

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი

ბარი გუნია

ეკოლოგიური მონიტორინგი

თბილისი  
2019

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს მიერ რეკომენდებულია, როგორც უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულების სტუდენტთა დამხმარე სასწავლო სახელმძღვანელო

რედაქტორი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის დირექტორი ტექნ. მეცნ. აკად. დოქტორი, პროფესორი თენგიზ ცინცაძე

რეცენზენტები:

ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი, ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბ. სახ. უნივერსიტეტის პროფესორი ზურაბ ხვედელიძე;

საქ. ტექნ. უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის გარემოს დაცვითი ინჟინერიის და ეკოლოგიის დეპარტამენტის უფროსი, ქიმიის მეცნ. აკად. დოქტორი, პროფესორი დიმიტრი ერისთავი.

სახელმძღვანელო “ეკოლოგიური მონიტორინგი” აღნიშნული აკადემიური დისციპლინის დამხმარე სასწავლო სახელმძღვანელოს წარმოადგენს. იგი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში და ამავე უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტზეა მომზადებული, მოცემული დისციპლინის საგანმანათლებლო კომპონენტების გათვალისწინებით.

მასში ბუნებრივ გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგები, ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრის გზები და ეკონომიკური საქმიანობის გარემოსდაცვითი რეგულირების საკითხებია გაშუქებული.

აღნიშნული სახელმძღვანელო ეკოლოგიური მონიტორინგის პრინციპებისა და მეთოდების შესწავლით დაინტერესებულ უმაღლესი საგანმანათლებლო დაწესებულებათა სტუდენტებისა და დოქტორანტებისთვის არის განკუთვნილი. აგრეთვე ის სასარგებლო იქნება ეკოლოგიური მონიტორინგის პრობლემებით დაინტერესებულ პირთა ფართო წრისთვის

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი.....	8
I აკადემიური დისციპლინა - ეკოლოგია .....	11
1.1. “ეკოლოგიის“ კონცეფციის განმარტებები.....	11
1.2. ტერმინი „ეკოლოგია“ .....	13
II ბარემოს შაჰტორები და ორბანიზმებზე მათი ზემოქმედების ზოგადი კანონზომიერება .....	18
2.1. გარემო.....	18
2.2. ბიოტური მიმოქცევა .....	20
2.3. ანთროპოგენური ფაქტორი .....	21
2.4. გარემოს ტიპები .....	22
2.5. ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის სახეები..	24
III ეკოლოგიური მონიტორინგი .....	27
3.1. ეკოლოგიური მონიტორინგის ზოგადი ცნე- ბები .....	27
3.2. ეკოლოგიური მონიტორინგის კლასიფიკაცია.	31
IV ბუნებრივი ბარემოს ხარისხის შეფასება .....	41
4.1. ეკოლოგიური სტანდარტები .....	41
4.2. ძირითადი საკონტროლო პარამეტრები .....	43
4.3. ეკოლოგიური მონიტორინგი და ეკოლოგიუ- რი კონტროლი .....	52
V სამრეწველო საქმიანობის ეკოლოგიური რეზულტირება.....	55
5.1. გარემოში მინარევთა ემისიების ეკოლოგიუ- რი ინვენტარიზაციის საკითხები .....	55
5.1.1. სამრეწველო ემისიების მონაცემთა განზო- გადების საკითხები .....	55
5.1.2. მინარევ ნივთიერებათა ემისიების მონაცემთა განზოგადების პრაქტიკული შედეგები .....	57
5.2. ბუნებრივი გარემოს დამაბინძურებელ ნივთი- ერებათა ნორმირება .....	61
5.3. ეკოლოგიური ატესტაცია და პასპორტიზა- ცია .....	62
5.4. ეკოლოგიური ექსპერტიზა .....	64
5.5. მთიან რეგიონებში ხელოვნური წყალსაცა- ვების აგების ეკოლოგიური და ეკონომიკური ეფექტები .....	68

VI	ეკოლოგიური მონიტორინგის მეტეოროლოგიური ასპექტები .....	77
6.1.	ატმოსფეროს დაბინძურების ეკოლოგიური მინიტორინგის კონცეფცია .....	77
6.2.	გარემოს დაბინძურების ხელისშემწეობი “სა-შიში” მეტეოროლოგიური პირობების ხასიათი და განაწილება .....	80
6.2.1.	ფიონური მოვლენების ზემოქმედების თავისებურებანი კოლხეთის დაბლობის ატმოსფერული ჰაერის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე..	85
6.2.2.	ატმოსფეროს სინოპტიკური პროცესების გავლენა მინარევთა ტრანსსასაზღვრო გადატანის ფორმირებაზე .....	89
6.3.	დაკვირვებათა მონაცემებით ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასების ძირითადი პრინციპები .....	93
6.3.1.	მონიტორინგის მონაცემთა დამუშავების საკითხები .....	95
6.3.2.	მონაცემთა რიგის საიმედოობის სტატისტიკური შეფასების საკითხები .....	98
6.3.3.	საინფორმაციო მასალის არაერთგვაროვნების გამორიცხვის ხერხი .....	101
6.4.	მინარევთა სივრცულ-დროითი განაწილების შეფასების პრაქტიკული საკითხები .....	103
6.4.1.	მსხვილ ქალაქებში ატმოსფეროს მინარევთა სივრცულ-დროითი განაწილების თავისებურებანი .....	103
6.4.2.	ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვებში ტყვიისა და ნახშირჟანგის კონცენტრაციების განაწილების თავისებურებანი .....	108
6.5.	ეკოლოგიური პროგნოზი და პროგნოზირება..	110
6.5.1.	ბუნებრივი პროცესების მოდელირება ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრის საქმეში.....	115
6.6.	მთიანი რეგიონის ეკო-მეტეოროლოგიური ასპექტები .....	120
6.6.1.	ატმოსფეროს დაბინძურების პროგნოზი მთიანი რეგიონის ანთროპოგენური ზემოქმედების რაიონებში .....	124

VII	მეტალური მინარევებით გარემოს დაბინძურების მმქნანიზმისა და ხარისხის ეკოლოგიური მონიტორინგი .....	130
7.1.	დედამიწის ქვეფენილ ზედაპირზე მოსული მინარევების შეფასების მეთოდი .....	130
7.2.	ნიადაგის ფენებში მეტალური მიკრომინარევების ვერტიკალური მიგრაცია .....	137
7.3.	მძიმე მეტალების მინარევები ადამიანის ორგანიზმში .....	139
VIII	ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის მონიტორინგის საკითხები .....	144
8.1.	ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობა-გარემოს დაბინძურების ინდიკატორი...	144
8.1.1.	ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის მონიტორინგი .....	148
8.2.	ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის მონაცემთა საიმედობის შეფასების საკითხები .....	149
8.3.	ნალექებში შემავალი მინერალურ ნივთიერებათა წყაროს განსაზღვრის პრინციპები.....	151
IX	ატმოსფეროს გამტვრიანების ეკოლოგიური მონიტორინგი .....	154
9.1.	ატმოსფერული მტვერი და მისი თავისებურებანი .....	154
9.2.	მტვრის მინარევთა წყაროები და ატმოსფეროს დაბინძურებაში მათი წვლილის შეფასებები .....	161
9.3.	ატმოსფეროს გამტვრიანების მონიტორინგის მონაცემთა ბაზის შეგროვების საკითხები .....	168
9.3.1.	მტვრის მინარევების დისპერსიული განაწილებისა და რიცხვითი კონცენტრაციის მონიტორინგი .....	168
9.3.2.	ბუნებრივ გარემოში აეროზოლურ ნაწილაკთა განაწილების მახასიათებლების მონიტორინგი .....	172
9.3.3.	ატმოსფეროს გამტვრიანების კონტროლის მეთოდები .....	176

9.3.4.	ატმოსფეროს გამტვრიანების კონტროლის ექსპრესმეთოდების მოქმედების პრინციპები .....	178
9.3.5.	მეტალური მიკრომინარეგების განსაზღვრის ემისიური სპექტრო-ფოტომეტრიული და ატომურ-აბსორბციული მეთოდები .....	182
9.4.	კაგკასიის რეგიონებში დედამიწის ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული მტვრის მიკროელემენტური შედგენილობა .....	185
X	<b>გლობალური ეკოლოგიური მონიტორინგის ასპექტები .....</b>	<b>189</b>
10.1.	გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე ატმოსფეროს დაბინძურების ეფექტების თავისებურებანი .....	189
10.2.	ატმოსფეროს გლობალური გამტვრიანების შეფასების ძირითადი მეთოდები .....	191
10.3.	გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე სათბურის აირების ზემოქმედების საკითხები .....	194
10.4.	ოზონის ხერედი .....	197
10.5.	ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის შემცველობის მონიტორინგი .....	200
10.6.	გლობალური და რეგიონალური კლიმატის ცვლილების ეკოლოგიური მონიტორინგის კონცეფტუალური საკითხები .....	204
XI	<b>საქართველოს ბარემოსდაცვითი კანონების არსობრივი საკითხების ამონარიდი .....</b>	<b>215</b>
11.1.	გარემოს დაცვის სახელმწიფო პოლიტიკა ....	215
11.2.	საკანონმდებლო და ნორმატიული აქტები.....	216
11.2.1.	„წყლის შესახებ“ საქართველოს კანონი .....	219
11.2.2.	„ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონი .....	222
11.2.3.	“ნიადაგის დაცვის შესახებ” საქართველოს კანონი .....	226
11.2.4.	„ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ საქართველოს კანონი .....	230
11.2.5.	სტრატეგიული გარემოსდაცვითი შეფასება....	213
11.2.6.	ზოგიერთი გარემოსდაცვითი სტანდარტები....	233
11.3.	ჰაერის ხარისხი და ჯანმრთელობა .....	240
	ბამოყენებული ლიტერატურა.....	244

## შესავალი

მე XX-ს მეორე ნახევრიდან მსოფლიოში აქტიურად დაიწყო მსჯელობა გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ნეგატიურ შედეგებზე და უკვე 1972 წელს გაეროს სტოკჰოლმის კონფერენციაზე ბუნებრივი გარემოს შესახებ მიღებული იქნა ორი ძირითადი დოკუმენტი - *პრინციპების დეკლარაცია* და *ღონისძიებების გეგმა*, რომლებმაც გადამწყვეტი როლი ითამაშეს სახელმწიფოთა ეკოლოგიურ პოლიტიკაში და ამ სფეროში საერთაშორისო თანამშრომლობის გააქტიურებაში. *დეკლარაცია* 20-ზე მეტ პრინციპს შეიცავს, რომლებშიც ფორმულირებულია მსოფლიო საზოგადოების დამოკიდებულება ბუნებრივი გარემოს პრობლემის მიმართ.

*ღონისძიებების გეგმა* კი, 100-ზე მეტ პუნქტს შეიცავს, რომლებიც ბუნებრივი გარემოს დაცვის ორგანიზაციული, ეკონომიკური და პოლიტიკური საკითხების გადაწყვეტას და სახელმწიფოებისა და საერთაშორისო ორგანიზაციების ურთიერთობების საშუალებებს ითვალისწინებენ.

მსოფლიო საზოგადოების მიერ ეკოლოგიური კატასტროფის აცილებისა და მდგრადი განვითარების მიღწევის პრობლემები, თავისი გრანდიოზულობით აჭარბებენ ყველა პრობლემებს, რომლებსაც თავის განვითარების პროცესში შეხვედრილა კაცობრობა.

თანამედროვე განათლების ძირითად ამოცანას ეკოლოგიური აზროვნების ჩამოყალიბება წარმოადგენს. სწორედ განათლება, რომელიც ემყარება კულტურას, ახდენს ადამიანის სულიერების და ზნეობის საფუძვლების ფორმირებას.

განათლებულ ადამიანს შეუძლია ჩადენილის არსის გაგება, შეაფასოს შედეგები, არახელსაყრელ სიტუაციებიდან გამოსავალ ღონისძიებათა ვარიანტების შერჩევა და თავისი მოსაზრების შემოთავაზება.

სასწავლებლებში ეკოლოგიის საგნის სწავლების ძირითად მიზანს წარმოადგენს:

- ეკოლოგიურად განათლებული პიროვნების აღზრდა;
- სპეციალისტის ჩამოყალიბება, რომელსაც თავისი ქმედებების ბუნების კანონებთან შესატყვისობაში მოყვანა შეეძლება;



- ემსახუროს სიკეთეს და შემოქმედებას და არა ბოროტებასა და ნგრევას.

მოცემული სასწავლო დისციპლინა მოწოდებულია დაეხმაროს ყველას, ვინც მიისწრაფის განათლებისკენ და კულტურული ქცევებისკენ, გაერკვეს კაცობრიობის თანამედროვე ეკოლოგიურ პრობლემებში.

ზემოაღნიშნული მოსაზრებები კარგად ესადაგებიან 1977 წელს თბილისში გაეროს ეგიდით გამართულ სამთავრობათაშორისო კონფერენციაზე გარემოსდაცვითი განათლების შესახებ მომზადებულ დეკლარაციას, რომელშიც პირველად იქნა ჩამოყალიბებული გარემოსდაცვითი განათლების სისტემების სტრუქტურა როგორც ადგილობრივ, ასევე ეროვნულ და საერთაშორისო დონეებზე.

გარდა ამისა, განისაზღვრა გარემოსდაცვითი განათლება, როგორც სასწავლო პროცესი, რომელიც იწვევს ადამიანის ცოდნის ამადლებას გარემოს თანამედროვე პრობლემების გადაწყვეტასთან მიმართებით.

ამ პრობლემასთან დაკავშირებით 2012 წელს თბილისში, საქართველოს მთავრობის, გაეროს განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციისა (UNESCO) და გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამის (UNEP) პარტნიორობით, გაიმართა მორიგი მთავრობათაშორისი კონფერენცია „თბილისი + 35 - გარემოს დაცვითი განათლება მდგრადი განვითარებისათვის“.

კონფერენციის მიერ მიღებული იქნა დეკლარაცია, რომელშიც აღიარებულია მსოფლიოში მდგრადი ეკონომიკური განვითარების მისაღწევად, გარემოსდაცვითი განათლების მიმართ გაეროსა და სახელმწიფოთა ზმთავრობების მხარდაჭერის აუცილებლობა და კიდევ ერთხელ მოუწოდეს ქვეყნებს: ამისათვის მეტი ძალისხმევა მოახმარონ გარემოსდაცვით განათლებას.

მსოფლიოში სიღრმისეულად არის გაგებული ამ ორი პროცესის ურთიერთმიმართება და აღიარებენ გარემოსდაცვითი განათლების არსებით მნიშვნელობას.

ამჟამად ყველა ადამიანმა უნდა გააცნობიეროს თავისი ადგილი და როლი ბუნებრივ გარემოში, განსაზღვროს ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების მიდგომები. პირველ რიგში ეს ეხება იმ ადამიანებს, რომლებსაც ახ-

აღ ათასწლეულში ენერგეტიკისა და ეკონომიკური განვითარების პროგრამების განსაზღვრა მოუწევთ.

დადგენილია, რომ ატმოსფერო, ნიადაგი და ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები ბუნებრივ გარემოში ნივთიერებათა მიმოქცევის მთავარ მაგისტრალს წარმოადგენენ, ხოლო მანვე ნივთიერებათა გადატანას გარემოში ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესები განაპირობებენ. აქედან გამომდინარე, გარემოს ეკოლოგიური მონიტორინგი, პროგნოზი და მართვა ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების კანონზომიერების გათვალისწინებით ხორციელდება.

ამრიგად, როგორც ირკვევა, ზემოაღნიშნული საკითხების, მათ შორის: ბუნებრივ გარემოში მანვე მინარევთა გადატანა, ამ პროცესების მონიტორინგი, პროგნოზი, მართვა და, აგრეთვე, ადეკვატური განათლების საჭირო მოცულობით მიღების წარმატებით გადაჭრა წარმოუდგენელია *ეკოლოგიური მონიტორინგის ზოგადი საკითხების* ცოდნის გარეშე.

წინამდებარე ნაშრომი, როგორც სახელმძღვანელო, განკუთვნილია ნებისმიერი სპეციალობის სტუდენტისა და დოქტორანტისათვის, რომლის განათლება დაკავშირებულია ეკოლოგიის სხვადასხვა მიმართულების საკითხებთან.

იგი, აგრეთვე, სასარგებლო იქნება გარემოსდაცვითი და გარემოს რაციონალური გამოყენების საქმიანობით დაკავებულ სპეციალისტებისათვისაც.

# I. აკადემიური დისციპლინა - ეკოლოგია

## 1.1. "ეკოლოგიის" კონცეფციის განმარტებები

უკანასკნელ პერიოდში უმაღლეს სასწავლებლებში რიგი აკადემიური დისციპლინა გვხვდება, როგორცაა, მაგალითად, „ქიმიური ეკოლოგია“, „საინჟინრო ეკოლოგია“, „სამშენებლო ეკოლოგია“ და ა.შ. ამ ახალი დისციპლინების შინაარსის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ, ხშირად, ისინი მხოლოდ გარემოსდაცვისა და ბუნებათსარგებლობის ცალკეულ ასპექტებს განიხილავენ, ხოლო შინაარსი კი, ეკოლოგიის კუთვნილების შესახებ მსჯელობის საშუალებას არ იძლევა. გარდა ამისა, ნებისმიერი ტერმინოლოგიური ჩანაცვლება საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთქმედების ყველაზე რთული პროცესის შესწავლაში ქაოსს წარმოქმნის. აქედან გამომდინარე, საჭიროა, რომ ტერმინის „ეკოლოგია“ და მი-სი წარმოებულების გამოყენებას უფრო მკაცრად მიუუღგეთ წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩნდება ჩვეულებრივი ტერმინოლოგიური ჩანაცვლება, რომელიც, ზოგადად, ხელს უშლის ეკოლოგიური განათლების ფორმირებას. ამიტომ ტერმინის "ეკოლოგია" და მისი დერივატების არაკორექტული ხმარება დაუშვებელია.

