწველო გამონატყორცნიდან მავნე კომპონენტების შთანთქმა მყარი ადსორბენტების გამოყენებით. მყარ ადსორბენტებს გააჩნიათ ულტრამიკროფოროვანი სტრუქტურა, რის გამოც ამ ფორებში აკავებენ მავნე ნივთიერებებს. მაგალითად, ასეთებია გააქტივებული ნახშირი და თიხამიწა, სილიკოგელი, ცეოლიტები, კლინოპტილოლიტები და სხვ.). მაგალითად, აეს-ში ფართოდ გამოიყენება ტექნოლოგიური აირების გაწმენდა რადიაქტიური პროდუქტებისაგან ნახშირის ფილტრების გამოყენებით.

გამონატყორცნი აირების გაწმენდაში მიღწეული ყველა წარმატებების მიუხედავად აუცილებელია მავნე ნივთიერებათა დაჭერის ახალი, უფრო ეფექტური პროცესების შექმნა. ამასთან აუცილებელია შემდეგი ამოცანების შესრულება: რეცირკულაციის მეთოდების სრულყოფა, ნარჩენების შემცირება, ჩაკეტილი აირმზრუნავი ციკლების შექმნა და სხვ.

აირული კომპონენტის ადსორბციის დროს შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ქიმიურ რეაქციას ადსორბენტსა და აირს შორის, რაც აირების გაუვნებლყოფის ქიმიური მეთოდის სახეს წარმოადგენს. მაგალითად, განვიხილოთ გოგირდის დიოქსიდის შთანთქმა კალციუმის კარბონატის (კირქვა) მიერ:



აღნიშნული პროცესი შეიძლება განხორციელდეს ლუმელში, მშრალ აბსორბერში ან სველ სკრუბერში. ლუმელში გამოიყენება დანაწევრებული კირქვა. რეაქციაში შეუსვლელ SO₂-ს იჭერენ სველ სკრუბერში კირის წყალხსნარით:



ასეთი ქიმიური გარდაქმნის შედეგად ჰაერის გაჭუჭყიანების პრობლემა გადაიქცევა წყლის გაჭუჭყიანების პრობლემად.

ატმოსფეროში აირადი მინარევების გაზნევა წარმოადგენს მათი საშიში კონცენტრაციების შემცირებას შესაბამისი ზღვ-ს დონემდე მტვერ-აირადი მინარევების განზნევის გზით მაღალი საკვამლე მილების გამოყენებით. რაც უფრო მაღალია საკვამლე მილი, მით უფრო მაღალია მისი განზნევის ეფექტი. ზოგიერთ საწარმოში საკვამლე მილის სიმაღლე აღემატება 300 მ-ს.

საკვამლე მილის სიმაღლის გაზრდას ფართოდ იყენებდნენ XX საუკუნის 60-80-იან წლებში, როცა საკვამლე მილის დაპროექტებისას მისი სიმაღლე განისაზღვრებოდა ისე, რომ დედამიწამდე მისული გამონატყორცნის რაოდენობა მინიმალური ყოფილიყო. ითვლებოდა, რომ რაც უფრო მაღალია საკვამლე მილი, მით უფრო მეტი გამაჭუჭყიანებელი შეიძლება იქნას გაშვებული ატმოსფეროში. აღნიშნული აზრის საწინააღმდეგოდ და მისი ნეგატიური შედეგების საილუსტრაციოდ შესაძლებელია მოვიყვანოთ კაცობრიობის გლობალური ეკოლოგიური პრობლემები: ოზონის შრის დაშლა, მჟაური წვიმებისა და სათბურის ეფექტის პრობლემები. ამიტომ, მავნე ნივთიერებათა გამონატყორცნების მაქსიმალურად შემცირებისათვის, გამოყენებულ უნდა იქნას გაწმენდის ყველაზე სრულყოფილი ტექნოლოგიები და მეთოდები.

ატმოსფეროს დაცვის პრობლემის გადაწყვეტა საკვამლე მილის სიმაღლის გაზრდით შეიძლება გამოყენებულ იქნას მხოლოდ ყველა თანამედროვე ტექნიკური საშუალებების რეალიზაციის შემდეგ, რომლებიც ამცირებენ გამონატყორცნების აბსოლუტურ რაოდენობასა და მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციას ატმოსფეროში.