"ეკოლოგიის" კონცეფციის მრავალრიცხოვანი განმარტებების შეჯამების შედეგად, შეიძლება მისი ოთხი ინტერპრეტაცია იქნეს განსაზღვრული:

*ეკოლოგია* - ერთ-ერთი ბიოლოგიური მეცნიერებაა, რომელიც ორგანიზმებისა და გარემოს ურთიერთობებს იკვლევს;

*ეკოლოგია* - კომპლექსური მეტამეცნიერებაა, რომელიც ბუნებრივი გარემოსა და საზოგადოების ურთიერთობის შესახებ სოციალურ მეცნიერებათა ყველა საბუნებისმეტყველო - ისტორიული ცოდნისა და დასკვნების სინთეზირებას ახდენს;

*ეკოლოგია* - ორგანიზმების, ბიოლოგიური სისტემებისა (ორგანიზმები და მათი ერთობლიობა, ადამიანი და მოსახლეობა) და გარემოს ურთიერთობის პრობლემების კვლევის სადმი განსაკუთრებული ზოგადსამეცნიერო მიდგომაა;

*ეკოლოგია* - ადამიანისა და ბუნების ურთიერთკავშირების მეცნიერული და პრაქტიკული პრობლემების ერთობლი-

ობაა.

ეკოლოგიური კვლევების პირველი მიმართულება განიხილება, როგორც კლასიკური და საყოველთაოდ აღიარებული. დანარჩენი სამი კი, რომლებიც ბოლო ათწლეულებში ეკოლოგიური კვლევების სპექტრის გაფართოების საპასუხოდ შეიძლება ჩაითვალოს, ყველა ეკოლოგების მიერ ფართოდ აღიარებული არ არის.

საზოგადოებისა და ბუნებრივი გარემოს ურთიერთობის პრობლემებით დაკავებულ მრავალ მკვლევართა აზრით, ეკოლოგია იყო და რჩება ბიოლოგიურ მეცნიერებად. ხოლო ერთ-ერთი, ფართოდ აღიარებული, კონცეფციის თანახმად, ეკოლოგია - გარემომცველ სამყაროში ცოცხალი ორგანიზმის არსებობის, ორგანიზმების "სახლის", ორგანიზმების, როგორც ერთმანეთთან, ისე გარემოსთან ურთიერთკავშირის შემსწავლელი მეცნიერებაა.

ამჟამად, „ადამიანი - ბუნება - საზოგადოება“ სისტემაში გაჩენილმა წინააღმდეგობების ესკალაციამ გარემოსდაცვითი განათლების განვითარების ახალი სტრატეგიული გზების მოძიება განაპირობა.

გარემოს დაბინძურებისა და მისი რღვევის შედეგად, კაცობრიობა და ეკონომიკა ბუნებრივი რესურსების გამოლევას უწყობს ხელს. ამ პროცესების უმრავლესობა დიდი სიჩქარით ვითარდება. პირველადი პროდუქციის მოხმარების უკონტროლო ზრდა საზოგადოების ენერგეტიკული სიმძლავრის მატებას იწვევს, რაც გეოსფეროზე ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს. აქედან გამომდინარე, გარემოს ანთროპოგენური დესტაბილიზაციის ინტეგრალურ მახასიათებლად, დედამიწის ზედაპირის ერთეულ ფართობზე მოსული ენერგეტიკული სიმძლავრის სიდიდე შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

ამისათვის, ერთეულ ფართობზე მოსული ენერგეტიკული სიმძლავრის სიდიდეების -  $W_r$  შეფარდებით მათ საშუალო გლობალურ მნიშვნელობასთან -  $W_g$ , საკვლევ რეგიონების ანთროპოგენური დატვირთვის დამახასიათებელი კოეფიციენტების -  $A$  მნიშვნელობებს მივიღებთ.

ზემოაღნიშნულის მათემატიკური გამოსახულება მოცემულია ფორმულა (1.1) სახით:

$$A = W_r/W_g \quad , \quad (1.1)$$

ამ ფორმულის დახმარებით გაანგარიშებული, ანთროპოგენური დატვირთვის კოეფიციენტების სიდიდეებით, რეგიონებისა და ქვეყნების რანჟირება არის შესაძლებელი.

ცხრილი 1.1. ანთროპოგენური დატვირთვის კოეფიციენტები და შენარჩუნებული ბუნებრივი ტერიტორიები

ქვეყანა	ანთროპოგენური დატვირთვის კოეფიციენტები, A	შენარჩუნებული ბუნებრივი ტერიტორიები, %
ნიდერლანდები	42	0
გერმანია	19	0
იაპონია	16	0
აშშ	3,4	4
კორეის რესპ.	4	0
ინდოეთი	1	1
ჩინეთი	1,1	20
მექსიკა	1,2	2
რუს.ფედერაცია	0,7	45
მთელი დედამიწა	1	39

ცხრ.1.1-ში ფორმულა (1.1) დახმარებით გაანგარიშებული საძიებელი პარამეტრების მნიშვნელობებია მოტანილი.

როგორც განსახილველი ცხრილიდან ირკვევა, თანამედროვე მსოფლიოში არცთუ ისე სახარბიელო ეკოლოგიური მდგომარეობაა. მაგალითად, მოცემული ცხრილის ბოლო სტრიქონიდან ჩანს, რომ დედამიწაზე ბუნებრივ მდგომარეობაში შენარჩუნებული ტერიტორიები მისი მთელი ტერიტორიის, დაახლოებით, მხოლოდ, 40% -ს შეადგენენ, რაც ეკოლოგიური საკითხების წინა პლანზე წამოწევის აუცილებლობაზე მეტყველებს.

## 12. ტერმინი „ეკოლოგია“

ტერმინი „ეკოლოგია“ - მეცნიერების ახალი მიმართულებებისთვის პირველად გერმანელი ზოოლოგი - მეცნიერის ერნსტ ჰეკელის (Ernst Heinrich Philipp August Haeckel; 1834 - 1919) მიერ 1866 წელს, თავის წიგნში „ორგანიზმების ზოგადი მორფოლოგია“, იქნა შემოტანილი.

იგი ეკოლოგიას ბიოლოგიისა და ბიოლოგიური ორგანიზმების სიცოცხლის ყოველმხრივი შესწავლით დაინტერესებულ საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებს მიაკუთვნებდა.

შემდგომში ამ ტერმინმა საყოველთაო აღიარება მოიპოვა. მე-XX ს. დასაწყისში ჰიდრობიოლოგებს, ფიტოცენოლოგებს, ბოტანიკოსებისა და ზოოლოგების ეკოლოგიური სკოლები ჩამოყალიბდა, სადაც, თითოეულ მათგანში, ეკოლოგიური მეცნიერების გარკვეული მხარეები ვითარდებოდა.

მე-XX ს. მეორე ნახევრიდან მოყოლებული ეკოლოგიის საკითხებს მიექდუნა მრავალი მეცნიერის შრომა, მათ შორის: ვასილ გულისაშვილი (მცენარეთა ეკოლოგია, 1960), გარი გუნია (ატმოსფეროს ეკოლოგიური მონიტორინგის მეტეოროლოგიური ასპექტები, 2005), იუჯინ ოდუმი (ეკოლოგიის საფუძვლები, 1953), მიხეილ ბუდიკო (გლობალური ეკოლოგია, 1977), იური იზრაელი (ეკოლოგია და ბუნებრივი გარემოს კონტროლი, 1979) და სხ.

*ეკოლოგიის* - მეცნიერების, რომელიც თავისი გამოჩენით უნდა უმაღლოდეს სხვადასხვა სამეცნიერო დისციპლინებს და ფლობს კვლევის საკუთარ მეთოდებს – დაარსება და განვითარება ემთხვევა მე XX ს. იმ პერიოდს, როდესაც ცალკეული მეცნიერებათა შერწყმის შედეგად - ფიზიკისა და ქიმიის, ქიმიისა და ბიოლოგიის - აღინიშნა ცოდნის ახალი მიმართულებათა ჩამოყალიბება.

მე-XX ს. ბოლოს ხდება მეცნიერების „*ეკოლოგიზაცია*“: ეს გამოწვეულია ეკოლოგიური ცოდნის დიდი როლის გაზრდით, იმის გაცნობიერებით, რომ ადამიანის საქმიანობა, ხშირ შემთხვევაში, ბუნებრივ გარემოს არა მარტო, უბრალოდ, აზიანებს, არამედ ზემოქმედებს მასზე ნეგატიურად და ადამიანთა ცხოვრების პირობების შეცვლით, თვითონ კაცობრიობის არსებობას უქმნის საფრთხეს.

სასწავლო საგნების მიხედვით ეკოლოგიას ყოფენ:

- მიკროორგანიზმების ეკოლოგიაზე (პროკარიოტები), სოკოების, მცენარეების, ცხოველთა, ადამიანის, სასოფლო სამეურნეო, სამრეწველო (საინჟინრო), ზოგად ეკოლოგიაზე.

ეკოლოგიაში გამოიყენება კვლევის მეთოდები და ცნებები, რომლებს სხვა მეცნიერებებშიც (ბიოლოგიაში, მათემატიკაში, ფიზიკაში, ქიმიაში და ა.შ.) მოიხმარენ.

ეკოლოგიური კვლევების ძირითადი მეთოდებია:

- საველე და ექსპერიმენტული კვლევები ეკოსისტემური მიდგომების გამოყენებით.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება ეკოლოგიის, როგორც მეცნიერების - მისი შინაარსის, საგნისა და ამოცანების განმარტების მიცემა:

ეკოლოგია - არის მეცნიერება, რომელიც ორგანიზმების სასიცოცხლო მოქმედებების კანონზომიერებას იკვლევს (მის ნებისმიერ გამოხატვაში, ინტეგრაციის ყველა დონეზე) მათი ბუნებრივი ბინადრობის არეში, ანთროპოგენური საქმიანობით გარემოში შემოტანილი ცვლილებების გათვალისწინებით.

სიტყვა „ეკოლოგია“ წარმოიქმნა ორი ბერძნული სიტყვისაგან: *oikos*- სახლი, საცხოვრებელი ადგილი, ადგილსამყოფელი და *logos* - სიტყვა, სწავლება, მოძღვრება;

პირდაპირი მნიშვნელობით ეკოლოგია არის მეცნიერება ადგილსამყოფელის შესახებ.

ეპიკელი ეკოლოგიას განსაზღვრავდა, როგორც „ზოგად მეცნიერებას გარემოსა და ორგანიზმებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების შესახებ“.

ეპიკელის თანახმად, ეკოლოგია, თავისთავად, წარმოადგენს მეცნიერებას ცოცხალი ორგანიზმების „საშინაო ცხოვრების წესის“ შესახებ და მოწოდებულია გამოიკვლიოს ყველა ის დახურული ურთიერთობები, რომელთაც ჩარღზ დარვინი, პირობითად, არსებობისთვის ბრძოლას უწოდებდა.

განვითარების პროცესში ეს მეცნიერება ცოცხალი ორგანიზმებისა და მათი პოპულაციის კვლევის ბიოლოგიური მოძღვრებად გარდაიქმნა. ისინი ურთიერთობენ ერთმანეთთან და თავის გარემოსთან ქმნიან გარკვეულ ერთობას, რომლის ფარგლებში ენერჯისა და ორგანული ნივთიერებათა გარდაქმნა მიმდინარეობს.

ეკოლოგიის კვლევის ობიექტების სფეროში ადამიანის, როგორც ბიოლოგიური სახეობის ჩართვამ, თავისი „ბუნებათდამპყრობლური“ მოქმედებით და ეკოლოგიური კრიზისის გლობალური საფრთხის წარმოქმნით, უკანასკნელ ათწლეულებში ეკოლოგიის ცნების საზღვრების გაფართოება გამო-

იწვია. ბუნებრივ გარემოსთან ადამიანის ურთიერთობის მთელი კომპლექსი ეკოლოგიად იქნა წოდებული.

ბუნებრივი გარემოს პრობლემების გამწვავებამ მიგვიყვანა ეკოლოგიის შეღწევასთან მეცნიერებისა და პრაქტიკის სხვადასხვა დარგში, ანუ თეორიული და პრაქტიკული საქმიანობის ეკოლოგიზაცია განაპირობა. ამან კი, ეკოლოგიის გამოყენებითი დარგების წარმოქმნა გამოიწვია:

- სამრეწველო ეკოლოგიის;
- ეკოლოგიური მონიტორინგის;
- აგრო ეკოლოგიის;
- სოციალური ეკოლოგიის (ადამიანის ეკოლოგიის);
- ქალაქის ეკოლოგიის და სხ.

ამრიგად, ბიოლოგიური დისციპლინის, დასაწყისში, ვიწრო და კერძო იდეებმა და კომპეტენციებმა გარემოს პრობლემების ფართო სპექტრი მოიცვა.

ჯერ კიდევ 1963 წელს ცნობილმა ამერიკელმა ეკოლოგმა იუჯინ ოდუმმა (Eugene Pleasants Odum; 1913-2002) ეკოლოგიას უწოდა - მეცნიერება მთლიანობაში ბუნების სტრუქტურასა და ფუნქციების შესახებ. ხოლო თავის ნაშრომში „ეკოლოგია“ (1986), იგი განიხილება, როგორც „ინტერდისციპლინარული ცოდნის არე მრავალდონიანი სისტემების აგებულებასა და ფუნქციონირების შესახებ, ბუნებასა და საზოგადოებაში მათ ურთიერთკავშირში“.

ეს ძალიან ფართო განმარტებაა, მაგრამ იგი სხვებზე უფრო შეესაბამება ეკოლოგიის თანამედროვე გაგებას.

ლექსიკონებში ეკოლოგია უკვე განმარტება, როგორც „მეცნიერება ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთობის ზოგადი კანონზომიერებების შესახებ; საზოგადოების მოღვაწეობის სპეციალური სფერო, რომელიც გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური მოხმარებისკენ არის მიმართული“.

ამრიგად, შეხედულება ეკოლოგიაზე, როგორც მხოლოდ ბუნებათმცოდნეობის სფეროზე შეიცვალა, თუმცა პარალელურად არსებობს „ჰეკელიანური“ კლასიკური ეკოლოგიის ცნება - მეცნიერების ცოცხალი ორგანიზმების ადგილსამყოფელის შესახებ.



ჩვენთვის კი, საინტერესოა ეკოლოგია მის თანამედროვე განმარტებაში, როგორც საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთობის პრობლემებთან ზოგადსამეცნიერო მიდგომა.

სწორედ ასეთ ინტერპრეტაციაში ის არის რაციონალური ბუნებათსარგებლობის თეორიული საფუძველი და სახელმწიფოს ეკოლოგიური სტრატეგიის დამუშავებაში და კაცობრიობის მდგრადი განვითარების უზრუნველყოფაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს.

*ეკოლოგიის როლია* - ეკოლოგიური პრობლემების უცოდინარობისა ან უგულვებლყოფის საფრთხის გაცნობიერებაში დახმარება და ბუნებრივი ოჯახების შესწავლის პროცესში, ჩვენი პლანეტის აწმყოსა და მომავლისათვის მათი შენარჩუნების გზების მოძიება.

## II. ბარემოს ფაქტორები და ორგანიზმებზე მათი ზემოქმედების ზოგადი კანონზომიერება

### 2.1. გარემო

კოსმოსური ხომალდი – დედამიწა მზის სისტემის პლანეტებს შორის უნიკალურია.

თხელ ფენაში, სადაც ერთმანეთს ხვდებიან და ურთიერთობენ ჰაერი, წყალი და მიწა, ბინადრობენ საოცარი ობიექტები - ცოცხალი არსებები, რომელთა შორის ჩვენც ვიმყოფებით.

ბუნებრივი გარემო - დედამიწის გარემოს შემადგენელი ნაწილია, რომელიც მოიცავს ბუნებრივად და ხელოვნურად წარმოქმნილ ელემენტებს, მათ შორის ბიოსფეროს.

თანამედროვე შეხედულებების მიხედვით, ბიოსფერო - დედამიწის თავისებურ გარსს წარმოადგენს, რომელიც შეიცავს ცოცხალი ორგანიზმების მთელ ერთობლიობას და პლანეტის ნივთიერებათა იმ ნაწილს, რომელიც ამ ორგანიზმებთან უწყვეტ ურთიერთგაცვლის პროცესში იმყოფება.

ფიზიკურ - ბუნებრივი პირობების მიხედვით ბიოსფეროს დაყოფა სამ გარემოთ არის შესაძლებელი: ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და ლითოსფერო. ამასთან, ბიოსფეროს საზღვრები განპირობებულია, უპირველეს ყოვლისა, სიცოცხლის არსებობის ველით.

ცნებაში „გარემო“ იგულისხმება ბუნებრივი და ხელოვნური ბიოლოგიური, ფიზიკური, ქიმიური და სოციალური ფაქტორების ერთობლიობა, რომელსაც ბიოსფეროს აბიოტურ და ბიოტურ კომპონენტებზე და ადამიანზე პირდაპირი ან არაპირდაპირი გავლენის მოხდენა შეუძლია.

1. *ფიზიკური განმარტება*: განსახილველი ობიექტის გარემომცველ ნივთიერებას და სივრცეს „გარემო“-ს უწოდებენ;
2. *ეკოლოგიური განმარტება*: გარემო არის ბუნებრივი სხეულები და მოვლენები, რომლებთან ორგანიზმი პირდაპირ ან ირიბ ურთიერთობებში იმყოფება;
3. *სოციალურ-ეკოლოგიური განმარტება*: გარემო არის ფიზიკურის (ბუნებრივის), ბუნებრივ - ანთროპოგენურის (კულტურული ლანდშაფტების, დასახლებული ადგილების) და ადამიანის ცხოვრების სოციალური ფაქტორების ერთობლიობა.

ზოგადად *გარემო* - ცოცხალი ორგანიზმების გარსმომცველი და მათზე პირდაპირი ან ირიბი ზემოქმედების განმხორციელებელი ბუნების ნაწილია.

ორგანიზმები სასიცოცხლოდ ყველაფერ აუცილებელს გარემოდანღებულობენ და ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტებს მასშივე გამოყოფენ.

ყოველი ორგანიზმის გარემო, მრავალი, ადამიანის მიერ მისი სამრეწველო საქმიანობის შედეგად შემოტანილი, არაორგანული და ორგანული ბუნებისა და ელემენტების ნაწილებისგან შედგება.

გარემოს ცალკეულ თვისებებს ან მის ელემენტებს, ფაქტორები ეწოდება, ხოლო გარემოს ფაქტორებს, რომლებიც მოქმედებენ ცოცხალ ორგანიზმებზე, ეკოლოგიური ფაქტორები ეწოდება.

ეკოლოგიური ფაქტორების მრავალფეროვნება ორ დიდ ჯგუფად - აბიოტურ და ბიოტურზე დაიყოფა (ცხრ.2.1).

ცხრილი 2.1 ეკოლოგიური ფაქტორების კლასიფიკაცია

ეკოლოგიური ფაქტორები	
აბიოტური	ბიოტური
სინათლე, ტემპერატურა, სინოტივე, ქარი, ჰაერი, წნევა, დინება, დღის ხანგრძლივობა და სხ.	მცენარეთა გავლენა ბიოცენოზის სხვა წევრებზე
ნიადაგის მექანიკური შემადგენლობა, მისი შეღწევადობა, გატენიანება	ცხოველთა გავლენა ბიოცენოზის სხვა წევრებზე
ნიადაგში ან წყალში საკვები ელემენტების შემცველობა, გაზობრივი შემადგენლობა, წყლის სიმლაშე	ადამიანის საქმიანობის შედეგად წარმოქმნილი, ანთროპოგენური ფაქტორები

*აბიოტური ფაქტორები* - ორგანიზმზე გავლენის მქონე, არაცოცხალი ბუნების ყველა კომპონენტი. ისინი იყოფიან კლიმატურ, ნიადაგურ (ედაფიკურ), ტოპოგრაფიულ და სხვა ფიზიკურ ფაქტორებზე, მათ შორის, ელექტრომაგნიტური მოვლენები, ზღვის დინებები, ცეცხლი, ანთროპოგენური წარმოშობის მეტალური მინარევეები და ა.შ.

*ბიოტური ფაქტორები* - ურთიერთობები პოპულაციის ინდივიდებს შორის (კონკურენცია, სიმბიოზი, პარაზიტული,

მტაცებლობა), ანთროპოგენური ფაქტორები (ადამიანის ზეგავლენა ბუნებაზე).

აბიოტური ფაქტორებისაგან განსხვავებით, ბიოტური ფაქტორები - გარკვეულ ორგანიზმთა ცხოველმოქმედების პროცესში სხვა ორგანიზმებზე გავლენათა ერთობლიობას წარმოადგენს. მათ რიცხვში გამოყოფენ: - ცხოველური ორგანიზმების გავლენას (ზოოგენური ფაქტორები), მცენარეული ორგანიზმების გავლენას (ფიტოგენური ფაქტორები), ადამიანის გავლენას (ანთროპოგენური ფაქტორები).

## 2.2. ბიოტური მიმოქცევა

ბიოტური მიმოქცევის ქვეშ ნიადაგის, მცენარეების, ცხოველებისა და მიკროორგანიზმთა შორის ნივთიერებათა ცირკულაცია იგულისხმება. უფრო ზუსტად კი, ბიოტური მიმოქცევა არის: ნიადაგიდან, წყლიდან და ატმოსფეროდან ცოცხალ ორგანიზმებში ქიმიური ელემენტების შემოსვლა, შემოსული ელემენტების გარდაქმნა ახალ რთულ შენაერთებში და ამ უკანასკნელთა დაბრუნება უკან ცხოველმოქმედების პროცესში, ორგანული ნივთიერებათა ნაწილის ყოველწლიური დანაკარგისა ან ეკოსისტემის შემადგენლობაში შემავალი ორგანიზმების მთლიანად მკვდარი ნაწილის თანხლებით.

თითოეული გარემოს ფაქტორი ხასიათდება გარკვეული რაოდენობრივი მაჩვენებლებით, როგორცაა, მაგალითად, ძალა და მოქმედების დიაპაზონი.

ეკოლოგიური ფაქტორები, საერთოდ, მოქმედებენ კომპლექსურად და არა ცალ-ცალკე. გარემოს კომპლექსურ მოქმედებაში ცალკეული ფაქტორები, ორგანიზმებზე თავისი ზემოქმედების მიხედვით, არათანაბარი ზომის არიან. მათი დაყოფა შესაძლებელია წამყვანზე (მთავარი) და ფონურზე (თანხლები, მეორეხარისხოვანი).

წამყვანი ფაქტორები განსხვავდებიან სხვადასხვა ორგანიზმებისათვის, მიუხედავად იმისა, ისინი გარემოს ერთ არეალში ცხოვრობენ თუ არა. ამასთან, წამყვანი ფაქტორის როლში, ორგანიზმის სიცოცხლის სხვადასხვა ეტაპზე შეიძლება ხან ერთი, ხან მეორე ბუნების ელემენტი გამოდიოდეს, რომელიც, შესაძლებელია, წლის სხვადასხვა პერიოდში იცვლებოდეს.

სხვადასხვა ფიზიკო-გეოგრაფიულ პირობებში არსებულ, ერთი და იგივე სახეობის ორგანიზმებს, შეიძლება განსხვავებული წამყვანი ფაქტორი ახასიათებდეთ.

ამა თუ იმ დიაპაზონის გარემოს ფაქტორებთან სახეობათა ადაპტირების უნარი აღინიშნება ცნებით - სახეობის „ეკოლოგიური პლასტიურობა“ (ეკოლოგიური ვალენტობა).

რით უფრო ფართოა ეკოლოგიური ფაქტორის მერყეობის დიაპაზონი, რომლის საზღვრებში მოცემულ სახეობას შეუძლია არსებობა, მით მეტია მისი ეკოლოგიური პლასტიურობა.

### 2.3. ანთროპოგენური ფაქტორი

ადამიანის ქმედება, როგორც ბუნებრივ გარემოში ეკოლოგიური ფაქტორისა, უზარმაზარი და მრავალფეროვანია.

მიუხედავად იმისა, რომ ეს ბუნებაზე მოქმედი ყველაზე ახალგაზრდა ფაქტორია, ამჟამად არც ერთი ეკოლოგიური ფაქტორი არ ახორციელებს ისეთ მნიშვნელოვან და საყოველთაო, პლანეტარულ გავლენას, როგორც ადამიანი.

ანთროპოგენური ფაქტორის გავლენა, დაწყებული მონადირე - მეთევზეთა და შემგროვებელთა ეპოქიდან, როდესაც ის უმნიშვნელოდ განიჩქოდა ცხოველთა გავლენებიდან, ჩვენ დრომდე – სამეცნიერო - ტექნიკური პროგრესისა და დემოგრაფიული აფეთქების ეპოქისა - თანდათანობით ძლიერდებოდა.

დედამიწის ცხოველთა სამყაროზე და მცენარეულ საფარზე ადამიანს პირდაპირი და არაპირდაპირი გავლენის მოხდენა შეუძლია.

თავისი საქმიანობის პროცესში ადამიანმა დიდი რაოდენობის ცხოველთა და მცენარეთა მრავალფეროვანი სახეობა შექმნა და არსებითად გარდაქმნა ბუნებრივი კომპლექსები. მნიშვნელოვან ტერიტორიებზე მრავალი სახეობისთვის სპეციალური, ხშირად, პრაქტიკულად ოპტიმალური ცხოვრების პირობებია შექმნილი.

ცხრ. 2.2-ში მცენარეული საფარისადმი ადამიანის ზემოქმედების თანამედროვე ფორმებია წარმოდგენილი.

თუ ზემოაღნიშნულს დავუმატებთ სარეწაო საქმიანობის ინტენსიფიკაციის, სახეობების მიხედვით მოპოვების, მრავალფეროვანი ჯიშების გამოყვანის, იშვიათი და ეგზოტიკუ-

რი სახეობების დაცვის პროცესებში ადამიანის ზემოქმედებას ცხოველთა სამყაროზე, ნათლად წარმოჩინდება ანთროპოგენური ფაქტორის გრანდიოზულობის ვრცელი სურათი.

**ცხრილი 2.2. მცენარეულ საფარზე ადამიანის ზემოქმედების ძირითადი ფორმები**

მცენარეთა არეალების ცვლილება	ადამიანის ზემოქმედება მცენარეულ საფარზე	ბუნებრივ გარემოში ახალი ჰაბიტატების შექმნა
არეალების შემცირება, მცენარეთა მოსპობა	ამოშრობა, ტყის გაჩეხვა, მორწყვა და წყალგაყვანილობა, გადაწვა, ველური ცხოველების მიერ საძოვრების გაძოვება, გათიბვა, კვამლისა და სხვა მავნე მინარევების ზემოქმედება; მცენარეული საფარის დაცვა.	რუდერალური ჰაბიტატების შექმნა, სამრეწველო ნარჩენების და სხვა საყრდენების შექმნა; კულტურული ფიტოცენოზების შექმნა.

მცენარეებისა და ცხოველთა მრავალფეროვანი სახეობებისა და ჯიშების შექმნით, ადამიანმა ხელი შეუწყო მათში ახალი თვისებების წარმოქმნას, რომლებიც უზრუნველყოფენ მათ გადარჩენას არა სასურველ პირობებში, როგორც სხვა სახეობებთან არსებობისთვის ბრძოლაში, ისე პათოგენური ორგანიზმების ზემოქმედების მიმართ იმუნიტეტის განვითარებით.

**2. 4. გარემოს ტიპები**

ამჟამად ტერმინი „გარემო“ ფართოდ გამოიყენება როგორც ცალკეული ადამიანის მიერ, ისე მასობრივ საინფორმაციო ქსელში ბუნებრივი გარემოს დაცვის პრობლემებთან დაკავშირებით. ამის თაობაზე რეგულარულად ტარდება შეხვედრები, მათ შორის საერთაშორისო დონეზე, ეკოლოგიური პრობლემების გადასაწყვეტად.

უკანასკნელი ასი წლის განმავლობაში ურთიერთობები ადამიანისა და ბუნებრივი გარემოს შორის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა, მათ შორის დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა, რიგი სპეციალისტის კვლევისა და მსჯელობის საგანს წარმოადგენდა. ყველაფერი ეს ბუნებრივი გარე-

მოს მზარდ მნიშვნელობაზე მიუთითებს. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია განვიხილოთ მისი ტიპები განსახილველი საგნის პრობლემების კონტექსტში.

1. *გარემო ბუნებრივი* (ადამიანთა საზოგადოების გარემომცველი დედამიწის ბუნებრივი გარემო) - ადამიანზე გავლენის მქონე, ბუნებრივი და ადამიანთა საქმიანობით მცირედ შეცვლილი აბიოტური და ბიოტური ბუნებრივი ფაქტორების ერთობლიობაა. იგი ადამიანის გარემომცველი გარემოს სხვა მდგენელებისაგან, ადამიანის მაკორექტირებელი ზემოქმედების გარეშე, თვითშენარჩუნებისა და თვითრეგულირების თვისებებით განსხვავდება.

*ადამიანის გარემომცველი გარემო* - ადამიანთა საზოგადოებაზე და მათ მეურნეობაზე ერთობლივად და უშუალოდ გავლენის მომხდენი, აბიოტური, ბიოტური და სოციალური გარემოთა (ერთდროულად ბუნებრივი, კვაზიბუნებრივი, არტებუნებრივი) ერთობლიობაა.

2. *გარემო ბიოტური* - ბუნების ძალები და მოვლენები, რომლებიც არსებული ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად წარმოიქმნებიან.

*გარემო აბიოტური* - ბუნების ყველა ძალები და მოვლენები, რომელთა წარმოქმნა არსებული ორგანიზმების (ადამიანის ჩათვლით) ცხოველმოქმედებასთან პირდაპირ არ არის დაკავშირებული.

*გარემო ეკოლოგიური (გარეგანი)* - განსახილველი ობიექტის ან სუბიექტის (ცოცხალი ორგანიზმის ან სისტემის, ცოცხალი ორგანიზმის თანხლებით) სივრცის გარეთ მყოფი ბუნების ძალები და მოვლენები, მისი ნივთიერება და სივრცე, ადამიანის ნებისმიერი საქმიანობა.

3. *ბიოლოგიური გარემო* - ცოცხალი ორგანიზმები, რომელთა სისტემაში განსახილველი ორგანიზმი ან ობიექტი იმყოფება.

*არტებუნებრივი გარემო* („მესამე ბუნების“, საცხოვრებელი ადგილების, ტექნოგენური გარემო) - ადამიანთა გარემომცველი ხელოვნური გარემო, რომელიც სუფთა ტექნიკური (შენობა-ნაგებობები, ასფალტირებული გზები, ხელოვნური განათებები და ა.შ.) და ბუნებრივი (ჰაერი და ა.შ.) ელემენტებისაგან შედგება. მოვლისა და ხელშეწყობის გარეშე განიცდის დეგრადაციას.

*კვაზიბუნებრივი გარემო* („მეორე ბუნება“, განვითარებული) - ადამიანის მიერ გარდაქმნილი (კულტურული) ბუნებრივი ლანდშაფტები და მის მიერ შექმნილი აგროცენოზები. მათ თვითშენარჩუნება არ ახასიათებთ.

## **2.5. ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის სახეები**

სამეცნიერო ლიტერატურაში განსაზღვრავენ ბუნებრივი გარემოს შემდეგ მდგომარეობებს:

- *ბუნებრივი* - ადამიანის საქმიანობით შეუცვლელი გარემო;
- *გაწონასწორებული* - აღდგენითი პროცესების სიჩქარე ანთროპოგენური რღვევების ტემპის ტოლია ან აღემატება მათ;
- *კრიზისული* - ანთროპოგენური რღვევების სიჩქარე ბუნებრივი სისტემების თვითაღდგენის ტემპებს აღემატება, მაგრამ მათი ძირეული ცვლილებები ჯერ კიდევ არ მიმდინარეობს;
- *კრიტიკული* -ადრე არსებული ბუნებრივი სისტემების ცვლა შედარებით ნაკლებად პროდუქტიულ სისტემებზე, ჯერ კიდევ შექცევად პროცესს წარმოადგენს;
- *კატასტროფული* -უკვე ნაკლებად პროდუქტიული ბუნებრივი სისტემების დამკვიდრების ძნელად შექცევად პროცესს აქვს ადგილი;
- *კოლაფსის მდგომარეობა* -მიმდინარეობს ბუნებრივი სისტემების პროდუქტიულობის შეუქცევადი დაკარგვა.

რა თქმა უნდა, გარემოსთვის ოპტიმალურია მისი ბუნებრივი მდგომარეობა. ამ შემთხვევაში ბუნებრივ ცომპონენტებს შედარებით დინამიკური მუდმივობა ახასიათებთ. მაგრამ პლანეტის ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის კრიზისული ეტაპის შემოჭრა დგება თანამედროვეობის ნიშნად. ხოლო, ცალკეულ რეგიონებში -კრიტიკული და კატასტროფული მდგომარეობის ნიშნებიც დაიკვირვება, რაც ასე თუ ისე ტექნოგენეზთან არის დაკავშირებული.

ცნობილია, რომ ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე ნეგატიური ზემოქმედების ძირითადი პირობაა მისი დაბინძურების ფაქტორი.

საერთოდ ტერმინით „დაბინძურება“ ბუნებრივ სტრუქტურებში, გარკვეული მიზეზების შედეგად წარმოქმნილი, ახ-



ალი, როგორც წესი, მისთვის არადამახასიათებელი, კომპონენტების არსებობა აღინიშნება, რომლებიც ბუნებრივი სისტემების წონასწორობიდან გამოყვანის გზით, ხშირად, ნეგატიურ მოვლენებს იწვევენ.

ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების კლასიფიკაცია შემდეგი მაჩვენებლების მიხედვით არის შესაძლებელი:

- ა) დაბინძურების წყაროების მიხედვით;
- ბ) დაბინძურების სტრუქტურის მიხედვით;
- გ) დაბინძურების დონისა და მასშტაბის მიხედვით.

ამჟამად, უფრო დამახასიათებელია, ადამიანის საქმიანობით გამოწვეული, ბუნებრივი გარემოს ანთროპოგენური დაბინძურება - სამრეწველო საწარმოთა, ტრანსპორტის, კომუნალური და აგრარული მეურნეობათა: აიროვანი გაფრქვევების, თხევადი ჩაშვებებისა და მყარი ნარჩენების ხარჯზე.

დაბინძურების ნაწილი რეკრეაციული სისტემებიდანაც გამოედინება. ამასთან დამაბინძურებელ ნივთიერებათა სპექტრი ძალზე ფართოა - გაზები, მძიმე მეტალები, სხვადასხვა ორგანული ნივთიერება, ხელოვნური რადიოაქტიური ელემენტები და სხ.

*ატმოსფერო* ყველა ბუნებრივ და სასიცოცხლო პროცესებში თითქმის ყველაზე მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. მისი დაბინძურების შედეგები, როგორც წესი - მრავალუცხოობიან განტოლებათა სისტემას წარმოადგენს. მასთან ასოცირდება, უპირველეს ყოვლისა, ისეთი მოვლენები, როგორც სათბური ეფექტი, ოზონური შრის შესუსტება და მრავალი სხვა ნეგატიური მოვლენა.

დედამიწაზე ბუნებისა და საზოგადოების არსებობის კიდევ ერთი ძირითადი პირობაა *წყალი*.

თანამედროვე პირობებში, მასში მოთხოვნა მნიშვნელოვნად არის გაზრდილი.