ატმოსფერული ჰაერის დაცვა საწარმოს მავნე გამონატყორცნებიდან მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სანიტარულ-დაცვითი ზონების მოწობაზე და არქიტექტურულ-დაგეგმვით გადაწყვეტილებებზე.

სანიტარულ-დაცვითი ზონა - ეს არის ხაზი, რომელიც სამრეწველო გაჭუჭყიანების წყაროს აცილებს საცხოვრებელი ან საზოგადოებრივი შენობებიდან, მოსახლეობის საწარმოს მავნე ფაქტორებიდან დაცვის მიზნით. ამ ზონების სიგანე მერყეობს 50 მ-დან 1000 მ-მდე და დამოკიდებულია საწარმოს საშიშროების კლასზე, მისი მავნეობის ხარისხზე და ატმოსფეროში გამოყოფილი ნივთიერებების რაოდენობაზე. მაგალითად, ცე-

მენტის ქარხნებისათვის, წარმადობით 150 ათასი ტონა ცემენტი წალი-წადში (საშიშროების I კლასი) ამ ზონის სიგანე შეადგენს 1000 მ.

სანიტარულ-დაცვითი ზონა გამწვანებული უნდა იყოს ხეებითა და ბუჩქებით. ასეთი მცენარეების 1 ჰა იჭერს ათეულობით ტონა მტვერს. ასეთი გამწვანებისას საწარმოდან 500 მ-ის მოშორებით ჰაერის გაჭუჭყიანება SO₂, NO₂, H₂S-ით 3-4-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე გამწვანების გარეშე (გაევი და სხვ., 1990).

არქიტექტურულ-დაგეგმვითი ღონისძიებები მოიცავს გამონატყორცნების წყაროების და დასახლებული ადგილების სწორ ურთიერთგანლაგებას ქარის მიმართულების, სხვადასხვა გეოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით (საწარმოების მშენებლობა მაღალ, კარგად გაქარებად ადგილზე).

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ლ. ჩხეიძე, ნ. ჯვარელია, ნ. ბოჭორიშვილი, ი. ბოჭორიშვილი. ზოგადი და საინჟინრო ეკოლოგიის საფუძვლები. 1999 წ. <http://www.gtu.edu.ge>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
2. გ. ერისთავი, ა. დანელია, რ. აღასანია, ლ. არხიპოვა. გარემოს გაჭუჭყიანების წყაროები და მათი ლიკვიდაციის ტექნიკური ღონისძიებანი. თბ.: განათლება. 1985, 223 გვ.
3. Павлов А.Н. Экология: Рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности. М.: Высш. шк., 2005. 243 с.
4. Садовникова Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. М.: Высш. шк., 2006, 334 с.
5. П. Бертокс, Д. Радд. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнении. М.: Мир, 1980
6. Трушина Т.П. Экологические основы природопользования. (Сер. "Учебники XXI века"). Ростов р/Д: Феникс, 2001, 384 с.
7. Сайдаминов С.С. Основы охраны окружающей среды. Т.: Укитувчи, 1989, 304 с.
8. Колесников С.И. Основы экологии для инженеров. Ростов р/Д: Феникс, 2003, 352 с.
9. Коробкин В.И. Экология. Ростов р/Д: Феникс, 2005, 576 с.
10. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология в вопросах и ответах. Ростов р/Д: Феникс, 2005, 384 с.
11. საქართველოს კანონი გარემოს დაცვის შესახებ. 2000 წ.
12. აშშ-ის განათლებისა და კულტურის ხელშემწყობი ცენტრი. სამეცნიერო-შემეცნებითი ეკოლოგიური ვებ-საიტი - "ადამიანი, ეკოლოგია და გარემო". <http://eko.iatp.ge>, ავტორი-ც.თურქაძე.
13. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს ვებ-გვერდი. <http://www.moe.gov.ge>
14. საქართველოს კანონი - გარემოს დაცვის შესახებ. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია)
15. საქართველოს კანონი - წყლის შესახებ. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია)
16. საქართველოს კანონი ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია)
17. ლ. თოდუა. ევროკავშირის გარემოსდაცვითი სტრატეგია და კანონმდებლობა/საქართველოს სტრატეგიული კვლევებისა და განვითარების ცენტრი. ბიულეტენი №99, 2006. <http://www.csrdg.ge/geo>
18. თ. ბუდალაშვილი. ატმოსფერული ჰაერის ხარისხი საქართველოში და ჰაერის გაჭუჭყიანების წყაროები/საქართველოს სტრატეგიული კვლევებისა და განვითარების ცენტრი. ბიულეტენი №106, 2007. <http://www.csrdg.ge/geo>
19. [National Primary Drinking Water Regulations](http://www.epa.gov/safewater/contaminants/index.html). U.S. Eenvironmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/safewater/contaminants/index.html>
20. Садовникова Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. М.: Высш. шк. 2006, 334 с.
21. Юшин В.В., Лапин В.М. и др. Техника и технология защиты окружающей среды. М.: Высш. шк. 2005, 391 с