მსოფლიო მასშტაბებში დღეს ჰიდროსფეროს ძირითად დამაბინძურებელს, მასში მოხვედრილი, ნავთობი და ნავთობპროდუქტები წარმოადგენენ, და ასევე დეტერგენტები - ძლიერ ტოქსიკური სინთეტიკური სარეცხი საშუალებები.

ძალიან ხშირად წყლის რესურსები ჰერბიციდებით და პესტიციდებით ბინძურდებიან. ჰიდროსფეროს დაბინძურების სპეციფიკურ სახეს თერმული დაბინძურება წარმოადგენს.

ბუნებრივი სისტემის უმნიშვნელოვანეს კომპონენტს, ასევე, პლანეტის ნიადაგის ფენა - *პელოსფერო* წარმოადგენს, რომელიც დედამიწის ენერგეტიკულ ბალანსში განსაკუთრებულად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. დედამიწის მატერიალურ სხეულებს შორის ცვლის პროცესებში ნიადაგს ცენტრალური ადგილი უკავია.

ცალკეული მსხვილი რეგიონებიდან მიწის უდიდესი ფონდი აზიას, აფრიკას, ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკას გააჩნია.

თანამედროვე მსოფლიოში ნიადაგთა დეგრადაცია და მათი ნაყოფიერება მჭიდროგაა დაკავშირებული გაუდაბნოების პროცესებთან. ამასთან გაუდაბნობა აუცილებლად არ ასოცირდება არიდულ რეგიონებთან. ეს დამოკიდებულია იმ ფაქტზე, რომ გაუდაბნობის ქვეშ იგულისხმება არა მხოლოდ უწყვეტი მცენარეული საფარის დაკარგვა, არამედ ტერიტორიის ნაყოფიერების პოტენციალის შემცირება ან მისი მთლიანად დაკარგვა. დღესდღეობით გაუდაბნოების პროცესები უკვე რომელიმე კლიმატური ცვლილებების შედეგს არ წარმოადგენენ.

ეხლა ამის მთავარი ფაქტორი - ანთროპოგენური საქმიანობაა, რომელიც, რიგ შემთხვევაში, ცალკეული ტერიტორიების პროდუქტიულობის მთლიან მოსპობას იწვევს.

XXI საუკუნის დასაწყისისთვის ანთროპოგენური უდაბნოების საერთო ფართობი 10 მლნ-დან 13 მლნ.კმ - მდე შეადგენდა, ხოლო გაუდაბნოების საფართობის ქვეშ კიდევ, დაახლოებით, 30 მლნ.კმ მიწები იმყოფებოდა. ამის შედეგად პლანეტის პროდუქტიულობის მასა, უწინდელთან შედარებით, მესამედით შემცირდა.

ყველაფერი ზემოაღნიშნული დიდ მნიშვნელობას ანიჭებს ბუნების დაცვის საკითხებს პლანეტაზე. ამასთანავე ბუნების ტრანსფორმაციის ხასიათმა, სტრუქტურამ და მასშტაბებმა ეკოლოგიური პრობლემატიკა პრიორიტეტულ მიმართულებათა რიგში დააყენეს, სადაც ის მჭიდროდ უკავშირდება ეკონომიკურ, სოციალურ და დემოგრაფიულ პრობლემებს.

### III. ეკოლოგიური მონიტორინგი

#### 3.1. ეკოლოგიური მონიტორინგის ზოგადი ცნებები

*ეკოლოგიური მონიტორინგი* - არის ინფორმაციის შეგროვების, დამუშავების, შენახვისა და პროგნოზის სისტემა, რომელიც ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის ცვლილების გამოვლენის საშუალებას იძლევა.

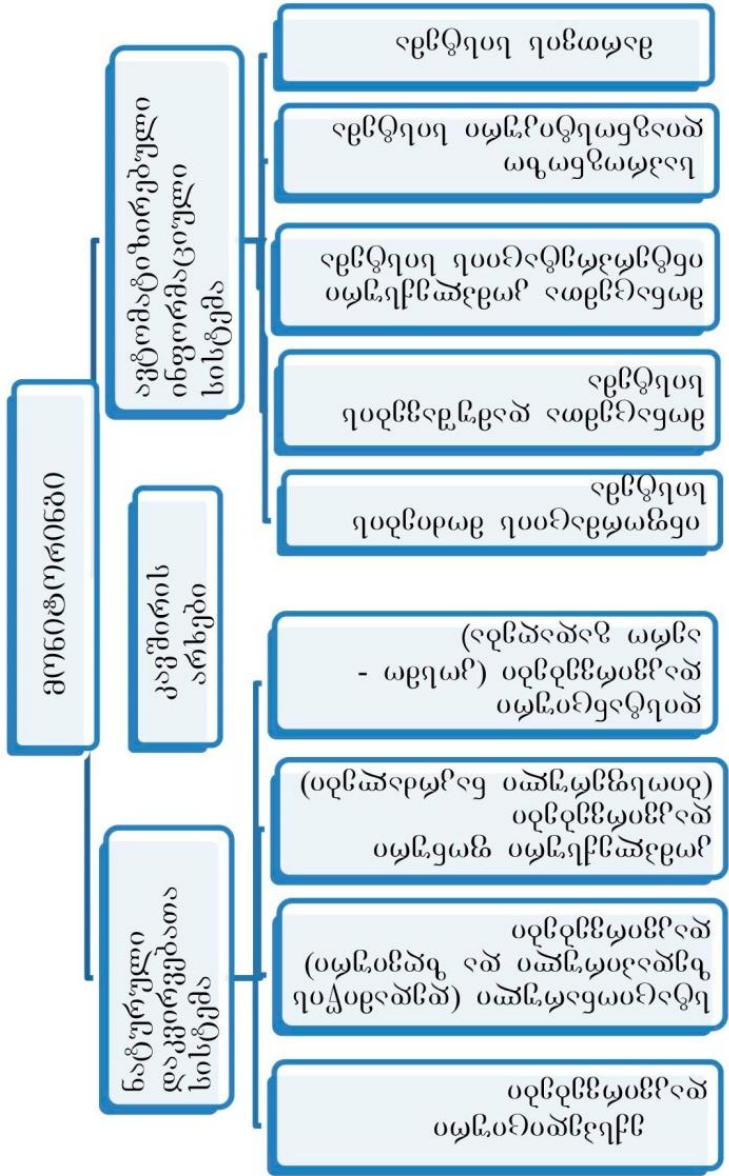
ტერმინი „მონიტორინგი“ შექმნილია ლათინური სიტყვიდან „მონიტორ“ (*Monitor* - ის, რაც გვაფრთხილებს, დამკვირვებელი). ასე იალქნიან გემზე გუშავ მეზღვაურს უწოდებდნენ.

ბუნებრივი გარემოს გლობალური მონიტორინგის იდეა და თვით ტერმინი „მონიტორინგი“ პირველად 1971 წელს, ბუნებრივი გარემოს შესახებ გაეროს სტოკჰოლმის კონფერენციის (1972) ჩასატარებლად მზადების პროცესში გაჩნდა. ხოლო მისი არსი აღნიშნულ კონფერენციაზე კანადელმა მეცნიერმა - კლიმატოლოგმა და მეტეოროლოგმა, პროფესორ **რ. მანმა** შემოიტანა (R.E.Munn, 1973) და აქედან მოყოლებული სხვადასხვა საერთაშორისო კონგრესებისა და თათბირების მუდმივი განხილვისა და განვითარების საგანს წარმოადგენს.

რ. მანმა ჩამოაყალიბა მონიტორინგის ყველაზე მეტად ზოგადი განმარტება. მისი წინადადებით, გარკვეული მიზნებით წინასწარ დამუშავებული პროგრამის მიხედვით, დროსა და სივრცეში ბუნებრივი გარემოს ერთ ან რამოდენიმე ელემენტზე განმეორებადი დაკვირვებების სისტემას - მონიტორინგი ეწოდა.

*ეკოლოგიური მონიტორინგის* მიზანია - გარემოსდაცვითი მენეჯმენტისა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების მმართველობის უზრუნველყოფა საჭირო ინფორმაციით პრევენციული ზომების დასამუშავებლად (ნახ.3.1).

1974 წლის იუნესკოს პროგრამაში ეკოლოგიური მონიტორინგი განისაზღვრება, როგორც სივრცესა და დროში რეგულარული გრძელვადიანი დაკვირვებების სისტემა, რომელიც ბუნებრივი გარემოს წარსულისა და თანამედროვე მდგომარეობაზე ინფორმაციას მოიპოვებს, კაცობრიობისათ-



ნახ.3.1. ეკოლოგიური მონიტორინგის სქემა

ვის განსაკუთრებული მნიშვნელობის მქონე პარამეტრების მომავალი ცვლილებების პროგნოზირებისათვის. მისი ფუნქციონირება ითვალისწინებს კონტროლს ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის ცვლილებებზე, როგორც ბუნებრივი, ისე ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად. ანუ მონიტორინგი გამოიყენება ბუნებრივი და სოციალური მოვლენების მიმართ, რომელთაც გეოგრაფიული გარსის საზღვრებში და მის გარეთ სივრცითი განაწილება და, ასევე, დროთა განმავლობაში ცვალებადობა ახასიათებთ.

მონიტორინგი შეიცავს:

- ბუნებრივი გარემოს ხარისხზე და გარემოზე ზემოქმედ ფაქტორების ცვლილებებზე დაკვირვებებს;
- ბუნებრივი გარემოს ფაქტორები მდგომარეობის შეფასებებს;
- ბუნებრივი გარემოს ცვლილებების ხარისხის პროგნოზს.

ამასთან, დაკვირვებები, ძირითადად, ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური მაჩვენებლებით წარმოებს. აგრეთვე პერსპექტიულია ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის ინტეგრალური მაჩვენებლები.

ეკოლოგიური დაკვირვებების სისტემაში ტექნოგენური წარმოშობის გარემოს საშიში დაბინძურების მაჩვენებლების განსაზღვრა შედის, მაგალითად, მძიმე მეტალების შენაერთების, აიროვანი და მყარი დამაბინძურებლების და ა.შ.

ეკოლოგიური მონიტორინგი ისეთი ძირითადი ამოცანების გადაჭრაზეა ორიენტირებული, როგორებიც არიან:

- ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობასა და მასზე ზემოქმედ ფაქტორებზე დაკვირვებების წარმოება;
- ბუნებრივი გარემოს ფაქტორები მდგომარეობისა და მისი დაბინძურების დონის შეფასება;
- შესაძლებელი დაბინძურების შედეგად ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის პროგნოზი და ამ მდგომარეობის შეფასება.

ანთროპოგენური ზემოქმედების მონიტორინგი ითვალისწინებს: - დაკვირვებებს ანთროპოგენური ზემოქმედების წყაროებზე;

- დაკვირვებებს ანთროპოგენური ზემოქმედების ფაქტ-

- ორებზე;

- დაკვირვებებს ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე და ანთროპოგენური ზემოქმედების ფაქტორების გავლენით მის წიაღში მიმდინარე პროცესებზე;

- ბუნებრივი გარემოს ფიზიკური მდგომარეობის შეფასებებს;

- ანთროპოგენური ზემოქმედების ფაქტორების გავლენით, ბუნებრივი გარემოს ცვლილებების პროგნოზირებასა და ბუნებრივი გარემოს საპროგნოზო შეფასებას.

დაკვირვებათა ობიექტების მიხედვით ასხვავებენ:

- ატმოსფეროს, წყლის, ნიადაგის, კლიმატურ და, ასევე, მცენარეთა, ცხოველთა სამყაროს, ადამიანთა ჯანმრთელობის და ა.შ. მონიტორინგს. აგრეთვე ასხვავებენ დაბინძურების წყაროებისა და მისი ფაქტორების ეკოლოგიურ მონიტორინგს:

- ზემოქმედების ფაქტორთა მონიტორინგი - ხვადასხვა ქიმიური დამაბინძურებელის (ინგრედიენტული მონიტორინგი) და ბუნებრივი და ფიზიკური ფაქტორების ზემოქმედების მონიტორინგი (ელექტრომაგნიტური ველი და რადიოაქტიური გამოსხივებები, მზის რადიაცია, აკუსტიკური ხმაურები და ხმაურის ვიბრაციები);
- დაბინძურების წყაროების მონიტორინგი - წერტილოვანი სტაციონარული წყაროების (ქარხნის მილები), წერტილოვანი მოძრავი (ტრანსპორტი) და სივრცობრივი (ქალაქები, შეტანილი ქიმიური ნივთიერებების შემცველი, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები) წყაროების მონიტორინგი.

მონიტორინგის ძირითად მიზანს წარმოადგენს ბუნების დაცვის მენეჯმენტის და ეკოლოგიური უსაფრთხოების მართვის სისტემის უზრუნველყოფა თანამედროვე და უტყუარი ინფორმაციით, რაც შესაძლებელს ხდის: - ეკოსისტემისა და ადამიანის ჰაბიტატის მდგომარეობის და ფუნქციონალური მთლიანობის მაჩვენებლების შეფასებას;

- ამ მაჩვენებლების ცვლილების მიზეზების გამოვლენას;
- ამ ცვლილებების შედეგების შეფასებას;

- მაკორექტირებელი ღონისძიებების განსაზღვრას იმ შემთხვევებში, როდესაც ეკოლოგიური პირობების მიზნები არ არის მიღწეული;
- წარმოქმნილი ნეგატიური სიტუაციების გამოსწორების ზომების განსაზღვრის წინაპირობების შექმნას ზარალის მიყენებამდე.

### 3.2. ეკოლოგიური მონიტორინგის კლასიფიკაცია

რიგ მეცნიერთა კონცეფციაში ტერმინი „მონიტორინგი“-ს ქვეშ, ადამიანის საქმიანობის გავლენით, ბიოსფეროს მდგომარეობის (უპირველეს ყოვლისა-დაბინძურების) ცვლილებების გამოყოფის შესაძლებლობის მომცემი სისტემა იგულისხმება (Ю.Израэль,1979; Г.Гуния,1985).

მათ ასეთი სისტემა განსაზღვრეს, როგორც ბუნებრივი გარემოს ანთროპოგენური ცვლილებების მონიტორინგი. მისი შექმნის ძირითად მიზანს - ბუნებაზე ადამიანის ზემოქმედების ნეგატიურ შედეგაზე გაფრთხილებას წარმოადგენს. ამისათვის შემდეგი ამოცანების გადაჭრაა აუცილებელი:

- ზემოქმედების წყაროებისა და, ასევე, ანთროპოგენური ცვლილებების მიზეზის განსაზღვრა;
- ბუნებრივი გარემოს ფაქტიური მდგომარეობის შეფასება;
- ცვლილების ტენდენციის გამოვლენა, ბიოსფეროს მომავალი მდგომარეობის პროგნოზისა და შეფასების მიცემა.

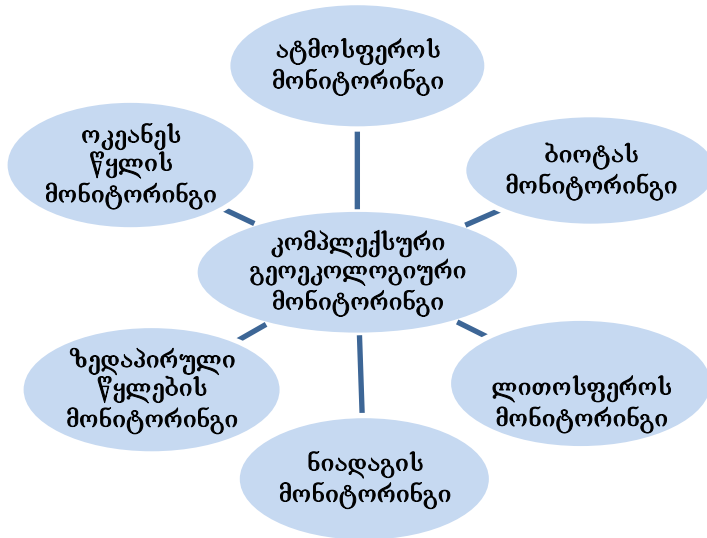
როგორც ირკვევა, მონიტორინგის ძირითადი მიზანია, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთან დაკავშირებული, ნეგატიური შედეგების პრევენცია. ამასთან დაკვირვების ობიექტად, უმთავრესად, ბუნებრივი გარემოს ცალკეული კომპონენტები: ატმოსფერული ჰაერი, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, ნიადაგი და ბიოტა, რიგ შემთხვევაში - გეოსისტემები და ეკოსისტემები, გვევლინება. შესაბამისად, უფრო მეტი განვითარება მონიტორინგის დარგობრივმა სახეობებმა მიიღო - ჰიდრომეტეოროლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური, გეოქიმიური და ბიოლოგიური, რომლებიც დამოუკიდებელი დაკვირვებისა და კონტროლის სისტემების სახით ფუნქციონირებენ.

მაგრამ მონიტორინგის მიმართ ასეთი დარგობრივი მიდგომა, ბიოსფეროს კომპონენტების მჭიდრო კავშირს და რთული ბუნებრივი კომპლექსების - გეოსისტემებისა და ეკ-

ოსისტემების შექმნას არ ითვალისწინებს. ანთროპოგენურ ზემოქმედებას თუნდაც ერთ-ერთ მათგანზე, შეუძლია მთელი კომპლექსის რღვევა და ბუნებაში მძიმე არაუკუქცევადი შედეგები გამოიწვიოს.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთობის პრობლემების ოპტიმალური გადაწყვეტა ყველა დონეზე (ლოკალურიდან გლობალურამდე), მხოლოდ ბუნებრივი გარემოს კომპლექსური გეოეკოლოგიური მონიტორინგის სისტემის ჩამოყალიბების საფუძველზეა შესაძლებელი.

დაკვირვების ობიექტების გათვალისწინებით, ამ მონიტორინგის სისტემა შეიძლება იქნეს გამოსახული ნახ.3.2 -ზე მოცემული სქემის მიხედვით.



ნახ.3.2. კომპლექსური გეოეკოლოგიური მონიტორინგის სტრუქტურული სქემა

როგორც ნახ.3.2-ს სქემიდან ირკვევა, აღნიშნული მონიტორინგის სისტემა ბუნებრივი გარემოს ცალკეული კომპონენტებისა და მთლიანად მისი კომპლექსების მდგომარეობებზე დაკვირვებებისაგან შედგება.

მისი თავისებურება სისტემის დარგობრივი რგოლებს შორის კავშირების გათვალისწინებისა და სხვა სახეობათა



დაკვირვებების გეოსისტემური (ლანდშაფტურ - ეკოლოგიური) მონიტორინგის ფუნქციონალურ დაქვემდებარებაში ყოფნისაგან შედგება, რაც ბუნებრივი გარემოს მთლიანობის თვისებებით არის განპირობებული.

მონიტორინგის სისტემის კლასიფიკაცია დაკვირვებების მეთოდებზეც შეიძლება იყოს დაფუძნებული (მონიტორინგი ფიზიკო-ქიმიური და ბიოლოგიური მაჩვენებლებით, დისტანციური მონიტორინგი და სხ.).

*ქიმიური მონიტორინგი* - არის დაკვირვებათა სისტემა ატმოსფეროს, ნალექების, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების, ოკეანეებისა და ზღვების წყლების, ნიადაგის, ფსკერული ნალექების, მცენარეულობის და ცხოველთა ქიმიურ შედგენილობაზე (ბუნებრივი და ანთროპოგენური წარმოშობის) და ქიმიური დამაბინძურებელი ნივთიერებათა გავრცელების დინამიკაზე.

ქიმიური მონიტორინგის გლობალურ ამოცანას პრიორიტეტული მაღალტოქსიკური ინგრედიენტებით ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების ფაქტიური დონის განსაზღვრა წარმოადგენს.

*ფიზიკური მონიტორინგი* - დაკვირვებათა სისტემა ბუნებრივ გარემოზე ფიზიკური პროცესებისა და მოვლენების შემოქმედებაზე (ელექტრომაგნიტური გამოსხივება, რადიაცია, აკუსტიკური ხმაური და ა.ს.).

*ბიოლოგიური მონიტორინგი* - ბიოინდიკატორების დახმარებით განხორციელებული მონიტორინგი (ანუ ისეთი ორგანიზმებით, რომელთა არსებობით, მდგომარეობითა და მოქმედებით მსჯელობენ ბუნებრივი გარემოს ცვლილებებზე).

*ეკობიოქიმიური მონიტორინგი* - ბუნებრივი გარემოს ორი მდგენელის (ქიმიურისა და ბიოლოგიურის) შეფასებებზე დაფუძნებული მონიტორინგი.

*დისტანციური მონიტორინგი* - ავიაციური და კოსმოსური მონიტორინგი, საკვლევი ობიექტების აქტიური ზონდირებისა და ექსპერიმენტული მონაცემების რეგისტრაციის რადიომეტრიული აპარატურით აღჭურვილი, მფრინავი აპარატების გამოყენებით.

*კომპლექსური ეკოლოგიური მონიტორინგი* - ბუნებრივი გარემოს ობიექტების დაბინძურების ფაქტიური დონის შეფასებისა და ადამიანის ჯანმრთელობისა და სხვა ცოცხალი

ორგანიზმებისათვის მავნე, კრიტიკული სიტუაციების წარმოქმნის შესახებ გაფრთხილების მიზნით ორგანიზებულ დაკვირვებათა სისტემა.

ბუნებრივი გარემოს კომპლექსური ეკოლოგიური მონიტორინგის შესრულების პროცესში:

- ადამიანისა და ბიოლოგიური ობიექტების (მცენარეების, ცხოველების, მიკროორგანიზმების და ა.შ.) ჰაბიტატის ეკოლოგიური პირობებისა და, ასევე, ეკოსისტემების მდგომარეობისა და ფუნქციონალური მთლიანობის მუდმივი შეფასება მიმდინარეობს;
- იმ შემთხვევებში, როდესაც ეკოლოგიური მდგომარეობის დასახული მაჩვენებლები მიუღწევადი რჩება, მაკორექტირებელი ქმედებების განსაზღვრის პირობები იქმნება.

კომპლექსური ეკოლოგიური მონიტორინგის სისტემის დამუშავების პროცესი ითვალისწინებს:

- დაკვირვების ობიექტის გამოყოფას;
- გამოყოფილი დაკვირვების ობიექტის შესწავლას;
- დაკვირვების ობიექტისათვის ინფორმაციული მოდელის შემუშავებას;
- გაზომვების დაგეგმვას;
- დაკვირვების ობიექტის მდგომარეობის შეფასებასა და მისი საინფორმაციო მოდელის იდენტიფიკაციას;
- დაკვირვების ობიექტის მდგომარეობის ცვლილების პროგნოზირებას;
- მომხმარებლისთვის მოსახერხებელი ფორმით ინფორმაციის წარდგენას და მის მიწოდებას.

კომპლექსური ეკოლოგიური მონიტორინგის ძირითად მიზნებს წარმოადგენს, მოპოვებული ინფორმაციის საფუძველზე:

1. შეფასდეს ადამიანის ჰაბიტატისა და ეკოსისტემების მდგომარეობისა და ფუნქციონალური მთლიანობის მაჩვენებლები (შეფასდეს ეკოლოგიური ნორმატივების დაცვა);
2. გამოვლინდეს ამ მაჩვენებლების ცვლილების მიზეზები და შეფასდეს ასეთი ცვლილებების შედეგები და, ასევე, იმ შემთხვევებში, როდესაც ეკოლოგიური პი-

რობების მიზნობრივი მაჩვენებლები მიუღწევადია, განისაზღვროს საკორექციო ზომები (შესრულდეს ეკოსისტემებისა და ჰაბიტატის მდგომარეობის დიაგნოსტიკა);

3. ზიანის მიყენებამდე, წარმოქმნილი ნეგატიური სიტუაციების გამოსწორების ზომების გამოსავლენად შეიქმნას წინაპირობები, ანუ ნეგატიური სიტუაციების დროული გაფრთხილების უზრუნველყოფა.

ინფორმაციის განზოგადების ხასიათზე დამოკიდებულებით მონიტორინგის შემდეგ სახეებს (დონეებს) ასხვავებენ:

- *იმპაქტური* - განსაკუთრებულად საშიშ ზონებსა და ადგილებში რეგიონული და ლოკალური ანთროპოგენური ზემოქმედების მონიტორინგი;
- *ლოკალური* - კონკრეტული ანთროპოგენური წყაროს ზემოქმედების მონიტორინგი.

ამ სახეობის მონიტორინგს მიეკუთვნებიან: ქალაქის სხვადასხვა რაიონის, სამრეწველო და აგრარული რეგიონებისა და ცალკეული დაწესებულებების საკანონო აუზის მდგომარეობაზე შესრულებული დაკვირვებები, რომლებიც სტაციონარული, მოძრავი და გამონაბოლქვის ჩირაღდნის ქვეშა საგუშაგოების მეშვეობით სრულდებიან;

- *რეგიონული* - დაკვირვებების წარმოება პროცესებსა
- და მოვლენებზე რომელიმე რეგიონის ფარგლებში, სადაც ეს პროცესები და მოვლენები მთელი ბიოსფეროსათვის დამახასიათებელ ბაზურ ფონისაგან ბუნებრივი ხასიათითა და ანთროპოგენური ზემოქმედებით განსხვავდებიან. იგი იმ სადგურების სისტემით ხორციელდება, რომლებიც ინფორმაციას, სახალხო მეურნეობით ინტენსიურად ათვისებული და შესაბამისი ანთროპოგენური ზემოქმედების ქვეშ მყოფი, მსხვილი რაიონებიდან ღებულობენ;
- *ნაციონალური* - მონიტორინგი სახელმწიფოს ფარგლებში სპეციალურად შექმნილი ორგანოების მოერ სრულდება;
- *საბაზო* (ფონური) - დაკვირვებები ზოგადბიოსფერულ, ძირითადად, ბუნებრივ მოვლენებზე, მათზე რე-

გიონული ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენის გაუთვალისწინებლად;

- გლობალური (ბიოსფერული)- მონიტორინგი ბიოსფეროში, მისი ყველა ეკოლოგიური კომპონენტის ჩათვლით, მიმდინარე ზოგადმსოფლიურ პროცესებზე და მოვლენებზე დაკვირვებათა ქსელის შექმნასა და მუდმივი ფუნქციონირების უზრუნველყოფას ითვალისწინებს, წარმოქმნილი ექსტრემალური სიტუაციების შესახებ დროული გაფრთხილების მიწოდების ჩათვლით.

გლობალური მონიტორინგის სისტემაში პრიორიტეტულ მიმართულებად ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების დონეზე და მასთან დაკავშირებული ზემოქმედების ფაქტორებზე დაკვირვებების წარმოება არის მიჩნეული.

იგი საერთაშორისო თანამშრომლობის საფუძველზე სრულდება და მთელი დედამიწის ბუნებრივი სისტემის თანამედროვე მდგომარეობის შეფასების საშუალებას იძლევა.

დაკვირვებებს პლანეტის სხვადასხვა რეგიონში საბაზო სადგურები ასრულებენ (30–40 სახმელეთო და 10-ზე მეტი ოკეანური). ხშირ შემთხვევაში ისინი ბიოსფერულ ნაკრძალებში განლაგდებიან.

ზოგადპლანეტარული ეკოლოგიური პრობლემების მასშტაბებში, მონიტორინგის ფუნქციონირების სხვა მიმართულებები, რომელთა აქტუალურობა ჩვენ დროში კარგადაა გაცნობიერებული, ეხებიან ისეთ საკითხებს, როგორებიცაა: - დედამიწის ოზონური გარსის დაცვა, კლიმატის ცვლილების შესწავლა, ბუნებრივი რესურსების მოხმარების რეგულირება და ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების საკითხები.

ბუნებრივი გარემოს გლობალური მონიტორინგის სისტემის (The Global Environmental Monitoring System) პროგრამათა შორის ძირითადი პროგრამები გამოირჩევიან:

- კლიმატური პირობების მონიტორინგი;
- დამაბინძურებელი ნივთიერებათა გადატანისა და მათი დედამიწის ზედაპირზე დალექვის მონიტორინგი;
- მსოფლიო ოკეანეების მონიტორინგი;
- განახლებადი ბუნებრივი რესურსების მონიტორინგი;

- მონიტორინგი ჯანდაცვის მიზნების გათვალისწინებით.

ბუნებრივი გარემოს გლობალური მონიტორინგის სისტემაში მაქსიმალურად გამოიყენება მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ჰაერისა და წყლის ობიექტების ტრანსსასაზღვრო დაბინძურების მონიტორინგის ევროპული სისტემის სადგურები, ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციისა და ხანგრძლივი სიცოცხლის მქონე რადიოაქტიური იზოტოპების დაკვირვებების სისტემა და ბიოსფერული ნაკრძალები.

ამრიგად, *გლობალური მონიტორინგის სისტემა* დაფუძნებულია *ნაციონალური ეკოლოგიური მონიტორინგის ქვესისტემებზე* და ამ ქვესისტემების ელემენტებს შეიცავს.

მათი თანამშრომლობა საერთაშორისო დონის ჩარჩოში, ძირითადად, შეიცავს:

- ქვეყნილ ზედაპირზე დაკვირვებებთან ქსელის შექმნას, რეგულარულ ექსპედიციურ შემოწმებებს და დედამიწის დისტანციური ზონდირების სისტემას;
- დაკვირვებათა ორგანიზების, ბუნებრივი გარემოს კომპონენტების სინჯების შეგროვებისა და ანალიზის ერთიანი მეთოდიკების დამუშავებასა და დანერგვას;
- დაკვირვებათა მონაცემების სიზუსტისა და შესაბამისობის კონტროლის ორგანიზებას;
- მონაცემთა შენახვისა და ინფორმაციის გადაცემის თანამედროვე სისტემების გამოყენებას.

გლობალური ეკოლოგიური მონიტორინგის სისტემაში ცენტრალური ადგილი ფონურ (საბაზო) მონიტორინგს უკავია. მისი განვითარება, უმთავრესად, ბიოსფერული ნაკრძალების ბაზაზე, კომპლექსური ფონური მონიტორინგის სადგურების ქსელის დაარსებასთან არის დაკავშირებული.

ამ მონიტორინგის სადგურებზე ფონური მონიტორინგის ერთ-ერთი მთავარი პრინციპის - ეკოსისტემის კომპონენტებში დამაბინძურებელი ნივთიერებათა შემცველობის კომპლექსური შესწავლა ხდება. ამის გამო, კომპლექსური ფონური მონიტორინგის დაკვირვების პროგრამა ბუნებრივი გარემოს ყველა კომპონენტში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა შემც-

ველობის ერთდროულ სისტემატურ გაზომვებს, მათ შორის ჰიდრომეტეოროლოგიურ დაკვირვებებს, ითვალისწინებს.

ფონური მონიტორინგის სადგურებზე დაკვირვებები, როგორც წესი, ერთიანი პროგრამით სრულდება, რომელიც შეიცავს:

- ატმოსფერულ ჰაერში, ნალექებში, ზედაპირულ წყლებში, ფსკერულ ნალექებში, ნიადაგში, მცენარეულ საფარსა და ცხოველთა ორგანიზმების ქსოვილებში პრიორიტეტულ დამაბინძურებელ ნივთიერებათა აღრიცხვას;
- გარემოს დაბინძურების ხელისშემწეობი ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების აღრიცხვას;
- დაკვირვებებისა და გაზომვების შესრულების პერიოდულობას.

გლობალური და ნაციონალური მონიტორინგის სისტემებს, კომპლექსური ფონური მონიტორინგის სისტემასთან ერთად, მრავალი სპეციალიზებული სადგური, საგუშაგო და დაკვირვების პუნქტები უზრუნველყოფენ მონაცემებით:

- ნალექთა ქიმიურ შედგენილობაზე და მუავიანობაზე;
- ნიადაგის დაბინძურებაზე და მცენარეული საფარის მდგომარეობაზე;
- ზღვის გარემოს დაბინძურებაზე;
- თოვლის საფარის დაბინძურებაზე და სხ.

ბუნებრივი გარემოს მიწისპირა მონიტორინგის სესტემას, თავისი ამოცანებისა და უზრინველყოფის ბაზის მქონე, ბლოკებად დაყოფენ (ცხრ.3.1).

*ბიოლოგიური ან ბიოეკოლოგიური* (სანიტარულ - ჰიგიენური) მონიტორინგის ბლოკი მუდმივ დაკვირვებებს ახორციელებს გარემოს მდგომარეობაზე და მის გავლენის ხასიათზე ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

*გეოსისტემური (გეოეკოლოგიური, სამეურნეო)* მონიტორინგის ბლოკი - ბუნებრივი გეოსისტემების ცვლილებისა და მათი ბუნებრივ-ტექნიკურ სისტემებში გადასვლის პროცესებზე დაკვირვებებს შეიცავს.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ოპტიმალური ბუნებრივ - ტექნიკური სისტემების შექმნის საპროგნოზო მოდულები, რომელთა საზღვრებში ადამიანს თავის ჯანმრთელობის-

თვის ზიანის მიყენების გარეშე შეუძლია ცხოვრება და მოღვაწეობა, ბუნებრივი გეოსისტემების ბუნებრივ - ტექნიკურში გარდაქმნის მექანიზმების გულმოდგინე შესწავლის შედეგად მიიღება.

ცხრილი 3.1. ბუნებრივი გარემოს მიწისპირა მონიტორინგის სისტემა

მონიტორინგის ობიექტები	დასახასიათებელი მაჩვენებლები
მიწისპირა ჰაერის ფენა, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები და გაფრქვევები, რადიოაქტიური გამოსხივება.	ტოქსიკური ნივთიერებათა შემცველობა, ფიზიკური და ბიოლოგიური გამაღიზიანებლები (ხმაური, ალერგენები და სხ.), რადიოგამოსხივების რაოდენობა.
გადაშენების პირას მყოფი ცხოველთა და მცენარეთა სახეობები, ბუნებრივი ეკოსისტემები, აგროეკოსისტემები, ტყის ეკოსისტემები	ბუნებრივი ეკოსისტემების ფუნქციონალური სისტემა და მისი რღვევა, მცენარეთა და ცხოველთა პოპულაციური მდგომარეობა, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა, ნარგავების პროდუქტიულობა.
ატმოსფერო (ტროპოსფერო) და ოზონური ეკრანი, ჰიდროსფერო, მცენარეული და ნიადაგის საფარი, ცხოველთა სამყარო	რადიაციული ბალანსი, სითბური გადახურება, გაზობრივი შედგენილობა და გამტვრიანება. დიდი მდინარეების და რეზერვუარების დაბინძურება; წყლის აუზები, მიმოქცევები ფართო წყალშემკრებ აუზებზე და კონტინენტებზე. ნიადაგის მდგომარეობის, მცენარეული საფარის და ცხოველთა სამყაროს გლობალური მახასიათებლები. ნახშირჟანგისა და ჟანგბადის გლობალური ბალანსი; ნივთიერებათა ფართომასშტაბური მიმოქცევები.

*ბიოსფერული (გლობალური) მონიტორინგის ბლოკი - გლობალურ მასშტაბში გეოსფეროს პარამეტრებზე დაკვირვებებს მოიცავს. იგი დაკვირვებათა ურთულეს სისტემას წარმოადგენს, რომელიც გლობალურ მასშტაბში ბუნებრივი გარემოს ხარისხის ცვლილებების პროგნოზირების საშუალებას იძლევა. მაგალითის სახით, „სათბურის ეფექტის“ წარმოქმნის გამო, კლიმატის დათბობისა და პლანეტის ბუნებისთვის მისი შედეგების პროგნოზები შეიძლება მოვიყვანოთ.*

ამრიგად, რაციონალური ბუნებათსარგებლობა შესაძლებელია, ეკოლოგიური მონიტორინგის სისტემის საშუალებით მიღებული, ინფორმაციის არსებობისა და სწორი გამოყენების პირობებში.