22. WHO. 2004. Guidelines for drinking-water quality. 3rd edition. Geneva, Switzerland: World Health Organization. February 15, 2005. http://www.who.int/water_sanitation_health
23. COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC. of 3 November 1998. on the quality of water intended for human consumption // Official Journal of the European Communities. L 330/32. <http://eur-lex.europa.eu>
24. DIRECTIVE 2008/50/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe//Official Journal of the European Communities. L 152/1. <http://eur-lex.europa.eu>
25. Air quality guidelines for Europe. www.relint.duesto.es/Tuning Project/index.htm
26. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Report on a WHO Working Group. Bonn, Germany. 13–15 January 2003.
27. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს მიერ 2006 წელს გაწეული მუშაობის ანგარიში. <http://www.moe.gov.ge>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია).
28. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს მიერ 2007 წელს გაწეული მუშაობის ანგარიში. <http://www.moe.gov.ge>.
29. საქართველოს გარემოს დაცვის მოქმედებათა მეორე ეროვნული (ხუთწლიანი) პროგრამა, 2006 წელი. <http://www.moe.gov.ge> (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია).
30. საქართველოს კანონი ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია).
31. საქართველოს კანონი - გარემოსდაცვითი ნებართვების შესახებ. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია).
32. საქართველოს კანონი - მავნე ორგანიზმებისაგან მცენარეთა დაცვის შესახებ. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია).
33. საქართველოს "წითელი ნუსხისა" და "წითელი წიგნის" შესახებ. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია)
34. Бердонос С.С., Сапожников Ю.А. Ионизирующее излучение и окружающая среда // Соросовский образовательный журнал, том 7, №2, 2001. <http://www.issep.rssi.ru>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
35. Мельников Н.Н. Мельникова Г.М. Пестициды в современном мире. // Соросовский образовательный журнал, №6. 1997. С. 56-64. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
36. Будников К. Г. Диоксины и родственные соединения как экотоксиканты // Соросовский образовательный журнал, №6. 1997 . С. 38-44. <http://www.issep.rssi.ru>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
37. Пурмаль А.П. Антропогенная токсикация планеты. часть 1.//Соросовский образовательный журнал, №9. 1998. С. 39-51. <http://www.issep.rssi.ru> (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
38. Пурмаль А.П. Антропогенная токсикация планеты. часть 2.//Соросовский образовательный журнал, №9. 1998. С. 39-51. <http://www.issep.rssi.ru>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
39. Осипова Е.А. Электроаналитические методы и проблема охраны окружающей среды. //Соросовский образовательный журнал, №7. 2001. С. 47-54. <http://www.issep.rssi.ru>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).

40. Зайцев А.К., Похвиснев З.Г. Экология и ресурсосбережение в черной металлургии. // Соросовский образовательный журнал, том 7, №6, 2001. С. 52-58. <http://www.issep.rssi.ru>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
41. Лисичкин Г.В. Экологический кризис и пути его преодоления //Соросовский образовательный журнал, №5. 1998. С. 65-70. <http://www.issep.rssi.ru>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
42. Воронцов Н.Н. Экологические кризисы и история человечества//Соросовский образовательный журнал, №10. 1998. С. 2-10. <http://www.issep.rssi.ru>. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია - pdf-ფორმატის სახით).
43. Environmental Health Criteria 188 . www.let.rug.nl/Tuning Project/index.htm
44. Air quality guidelines for Europe. www.relint.duesto.es/Tuning Project/index.htm
45. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide. Report on a WHO Working Group. Bonn, Germany. 13–15 January 2003. (კათედრაზე არსებობს ელექტრონული ვერსია).