2005 წლიდან საერთაშორისო პროექტის „დედამიწის შესწავლის გლობალური სისტემა“ (Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)) რეალიზაცია მიმდინარეობს.

ამ სისტემის ძირითად ამოცანას - ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედების მონაცემთა ზემოაღნიშნული წყაროებისა და პრევენციული ზომების შესახებ გადაწყვეტილებების დამუშავების კომპიუტერიზირებული ქვედანაყოფების ერთ სისტემაში გაერთიანება და, ასევე, მომხმარებლების მიერ ამ სისტემით მიღებული ეკოლოგიური ინფორმაციის სარგებლობის უზრუნველყოფა წარმოადგენს.

საბოლოო შედეგად გლობალური საზოგადოებრივი ინფრასტრუქტურის შექმნა არის ნავარაუდები.

მრავალი ექსპერტი თვლის, რომ ამ პროექტის რეალიზაციის წარმატებამ შეიძლება გადამწყვეტი მნიშვნელობა იქონიოს იმისთვის, თუ რამდენად წარმატებულად შეიძლება კაცობრიობა შეეწინააღმდეგოს მომავალ ბუნებრივ კატაკლიზმებს.



## IV. ბუნებრივი გარემოს ხარისხის შეფასება

### 4.1. ეკოლოგიური სტანდარტები

ეკოლოგიური მონიტორინგის შედეგად შესრულებული კვლევების მნიშვნელოვან სფეროს ბუნებრივი გარემოს ხარისხის შეფასება წარმოადგენს.

*ბუნებრივი გარემოს ხარისხი* - არის ადამიანის ფიზიოლოგიური შესაძლებლობების შესაბამისი ბუნებრივი პირობების დონე.

ასხვაგვარად ჯანსაღ, ანუ კომფორტულ, ბუნებრივ გარემოს, რომლის პირობებში ადამიანის ჯანმრთელობა წესრიგშია, და არაჯანსაღ გარემოს, რომელშიც ადამიანის ჯანმრთელობის მდგომარეობა უარესდება.

როდესაც ადამიანისა და გარემოს ურთიერთობის პროცესში ჯანმრთელობის შეუქცევადი ცვლილებები დაიკვირვება, ასეთ გარემოს ექსტრემალურს მიაკუთვნებენ. ამგვარი მოვლენების ასაცილებლად შემუშავებულია ბუნებრივი გარემოს ხარისხის მეცნიერული შეფასები, რომლებსაც ბუნებრივი გარემოს ხარისხის სტანდარტებს უწოდებენ. ისინი ეკოლოგიურზე და სამრეწველო-სამეურნეოზე დაიყოფებიან.

ეკოლოგიური სტანდარტები ბუნებრივ გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ზღვრულად დასაშვებ ნორმებს ადგენენ, რომელთა გადამეტებას ადამიანის ჯანმრთელობისთვის, მცენარეებისა და ცხოველებისთვის ზიანი მოაქვს.

ამჟამად, ატმოსფერული ჰაერის 200 და წყლის სივრცის კი, 600-ზე მეტ დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ) არის შემუშავებული.

გარდა ამისა, დადგენილია მაგნე ფიზიკური ზემოქმედების ზღვრულად დასაშვები დონეები, უმთავრესად, ხმაურისა და ელექტრომაგნიტური დაბინძურებებისთვის.

ბუნებრივი გარემოს ხარისხის სამრეწველო-სამეურნეო სტანდარტები არეგულირებენ: - სამრეწველო, მუნიციპალურ და სხვა ობიექტების მუშაობის ეკოლოგიურად უსაფრთხო რეჟიმს.

ასეთი სახის სტანდარტებს ბუნებრივ გარემოში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევები (ზდკ) და ამა თუ იმ ტერიტორიის კონკრეტული წყაროებით (საწარმოებებით) წყლის ობიექტებში დამაბინძურებე-

ლი ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები ჩაშვებები (ზღრ) მიეკუთვნებიან.

ყოველწლიურად ბიოსფეროში მოხვედრილი ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა, მინერალური სასუქების გამოკლებით, დაახლოებით, 2 მილიონ ტონას შეადგენს.

თითოეული მათგანის კონცენტრაცია შესაძლოა არ აღემატებოდეს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციის მნიშვნელობას, მაგრამ მათ ერთობლივ ყოფნას, გარკვეული კონცენტრაციებით, შეუძლია გამოიწვიოს ისეთივე ეფექტი, როგორც ზღკ-ს გადამეტებისას. ამ მოვლენას შეკრებითობის ეფექტს უწოდებენ. ასეთი ეფექტი, მაგალითად, მავნე ნივთიერებათა შემდეგ კომბინაციებს გააჩნიათ: აცეტონი - ფენოლი, გოგირდის დიოქსიდი - ფენოლი, გოგირდის დიოქსიდი - წყალბადის სულფიდი და ა.შ.

ჰაერში რამოდენიმე, შეკრებითობის ეფექტის მქონე, მინარევის არსებობისას, უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად აუცილებელია სრულდებოდეს შემდეგი პირობა:

$$\frac{C_1}{\text{ზღკ}_1} + \frac{C_2}{\text{ზღკ}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ზღკ}_n} \leq 1 \quad , \quad (4.1)$$

სადაც  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - მავნე ნივთიერებათა ფაქტიური კონცენტრაციებია ბუნებრივ გარემოში, ხოლო  $\text{ზღკ}_1, \text{ზღკ}_2, \dots, \text{ზღკ}_n$  - ბუნებრივ გარემოში ამ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციებია.

სამრეწველო გაფრქვევები ადამიანის ჯანმრთელობისთვის წარმოადგენენ საშიშროებას იმ შემთხვევაში, თუ ფორმულა (4.1) - ით გაანგარიშებული მოცემული სიდიდეების ჯამი ერთზე მეტი აღმოჩნდება. ასეთ შემთხვევაში, ცალკეული საწარმოს, ქალაქისა თუ დასახლებისთვის მუშავდება გარემოს ხარისხის გაუმჯობესების ღონისძიებები. მათი გაერთიანება შესაძლებელია შემდეგ ჯგუფებში:

- ტექნოლოგიური - ახალი ტექნოლოგიების დამუშავება, გამწმენდი ნაგებობები, საწვავის შერჩევა, წარმოების, ტრანსპორტის და სხ. ელექტროფიკაცია;
- სამართლებრივი - ბუნებრივი გარემოს ხარისხის დაცვის საკანონმდებლო აქტების შემუშავება;
- არქიტექტურულ - დაგეგმვითი - დასახლების ტერიტ-

ორიის ზონირება, დასახლების გამწვანება, სანიტარული დაცვის ზონის ორგანიზება, საწარმოს და საცხოვრებელი ტერიტორიების რაციონალური დაგეგმვა;

- ინჟინერულ-საორგანიზაციო - მანქანების სადგომებისა და შუქნიშნების შემცირება, გადატვირთულ მაგისტრალზე ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიობის შემცირება;
- ეკონომიკური ღონისძიებები – ეკონომიკური ფაქტორების შემუშავება.

ამასთან ყურადღება ეთმობა შემდეგ გარემოებას: იმ შემთხვევაში, როდესაც მოცემული სამრეწველო ტერიტორიული კომპლექსისთვის განსაზღვრულია ზღვრულად დასაშვები ტექნოგენური დატვირთვა - *ზღტდ*, ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევები - *ზღვ* და ზღვრულად დასაშვები ჩაშვებები - *ზღჩ*, პრევენციული მოქმედების არეალი შედარებით მარტივდება და ძირითადი გადაწყვეტილება განისაზღვრება მავნე ნივთიერებათა ემისიების შეფასებებით.

ხოლო, თუ ასეთი მკაცრი შეფასებები არ არის შესრულებული და დროებით შეთანხმებული ნორმატივებით სარგებლობენ, ამოცანა რთულდება და გადაწყვეტილების მისაღებად შედარებით უფრო დიდი მნიშვნელობა ეკოლოგიური ზარალის შეფასებებს ენიჭება.

ბუნებრივი გარემოს ხარისხის მართვის პრინციპების თანახმად, გარემოსდაცვითი გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში, ძირითადი მოსაზრებები პრევენციული ზომების შესახებ, ზემოქმედების შეფასების შედეგების მიხედვით განისაზღვრება. ამასთან, ეკოლოგიური რეგულირების კონტროლის ერთ-ერთ ცენტრალურ პროცედურას ბუნებრივ გარემოზე სამეურნეო საქმიანობის ზემოქმედების შეფასება წარმოადგენს.

## **4.2. ძირითადი საკონტროლო პარამეტრები**

მიმდებარე გარემოს დამაბინძურებელ პროდუქტებს შორის, ცოცხალი ორგანიზმებისათვის განსაკუთრებული საფრთხის შემცველ ეკოტოქსიკანტების ჯგუფს გამოყოფენ.

მათ რიცხვში შედის ნივთიერებები, რომლებიც ცოცხალი ორგანიზმებისათვის უცხო წარმომავლობის არიან და, ამასთან, ტოქსიკური თვისებები გააჩნიათ, ან ბუნებრივ გა-

რემოში ტრანსფორმაციის პროცესში, ან ცოცხალ ორგანიზმებთან ურთიერთობისას აქვთ ეს თვისებები შექმნილი.

გარემოს დამაბინძურებელ ეკოტოქსიკანტების რიცხვის მიმე მეტალებს და მათ ნაერთებს (ტყვია, ვერცხლისწყალი, კადმიუმი, თუთია და სხ.), რადიონუკლიდებს, ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებს, პესტიციდებსა და ჰერბიციდებს, ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს (ზარ) და პოლიქლორირებულ ბიფენილებს (პბ) ქიმიური, მეტალურგიული და სხვა საწარმოთა ტოქსიკურ ნარჩენებს მიაკუთვნებენ.

### **ნახშირორჟანგი (CO<sub>2</sub>)**

*ნახშირორჟანგის წყაროები* - ფერადი და შავი მეტალურგიის საწარმოები, ნავთობგადამუშავებისა და ნავთობქიმიური მრეწველობები. იგი წარმოქმნება წიაღისეული საწვავის წვის პროცესში. შედის გამონაბოლქვი აირების შემადგენლობაში. მისი დიდი კონცენტრაცია ჰაერში ასფიქსიას (სულის შეხუთვას), სხეულის ზოგად შესუსტებას - იმუნოდეფიციტს, სისხლძარღვთა ტონუსის რეგულაციის რღვევას და რესპირატორულ დაავადებებს იწვევს.

გრძელვადიანმა კონტაქტმა ნახშირორჟანგის შემცველ გამონაბოლქვ აირებით დაბინძურებულ გარემოსთან, შესაძლოა სუნთქვის უკმარისობა, სინუსიტი, ბრონქიტი, ბრონქოპნევმონია, ფილტვების კიბო ან თავის ტვინის სისხლძარღვთა ათეროსკლეროზი გამოიწვიოს.

ნახშირორჟანგი შთანთქმავს დედამიწის მიერ გამოსხივებულ ინფრაწითელ სხივებს, რის შედეგადაც სათბური აირების ერთ-ერთ მთავარ შემადგენელ ნაწილად გვევლინება და გლობალური დათბობის პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს.

### **ოზონი (O<sub>3</sub>)**

*ოზონის წყაროები*: მიკროორგანიზმებისგან წყლისა და ჰაერის გამწმენდი აპარატები და შენობების სადემინფექციო მოწყობილობები; ოზონის თერაპია და ნაკეთობების სტერილიზაცია მედიცინაში; ლაბორატორიული და საწარმოო პრაქტიკაში რიგი ნივთიერების მოპოვების და ქაღალდის გაუფერულების პროცესები.

*ადამიანის ჯანმრთელობაზე გავლენა*: ქმნის რადიკალებს და არღვევს ორგანიზმში ჟანგვის პროცესებს, იწვევს მწვავე მოწამვლას, რესპირატორული სისტემის დაზიანებას,

თვალის გაღიზიანებას, თავის ტკივილს, არტერიული წნევის შემცირებას, გულის აქტივობის შემცირებას, ხოლო ფიზიკური დატვირთვა ზრდის ტოქსიკურ ეფექტს. ქრონიკული მოწამვლა გამოიხატება გაღიზიანებადობით, სისუსტით, ძილის დარღვევით, გულის ტკივილით, ცხვირიდან სისხლდენებით.

*გარემოზე ზემოქმედება:* იწვევს მცენარეთა ქსოვილების ქრონიკულ ან მწვავე დაზიანებას (ფოთლების ნეკროზი, ზრდის ცვლილებები, პროდუქტიულობის შემცირება, მცენარეთა მეურნეობის მოსავლის ხარისხის შემცირება).

### **გოგირდის დიოქსიდი (SO<sub>2</sub>)**

*გოგირდის დიოქსიდის წყაროები:* იგი ვულკანური აირების ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტია; გოგირდის შემცველი საწვავის წვის პროცესში ან ფერადი და შავი მეტალურგიისა და ქიმიური მრეწველობის საწარმოებში გოგირდოვანი მადნეულის გადამუშავებისას გამოიყოფა; შენაერთების ნაწილი შიდა წვის ძრავების ემისიებიდან წარმოიქმნება.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* იწვევს სხეულის ზოგად მოწამვლას, სისხლის შედგენილობის ცვლილებებს, მეტაბოლურ დარღვევებს, ლორწოვანი გარსის დაზიანებას, ბრონქულ სპაზმს, ასთმას, ლარინგიტს, ტონზილიტს, რინიტიტს, კონიუნქტივიტს, ემფიზემას, ალერგიულ რეაქციებს, ბავშვებში სისხლის წნევის გაზრდას. გოგირდის დიოქსიდის მაღალი კონცენტრაციის ჩასუნთქვისას ხდება გუდვა, სიტყვის არეულობა, გადაყლაპვის გართულება, ღებინება, შესაძლებელია ფილტვების მწვავე შეშუპება.

*გარემოზე ზემოქმედება:* მცენარეული საფარის მწვავე და ქრონიკული დაზიანება პროდუქტიულობის შემცირებასა და ზრდის შენელებას იწვევს.

### **აზოტის ოქსიდები**

*წყაროები:* ბუნებრივი - ბაქტერიული აქტივობა ნიადაგში, ელჭექის მოვლენები, ვულკანური ამოფრქვევები;

*ანთროპოგენური* - შავი მეტალურგიის კომბინატები, აზოტის სასუქების, აზოტის მჟავებისა და ნიტრატების წარმოება, თბოელექტროსადგურები, შიდაწვის ძრავები.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* ადამიანისა და ცხოველთა ფილტვებში მოხვედრისას ჰქმნის აზოტმჟავას; ფილტვებში იწვევს ცვლილებებს: შეშუპებებს, კომპლექსურ

რეფლექსურ დარღვევებს; აზოტის ოქსიდებით მწვავე მოწამვლა იწვევს: ხველას, თავის ტკივილს, ღებინებას ფილტვების მკვეთრი სპაზმების შედეგად; ქრონიკული მოწამვლა გამოხატულია ბრონქიტში, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის დაზიანებაში, მეტაბოლურ დარღვევებში, კუნთებისა და გულის სისუსტეში, ნერვულ დარღვევებში, ღრძილების დაავადებაში, ტუბერკულოზში, ასევე თმის, ნესტოების და მაჯების მოყვითალო შეფერადებაში.

*გარემოზე ზემოქმედება:* - დამატებით ირიბი ზემოქმედებასთან (მუავე წვიმები), ხანგრძლივი ექსპოზიციის პირობებში შეიძლება შეამციროს ზოგიერთი მცენარის ზრდა; მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფოტოქიმიური სმოგის ფორმირებაში.

### **ამიაკი (NH<sub>3</sub>)**

*წყაროები:* ქიმიური მრეწველობა (აზოტის სასუქების, ასაფეთქებელი ნივთიერებების, პოლიმერების, აზოტის მუავის, სოდის და სხვა პროდუქტების წარმოებები); სამაცივრო ტექნიკა, როგორც მაცივარი აგენტი; შავი მეტალურგიისა და ნავთობის გადამამუშავებელი მრეწველობის კომბინატები.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* ჰაერში მოცულობით 0.5% -ს შემცველობისას, ამიაკი ძლიერ აღიზიანებს ლორწოვან გარსს; მწვავე მოწამვლისას თვალის და რესპირატორული ტრაქტის, ღვიძლის, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის, ენდოკრინული აპარატის და, ცენტრალური ნერვული სისტემის დაავადებები აღინიშნება; ქრონიკული მოწამვლისას კუჭ-ნაწლავის მოქმედების დარღვევები, ზედა სასუნთქი გზების კატარი, პნევმონია, ბრონქიტი, კონიუნქტივიტი, რინიტი და ლარინგიტი ვითარდება. თხევადი ამიაკი მძიმე დამწვრობას იწვევს.

*გარემოზე ზემოქმედება:* სასუქების ჭარბი და არასწორი გამოყენების შედეგად და საძოვრებიდან და პირუტყვთა თავმოყრის ადგილებიდან ჩანადენების შედეგად მიღებული გარემოს დაბინძურების ძირითადი წყარო.

### **ქლორი (Cl) და მისი ნაერთები**

*წყაროები:* პოლივინილქლორიდის, პლასტიკატების და სინთეზური კაუჩუკის წარმოება; ქიმიურ წარმოებაში - ქლორწყალბადმუავას (მარილმუავას), გამათეთრებელის, კა-

ლიუმქლორატის (ბერთოლეს მარილი), ლითონის ქლორიდების, საწამლავისა და წამლების მისაღებად. მეტალურგიაში სუფთა ლითონების წარმოებისთვის.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* ქლორის ნაერთებს ფილტვებში მოხვედრისას მიყვავართ ქლორწყალბადმქავას ფორმირებასთან, რასაც შეუძლია ფილტვის ქსოვილის დამწვრობა, გაგუღვა, ფილტვის შეშუპება და ლეტალური შედეგი გამოიწვიოს. შეუძლიათ სუნთქვის რითმის, ყნოსვისა და თვალის სინათლის მგრძნობელობის დარღვევა და ლორწოვანი გარსის შეშუპება გამოიწვიონ. ქლორის ტოქსიკური ნაერთები ქიმიური მომწამლავი ნივთიერებების სახით, როგორც მასობრივი განადგურების იარაღი გამოიყენება.

*ზემოქმედება გარემოზე:* ამცირებს ქლოროფილის შემცველობას და ფოტოსინთეზის აქტივობას, აფერხებს მცენარეების ზრდას და განვითარებას.

ქლორორგანული ინსექტიციდების გამოყენება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მიმართ მავნე მწერების განადგურების მიზნით, სასარგებლო ორგანიზმებს აყენებს ზიანს და ბიოცენოზების სტაბილურობის მდგომარეობას არღვევს.

### **ფთორი (F) და მისი ნაერთები**

*წყაროები:* აირისებური იზოლატორები ელექტროტექნიკურ მრეწველობაში; ქიმიური მრეწველობა: ტეფლონების წარმოებისას, კრიოლიტის, ფთორორგანული ნაერთებისა და ფრეონების მიღებისას; ალუმინის ინდუსტრია.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* ფთორის სიჭარბე ორგანიზმში კბილის მინანქრის დაშლას და კალციუმის დაღეჟვას ხელს უწყობს. უკანასკნელი კი, კალციუმის და ფოსფორის მეტაბოლიზმის რღვევას იწვევს; ფთორის ნაერთები ადამიანის ორგანიზმში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენითი პროცესებს უშლიან ხელს და ორგანიზმის იმუნოლოგიური რეაქტიულობის მაჩვენებლებს ამცირებენ.

მაღალი კონცენტრაციების პირობებში: თვალის კონიუნქტივიტის, ცხვირის ლორწოვანი გარსის, ღრძილების და ზოგადად პირის ღრუს, ლარინგიტის და ბრონქების ნელა

განკურნებადი პროცესების განვითარება და, ასევე, ჩირქოვანი ბრონქიტი და ცხვირიდან სისხლდენა არის შესაძლებელი.

*გარემოზე ზემოქმედება:* ფთორისა და მისი ნაერთების გადაჭარბებული და არასწორი გამოყენების შედეგებმა შეიძლება გარემოს გაუარესება, ცოცხალი ორგანიზმების ფთორიდებით მოწამვლა და, შედეგად, ეკოსისტემების ტროფიკის ჯაჭვებში რღვევები გამოიწვიოს.

**მძიმე ლითონები (Cd, Pb, Hg, Zn, Cu, Co, Cr, Ni და ა.შ.)**

*წყაროები:* ცემენტის, ტყვიის, თუთიის, ნიკელის, კობალტის, კადმიუმის, ვერცხლისწყლის, პლასტმასის, სინთეზური ფისების და ბოჭკოების მწარმოებელი ქარხნები; ლითონდასამუშავებელი და მანქანათმშენებლობის საწარმოები; თბოენერგეტიკის საწარმოები; შლამისაგან დამზადებული სასუქების გამოყენება.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* კადმიუმის ნაერთები ხელს უშლიან რიგი ფერმენტის აქტივობას, არღვევენ ფოსფორ-კალციუმის ცვლას ორგანიზმში და მიკროელემენტების მეტაბოლიზმს; ვერცხლის წყალი და ტყვიის ნაერთები შხამიანებია; სპილენძის ნაერთებით მოწამვლამ შეიძლება ნერვული სისტემის მოშლა და ღვიძლისა და თირკმლის ფუნქციების რღვევა გამოიწვიოს; თუთიის ნაერთები შეიძლება დაავადებათა მატების მიზეზი იყვნენ.

*გარემოზე ზემოქმედება:* მძიმე ლითონები, საკვებ ჯაჭვში მოხვედრით არღვევენ ბიოლოგიური ქსოვილების ელემენტურ შედგენილობას, რის შედეგად ბიოლოგიურ ორგანიზმებზე პირდაპირ ან არაპირდაპირ ტოქსიკურ ეფექტს ახდენენ.

**ბენზ(ა)პირენი (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)**

*ბ(ა)პ-ს წყაროები:* თბოელექტროსადგურები; შავი და ფერადი მეტალურგიის, ქიმიის, ნავთობგადამუშავებისა და ნავთობქიმიური მრეწველობის კომბინატები; ალუმინის, ცემენტის, ასფალტის საწარმოები; ავტოტრანსპორტი.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* ბ(ა)პ – პროფესიული კიბოთ დაავადების მიზეზია; აზიანებს კუჭს, კანს და სარძევე ჯირკვლებს; იწვევს მელანომს და ფილტვების, ბრონქების და პლევრის კიბოს.



ბ(ა)პ-ის ზოგიერთი წარმოებული პროდუქტი უფრო აქტიურია, ვიდრე თვითონ მისი პროდუქტი. ხანგრძლივი ზემოქმედებისას, კეთილთვისებიანი და ავთვისებიანი ნეოპლაზმები შეიძლება განვითარდეს. არის ძლიერი კანცეროგენი, იწვევს ლეიკემიას და თანდაყოლილ სიმახინჯეს.

ბ(ა)პ-ის კონცენტრაციებისთვის არ არსებობს ზღვრული მნიშვნელობები. ის ჯანმრთელობას ნებისმიერი რაოდენობით უქმნის საფრთხეს.

*გარემოზე ზემოქმედება:* გროვდება ძირითადად ნიადაგში, ნაკლებად წყალში.

ნიადაგიდან მცენარეების ქსოვილში შედის და განაგრძობს თავის მოძრაობას ტროფიკის ჯაჭვში, ამასთან თითოეულ მის საფეხურზე ბ(ა)პ-ის შემცველობა ბუნებრივ ობიექტებში თითო რიგით მატულობს (ბიოაკუმულაციის ეფექტი).

**აეროზოლები** (*ატმოსფერულ ჰაერში დანაწევრებული მყარი და თხევადი ნაწილაკები*).

*წყაროები:* თბოელექტროსადგურები, ნახშირის გამამდიდრებელი ფაბრიკები, ცემენტის, მაგნეზიტის და მეტალურგიული ქარხნები, მანქანათმშენებლობის და ლითონდამუშავების საწარმოები, აზოტმუავის და მინერალური სასუქების საწარმოო კომბინატები.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* აეროზოლები იწვევენ სპეციფიურ დაავადებებს: ალერგიულ რეაქციებს, ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებებს, რესპირატორულ დაავადებებს, პნევმონიას, ბრონქიტს, კანის დაზიანებებს, ასთმას, კონიუნქტივიტს, გულ-სისხლძარღვთა სისტემის მოქმედების რღვევას, კიბოთ დაავადების მატებას.

*გარემოზე ზემოქმედება:* ატმოსფეროში აეროზოლური დამაბინძურებლები კვამლის, ნისლის ან ბურუსის სახით აღიქმებიან. ჰაერის დამაბინძურებლების: სილიციუმის, კალციუმის, ნახშირბადის, ლითონის ოქსიდების და სხ. ნაერთების შერევის შედეგად მიღებული აეროზოლური ფენა, ატმოსფერული ჰაერის საშიში დამაბინძურებელია და არღვევს ბიოცენოზების სტაბილურობის მდგომარეობას.

### **ნავთობპროდუქტები**

*წყაროები:* ნავთობმოპოვების და ნავთობგადამუშავების საწარმოები, ნავთობქიმიური მრეწველობა და ბენზინგასამართი სადგურები.

*გაგლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე*: მაღალი კონცენტრაციების ხანგრძლივი ზემოქმედების პირობებში იწვევენ სხეულის ზოგადმოწამვლას, ნაზოფარინგალური ლორწოვანი გარსის, სუნთქვის ორგანოების, ცენტრალური ნერვული სისტემის და კარდიოვასკულარული სისტემის დაზიანებას. გარდა ამისა, აგრეთვე, დაიკვირვება დაღლილობის მომატება, ყურადღების შემცირება, ასთმა, ალერგიული რეაქციები, ჰემოგლობინის მაჩვენებლების შემცირება, მხედველობის გაუარესება, ფილტვების კიბოს და ბრონქების დაავადებების მატება.

*გარემოზე ზემოქმედება*: წყალში მოხვედრისას, ნავთობპროდუქტები ინფრაწითელი გამოსხივების მშთანთქავ ფირის ფენის სახით ვრცელდებიან; შეუძლიათ დიდი ხნით დაზიანონ წყლის ზედაპირზე, გადაადგილდნენ წყლის დინებით; გამოირიყებიან ხმელეთზე, ილექებიან მდინარის ფსკერზე, რითაც მომაკვდინებლად მოქმედებენ წყლის ეკოსისტემების ბიოტაზე.

### **ელექტრომაგნიტური ველები**

*წყაროები*, რადიოლოკაციური, რადიო – და სატელევიზიო სადგურები, სხვადასხვა სამრეწველო დანადგარები, მოწყობილობები, მათ შორის, საყოფაცხოვრებო ტექნიკა.

*გაგლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე*: თუნდაც შედარებით დაბალი დონის ელექტრომაგნიტური ველების ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად, კიბოს დაავადებების, ქცევითი ცვლილებების, მეხსიერების დაკარგვის, პარკინსონის და ალცჰეიმერის დაავადებების, ბავშვებში მოულოდნელი სიკვდილის სინდრომის, სექსუალური ფუნქციის მოშლა და სხვა დაავადებების განვითარებაა შესაძლებელი.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ელექტრომაგნიტური ველების ზემოქმედების საშიშროება დედის საშვილისნოში განვითარებადი ორგანიზმისა (ემბრიონის) და ბავშვებისათვის, და, ასევე, ალერგიული დაავადებებისადმი მიდრეკილების მქონე ადამიანებისთვის, რადგან მათ ელექტრომაგნიტური ველების მიმართ ძალიან მაღალი მგრძობიანობა გააჩნიათ.

## **რადიოაქტიური დაბინძურება**

*რადიოაქტიური დაბინძურების წყაროები:* ბირთვული იარაღის ტესტები, ატომურ ელექტროსადგურებზე უბედური შემთხვევები და, ასევე, რადიოაქტიური ნარჩენები.

ბუნებრივ რადიოაქტიურობას, რადონის ჩათვლით, რადიოაქტიურ დაბინძურებაში წვლილი შეაქვს. ბუნებრივ რადიაციულ წყაროებს (რადიაციული ფონი) მიაკუთვნებენ კოსმოსურ გამოსხივებას და რადიონუკლიდებს დედამიწის ქერქში, წყალსა და ატმოსფეროში.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* შესაძლებელია ადამიანის ქსოვილების შიდა და გარე დასხივება. ამ მოქმედებას ახასიათებს: ზოგადტოქსიური ეფექტი, უპირატესად, პარენქიმატოზული ორგანოებისა და ცენტრალური ნერვული სისტემის დაზიანებით, მეტაბოლური პროცესების, საჭმლის მონელების და საკვები ნივთიერებათა ათვისების რღვევით; იმუნომოდულაციური ქმედება; საშიში გრძელვადიანი ეფექტის გამოწვევის უნარი (კანცეროგენური, მუტაგენური, ალერგენური, ტერატოგენური, გონადოტოქსიური და ემბრიოტოქსიური).

## **მიკროორგანიზმები**

*წყაროები:* დაავადების გამომწვევი აგენტები გვხვდება ყველა გარემოში, წარმოადგენენ ერთ-ერთ ძირითად რისკფაქტორს ყოველდღიურ ცხოვრებაში. პათოგენების დიდი რაოდენობა მუდმივად იმყოფება ჰაერში, წყალში და ნიადაგში. ინფექციურ დაავადებათა პათოგენები სხეულში საკვებთან და სასმელ წყალთან ერთად შედიან.

*გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე:* მიკროორგანიზმები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ჯანმრთელობასა და სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე. პათოგენური მიკროორგანიზმები ადამიანის სხეულში შედიან ძირითადად რესპირატორული, საჭმლის მომნელებელი და სისხლის მიმოქცევის სისტემებიდან. ზოგიერთი მიკროორგანიზმები უხერხემლო ცხოველების რიგი სახეობების კბენის შედეგად ხვდებიან ადამიანის სისხლში. ისინი იწვევენ ინფექციური და პარაზიტარული დაავადებების განვითარებას, მათ შორის ლეტალური შედეგებით. ბოლო ათწლეულებში ინფექციური დაავადებების სტრუქტურა შეიცვალა. პარაზიტებით, ტიფური ცხელებით და დიზენტერიით დაავადებათა შემთხვევების

მკვეთრ შემცირებასთან ერთად, გაიზარდა საღმონელეზის, სტაფილოკოკის, სტრეპტოკოკის დაავადებათა მნიშვნელობა.

### 4.3. ეკოლოგიური მონიტორინგი და ეკოლოგიური კონტროლი

*ეკოლოგიური მონიტორინგის* ქვეშ იგულისხმება ბუნებრივი გარემოს ორგანიზებული მონიტორინგი, რომელიც:

- უზრუნველყოფს ადამიანისა და ბიოლოგიური ობიექტების (მცენარეები, ცხოველები, მიკროორგანიზმები) ჰაბიტატის გარემოს მდგომარეობის მუდმივ შეფასებას და, ასევე, ეკოსისტემების მდგომარეობის ფუნქციონალური მთლიანობის შეფასებას;
- ხელს უწყობს მაკორექტირებელი ქმედებების განსაზღვრის პირობების შექმნას, იმ შემთხვევებში, როდესაც ეკოლოგიური პირობების მიზნობრივი მაჩვენებლები არ არის მიღწეული.

ზემომოტანილი საშუალებას გვაძლევს ტერმინები *"მონიტორინგი"*, *"გარემოს მონიტორინგი"*, *"ეკოლოგიური მონიტორინგი"* - ერთმანეთის გადამფარავ ტერმინებად განვიხილოთ, ხოლო *"გარემოს მონიტორინგი"* და *"ეკოლოგიური მონიტორინგი"* - სინონიმად ჩავთვალოთ.

ამჟამად, გარემოს ხარისხის შეფასებასთან დაკავშირებით, არსებობს ორი ძირითადი ტერმინი: *"მონიტორინგი"* და *"კონტროლი"*.

*მონიტორინგი*, როგორც დაკვირვების, შეფასებისა და, ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად, ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის ცვლილებების პროგნოზის სისტემა, ბუნებრივი გარემოს ხარისხის მართვის ამოცანებსაც არ გამოორიცხავს, მაშინ, როდესაც *კონტროლი* არა მხოლოდ დაკვირვებასა და ინფორმაციის მოპოვებას, არამედ, გარემოს მდგომარეობის მართვასაც ითვალისწინებს.

*ეკოლოგიური კონტროლის* ქვეშ იგულისხმება სამთავრობო უწყებების, დაწესებულებების და მოქალაქეთა საქმიანობა ეკოლოგიური ნორმებისა და წესების დაცვაში. ამასთან ასხვავენ სახელმწიფოებრივ, სამრეწველო და საზოგადოებრივ ეკოლოგიურ კონტროლს.

ეკოლოგიური კონტროლის ამოცანებია:

- ეკონომიკური საქმიანობის გავლენის ქვეშ ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე და მის ცვლილებებზე დაკვირვებების წარმოება;
- ბუნების დაცვა, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების, ბუნებრივი გარემოს გაჯანსაღების, ბუნებრივი გარემოს ხარისხის მიმართ გარემოსდაცვითი კანონებისა და ნორმატივების მოთხოვნათა გეგმებისა და ღონისძიებების შესრულების შემოწმება.

ეკოლოგიური კონტროლის სისტემა ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე დაკვირვების სახელმწიფო სამსახურისაგან და სახელმწიფოებრივი, სამრეწველო და საზოგადოებრივი კონტროლისაგან შედგება.

### **ბუნებრივი გარემოს მონიტორინგის კომპონენტები:**

1. *ატმოსფერული ჰაერის მონიტორინგი* - არის სისტემა, რომელიც შეიცავს: დაკვირვებებს ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობაზე, მის დაბინძურებაზე და მიმდინარე პროცესებზე; ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობის შეფასებასა და მის დაბინძურების პროგნოზს;
2. *წყლის ობიექტების მონიტორინგი* - წყლის ობიექტების ჰიდროლოგიური ან ჰიდროგეოლოგიური და ჰიდროგეოქიმიური მაჩვენებლებზე რეგულარული დაკვირვებების სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფს მიღებული ინფორმაციის შეგროვებას, გადაცემასა და დამუშავებას ნეგატიური პროცესების დროული გამოვლენის, მათი განვითარების პროგნოზირების, მათზე შედეგების აცილებისა და განხორციელებული წაყლდაცვითი ღონისძიებების ეფექტურობის ხარისხის განსაზღვრის მიზნებისთვის;
3. *მიწისქვეშა წყლების მონიტორინგი* - დაკვირვების სისტემა, რომლის საფუძველზეც სრულდება მიწისქვეშა წყლების არსებული მდგომარეობის შეფასებები და ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენის ქვეშ მათი ცვლილებების პროგნოზი;
4. *ნიადაგის მონიტორინგი* - ნიადაგის საფარის მდგომარეობის კონტროლს და, ასევე, დაბინძურების შედეგად მისი ცვლილებების შეფასებასა და პროგნოზს ისახავს მიზნად.

## **ბუნებრივი გარემოს მონიტორინგის გლობალური სისტემა:**

*ბუნებრივი გარემოს მონიტორინგის გლობალური სისტემა (გმგს)* შეიქმნა მსოფლიო თანამეგობრობის ერთობლივი ძალისხმევით. პროგრამის ძირითადი დებულებები და მიზნები 1974 წელს ჩამოყალიბდა:

- ადამიანის ჯანმრთელობაზე საფრთხის შესახებ გამაფრთხილებელი გაფართოებული სისტემის შექმნა;
- ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედების შედეგებზე მიწისზედა ეკოსისტემების რეაქციის შეფასება;
- გლობალური ატმოსფერული დაბინძურებისა და მისი გლობალურ კლიმატზე გავლენის შეფასებები;
- ბიოლოგიურ სისტემებში დაბინძურების ხარისხისა და განაწილების შეფასებები;
- სასოფლო - სამეურნეო საქმიანობისა და მიწის გამოყენების შედეგად წარმოქმნილი ეკოლოგიური პრობლემების შეფასება;
- მსოფლიო ოკეანის დაბინძურებისა და ეკოსისტემებზე მისი გავლენის შეფასებები;
- საერთაშორისო მასშტაბებში ბუნებრივი კატასტროფების შესახებ გაფრთხილების სისტემის გაუმჯობესება.

## V. სამრეწველო საქმიანობის ეკოლოგიური რეზულირება

### 5.1. გარემოში მინარევთა ემისიების ეკოლოგიური ინვენტარიზაციის საკითხები

სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის თანამედროვე ეტაპზე, ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების მიზნით, საჭიროა ქმედითი კონცეფციის შემუშავება, რომელიც განაპირობებს მის სამეცნიერო-ტექნიკურ გრძელვადიან პოლიტიკას ეკოლოგიური საკითხების გათვალისწინებით.

როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, ამდგომი საკითხების დასამუშავებლად აუცილებლად უნდა ვიქონიოთ, ეკოლოგიური მონიტორინგის გზით მიღებული, სანდო, მრავალფეროვანი ინფორმაციული მასალა გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის შესახებ, როგორც მისი დამუშავების გარკვეული ეტაპისთვის, ისე პროგნოზული ცნობები ეკოსისტემის მდგომარეობის მოსალოდნელ ცვლილებებზე.

აღნიშნული ინფორმაციის მიღება, სათანადო დამუშავება და მისი გათვალისწინება საშუალებას იძლევა ქვეყნის ეკონომიკის ისეთნაირად გარდაქმნისა, რომ არ იქნეს დარღვეული ბუნებრივი გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობა.

ზემომოტანილი საკითხების დამუშავება რეგიონებისათვის, სადაც წარმოების მრავალდარგოვანი და გარემოზე ზემოქმედების მრავალსახოვანი ფაქტორების მქონე რაიონების აგლომერაციები აღირიცხება, ხშირად, რთულ ამოცანას წარმოადგენს და იგი დიდი რაოდენობის ალტერნატიული ვარიანტებისა და ქვევარიანტების ანალიზთან არის დაკავშირებული.

#### 5.1.1. სამრეწველო ემისიების მონაცემთა განზოგადების საკითხები

გარემოს დაბინძურების კონტროლის წარმოებისა და საჰაერო აუზის დაცვითი ღონისძიებათა განხორციელების პროცესში, დიდი ყურადღება ეთმობა ისეთ მნიშვნელოვან საკითხებს, როგორსაც ატმოსფეროში გაფრქვეული მავნე ნივთიერებათა შედგენილობისა და რაოდენობის შეფასებები, ანუ მათი ინვენტარიზაციასთან დაკავშირებული საკითხები წარმოადგენენ.

აღნიშნული საკითხების დამუშავების პროცესში, ნივთიერებათა ემისიების გათვლებში საწყის სიდიდეებს გამონაბოლქვთა მახასიათებლები, მათ შორის: - გამონაბოლქვ მინარევთა რაოდენობა (მასა), მოცულობა, ტემპერატურა, ატმოსფეროში გაფრქვევის სიჩქარე და ა.შ. წარმოადგენენ.

ამასთან, გამონაბოლქვთა წყაროების უმრავლესობისათვის, მიუხედავად მათი სახეობისა, გაანგარიშების საერთო მიდგომა არის დამახასიათებელი.

ცნობილია, რომ სათბობ ნივთიერებათა წვის შედეგად ჰაერში შემოსულ მავნე მინარევთა უდიდეს ნაწილს ნახშირორჟანგის აირი შეადგენს. მიუხედავად იმისა, რომ ეს აირი ტოქსიკურთა რიცხვს არ მიეკუთვნება, ატმოსფეროში მისი გამუდმებით მატება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს კლიმატის ცვლილებაზე, რაც მისი ემისიების გაანგარიშების მიმართ დიდ ინტერესს იწვევს.

თბოელექტროსადგურებზე, საქვაბეებსა და ავტომანქანებში მოხმარებულ სათბობში შემავალი ნახშირბადი თითქმის მთლიანად CO<sub>2</sub>-ში გადადის. თუ სათბობში ნახშირბადის შემცველობას Ac - თი აღვნიშნავთ, ნახშირორჟანგის ემისიების რაოდენობის გაანგარიშების მიზნით გამოიყენება შემდეგი გამოსახულება:

$$M_{CO_2} = 3.67 A_c \quad , \quad (5.1)$$

წვის პროცესში ჰაერის უკმარისობა სათბობის არასრულ წვას იწვევს, რის შედეგად CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფას ნახშირორჟანგის წარმოქმნა ახლავს თან, ხოლო მყარი სახის სათბობის წვისას, აგრეთვე, ნაცრის დიდი რაოდენობა გამოიყოფა. უკანასკნელის საანგარიშოდ ფორმულა (5.2) გამოიყენება:

$$M_n = B a_g (0.01 A^p + q_d) \cdot (100 - \eta_n) \quad , \quad (5.2)$$

სადაც B - სათბობის ხარჯი (ტ/სთ), a<sub>g</sub> - კვამლსადენში გატაცებული ნაცრის რაოდენობა, q<sub>d</sub> - არასრული წვის პროცესში დაკარგული სითბოს რაოდენობა, A<sup>p</sup> - სათბობის ნაცრიანობის მაჩვენებელი, ხოლო η<sub>n</sub> - მტვერდამჭერთა მარტი ქმედების კოეფიციენტი, % - ში.

სხვა დანარჩენი გამოყოფილი აირის რაოდენობის გამოსაანგარიშებლად, აგრეთვე, მრავალი მარტივი ფორმულა გამოიყენება, მათ შორის, მეთოდოლოგიურ სახელმძღვანე-



ლო “Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions” - ში სათბურ-  
რი გაზების (CO<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub> და არამეთანური  
აქროლადი ორგანული ნაერთების) ემისიების გასაანგარიშე-  
ბლად მოცემული ფორმულა:

$$M = \sum(EF_{abc} \times Activity_{abc}) \quad , \quad (5.3)$$

სადაც EF - ემისიების ფაქტორია, Activity – მოხმარებუ-  
ლი ენერჯიაა, ხოლო a - სათბობის ტიპის, b – დარგობრივი  
აქტივობის, c -კი, ტექნოლოგიის ტიპის მახასიათებლებია.

გამომდინარე იქიდან, რომ მრავალ საწარმოში გამოყე-  
ნებულ ნედლეულში და საბოლოო პროდუქტებში ცალკეულ  
ნივთიერებათა შემცველობა და მიმდინარე ქიმიური რეაქციე-  
ბი კარგადაა ცნობილი, ატმოსფეროში გაფრქვეულ ნივთიერ-  
ებათა რაოდენობა, აგრეთვე, შეიძლება დადგინდეს ნედლეუ-  
ლის ხარჯვის გაანგარიშებებში ბალანსური მეთოდის გა-  
მოყენებით. ასე, მაგალითად, ქიმიური ბოჭკოების საწარმო-  
ში ერთ-ერთ საწყის პროდუქტს გოგირდნახშირბადი (CS<sub>2</sub>)  
წარმოადგენს, ხოლო წარმოების პროცესში იგი ნაწილობ-  
რივ გოგირდწყალბადში (H<sub>2</sub>S) გადადის.

ხშირად, აგრეთვე, გამონაბოლქვთა რაოდენობის პირდა-  
პირი გაზომვებიც გამოიყენება. ამასთან, მინარევთა წყაროე-  
ბის ტიპებზე დამოკიდებულებით, გამონაბოლქვთა რეგისტრ-  
ირების მეთოდები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდები-  
ან. მაგალითად, ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვები, საერ-  
თოდ, საწვავის რაოდენობით და ხარისხით, ძრავის ტიპაჟ-  
ით, მისი მუშაობის რეჟიმით და მოძრაობის სიჩქარით განი-  
საზღვრება. აქ, ზოგ შემთხვევაში, გამონაბოლქვ აირებში  
ცალკეული მინარევის პროცენტული შემცველობა, ხოლო  
ზოგშიც კი, გავლილი მანძილის 1კმ-ზე გამონაბოლქვთა  
რაოდენობა დგინდება.

### 5.1.2. მინარევ ნივთიერებათა ემისიების მონაცემთა განზოგადების პრაქტიკული შედეგები

განსახილველი საკითხის პრაქტიკული რეალიზაციის  
მაგალითს ქვემოთ მოცემული, საქართველოს სამრეწველო  
ქალაქების ატმოსფერულ აუზში მაგნე ნივთიერებათა გაფ-  
რქვევების შესახებ სტატისტიკურ მასალებზე დაყრდნობით

შესრულებული, ატმოსფეროს დაბინძურების მდგომარეობისა და მისი მოსალოდნელი ეფექტების შეფასებები წარმოადგენს.

ცხრ. 5.1-ში მოცემულია საქართველოს ტერიტორიაზე, მანვე ნივთიერებათა მაქსიმალური სიდიდის ემისიების არსებობის პერიოდში, სამრეწველო (უძრავი) და ავტოტრანსპორტის (მოძრავი) წლიური გამონაბოლქვთა ცვლილებები.

ცხრილი 5.1. ხვადასხვა წყაროების ემისიების შეფასებები

წლები	ნივთიერებათა რაოდენობა (10 <sup>3</sup> , ტ/წლ)							
	გამოყოფილი	გაფრქვეული	მყარი		აიროვანი		ავტოტრანსპ. ემისიები	
			გამოყოფილი	გაფრქვეული	გამოყოფილი	გაფრქვეული	მთლიანად	მათ შორის, CO
1985	1135.5	518.3	682.1	115.2	453.4	403.1	1024.2	794.7
1986	1055.7	532.0	643.2	170.0	412.5	362.0	1037.5	804.8
1987	985.8	506.5	583.8	157.7	402.0	348.8	985.7	771.5
1988	917.3	458.8	447.7	144.7	369.6	314.1	1037.4	810.5
1989	829.0	417.6	516.9	128.9	312.1	288.7	953.2	743.9

განსახილველი ცხრილის შესაბამის გრაფებში დაბინძურების წყაროებიდან გამოყოფილი (გაწმენდამდე) და გამწმენდი მოწყობილობის გავლის შემდეგ ჰაერში გაფრქვეული ნივთიერებათა რაოდენობებია მოტანილი. ამ ორი გრაფის სხვაობებით გამოყოფილი აირების გამწმენდ ნაგებობებში გაუვნებლობის ხარისხზე შეგვიძლია ვიმსჯელოთ.

გამოთვლების თანახმად, საანალიზო პერიოდში მთლიანად გამოყოფილ ნივთიერებათა გაწმენდა, საშუალოდ, დაახლოებით 50%-ს უდრის. ამასთან, მყარ ნივთიერებათა გაწმენდა (მტვრის) 75%-ს შეადგენს, ხოლო აიროვანის კი, დაახლოებით 10% -ს უდრის. უკანასკნელი კი, მეტყველებს იმაზე, რომ ამ მინარევის გამოყოფილი რაოდენობის 90%-ზე მეტი გაწმენდის გარეშე გაიფრქვევა ატმოსფეროში.

გარდა ამისა, როგორც ცხრ.5.1 - დან ირკვევა, მოძრავი წყაროების გამონაბოლქვები მნიშვნელოვნად აღემატება სტაციონარული წყაროებიდან მიღებულ მათ რაოდენობას.

უმცირეს კვადრატთა მეთოდის გამოყენებით, მინარევთა წლიური საშუალო კონცენტრაციებისა და ემისიების მნიშვნელობათა ცვლილებების გამომსახველი წრფის განტოლებისა და ამ ცვლილებათა ტენდენციების ან ტრენდის განსაზღვრა არის შესაძლებელი. უკანასკნელის გამოსათვლელ ფორმულას, რომელიც ხუთწლიან ციკლში ბოლო წლის ცვლილების შეფასების საშუალებას იძლევა პირველ წელთან შედარებით, შემდეგი სახე გააჩნია:

$$T = \frac{1}{10M_1} [(2M_5 + M_4) - (2M_1 + M_2)] \cdot 100\% \quad , \quad (5.4)$$

სადაც T - ატმოსფეროში მოხვედრილი გამონაბოლქვთა ცვლილების ტენდენციაა, პროცენტებში, ხოლო  $M_1 - M_5$  - გამონაბოლქვთა რაოდენობებია 1 - მე-5-ე წლებში.

მოცემული ფორმულის დახმარებით შესრულებულმა გაანგარიშებებმა გვიჩვენა, რომ განსახილველ ხუთწლედში ჯამურ გამონაბოლქვებს 3%-ით შემცირების ტენდენცია გააჩნია. ამასთან, სამრეწველო და ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვებს, ცალ-ცალკე, შესაბამისად, 5 და 1.5%-ით შემცირების ტენდენცია ახასიათებთ.

განხილული კვლევის შედეგები საშუალებას იძლევიან ვიმსჯელოთ სხვადასხვა წყაროების წვლილზე ატმოსფეროს დაბინძურებაში ქვეყნის მასშტაბით.

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ გამონაბოლქვთა წყაროებიდან ემისიების მონაცემთა გაანგარიშების, შეპირისპირებისა და ანალიზის მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელია, პრაქტიკული თვალსაზრისით, საკმაოდ სრული წარმოდგენა მივიღოთ ატმოსფეროს დაბინძურების დონესა და საპროგნოზო ტენდენციების შესახებ (ცხრ.5.2).

გარდა ამისა, ისინი კლიმატის ცვლილების პრობლემათა და ეკოლოგიურად უსაფრთხო მრეწველობის განვითარების საკითხების პოზიტიურ გადაჭრას უწყობენ ხელს.

ცხრილი 5.2. საქართველოს ზოგიერთი რეგიონის  
ეკოლოგიური დატვირთვა

მოსახლეობა, $P \cdot 10^3$	ემისიის წყარო	ემისიები, $M \cdot 10^3$ , ტ/წლ	ეკოლოგიური დატვირთვა 1 სულ მოსახლეზე, E	
			კგ/წლ	გ/24სთ
აჭარა				
386	მრეწვე.	4.64	12.0	32.9
	ტრანსპ.	49.426	128.0	350.7
	ჯამი	54.066	140.1	383.8
იმერეთი				
807	მრეწვე.	0.62	0.8	2.2
	ტრანსპ.	12.027	14.9	40.8
	ჯამი	12.647	15.7	43.0
სამეგრელო -ზემო სვანეთი				
375	მრეწვე.	1.427	3.8	10.4
გურია				
160	მრეწვე.	0.074	0.5	1.4
საქართველო მთლიანად				
5300	მრეწვე.	18.217	3.4	9.4
	ტრანსპ.	293.04	55.3	151.5
	ჯამი	311.257	58.7	160.9

გარდა ამისა, ემისიების მონაცემთა ზემომოტანილი განზოგადების შედეგების დახმარებით, საკვლევი რეგიონის მოსახლეობის ეკოლოგიური დატვირთვის დადგენაც არის შესაძლებელი. ამისათვის ქვემოთ მოცემული ფორმულა იქნა შემუშავებული:

$$E = \frac{M}{P} \quad , \quad (5.5)$$

სადაც E - ეკოლოგიური დატვირთვაა, M -კი გაფრქვეული ნივთიერებათა, ხოლო P - მოსახლეობის რაოდენობებია.

მაგალითის სახით ცხრ. 5.2-ში მოტანილია ასეთი მცდელობის ერთ-ერთი შედეგი, რომელიც მოცემული ფორმულის დახმარებით მეოცე საუკუნის ბოლო წლების მონაცემების დახმარებით იქნა მიღებული.

როგორც ცხრ. 5.2-დან ჩანს, საქართველოში საკმარისად მაღალ ეკოლოგიურ დატვირთვას აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკის მოსახლეობა განიცდის, სადაც დღეღამეში სასუნთქად ერთ სულ მოსახლეზე ატმოსფერულ ჰაერთან ერთად 400გ-მდე მავნე მინარევი ნივთიერება მოდის. დანარჩენი რეგიონებისათვის ეს მაჩვენებელი შესაძვნებად უფრო დაბალია.

ამასთან, აღსანიშნავია, რომ მრეწველობასთან შედარებით, ავტოტრანსპორტის როლი აღნიშნულ მოვლენაში გაცილებით უფრო დიდია.

## **5.2. ბუნებრივი გარემოს დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ნორმირება**

ბუნებრივი გარემოს ხარისხის კონტროლისა და მართვის პროცესში განმსაზღვრელი მნიშვნელობა ჰიგიენურ ნორმატივებს ენიჭებათ. ისინი, პირველ რიგში, ადამიანის ჯანმრთელობაზე დამაბინძურებელ ნივთიერებათა მავნე ზემოქმედების პროფილაქტიკაზე არიან მიმართულნი.

სანიტარულ - ჰიგიენური ნორმატივები - ყველა დეპარტამენტის, ორგანოსა და ორგანიზაციებისთვის შესასრულებლად სავალდებულო, საკანონმდებლო აქტით დადგენილი, ბუნებრივი გარემოს ობიექტებში ქიმიური და სხვა შენაერთების შემცველობის დასაშვები დონეებია.

ბუნებრივი გარემოს ხარისხის ნორმატივები ატარებენ კონკრეტულ ხასიათს და გარკვეულ მაჩვენებლებზეა დაფუძნებული. მათ რიცხვში არიან:

- დაცვის ობიექტი, მაგალითად: მცენარეები, ტექნო-
- ლოგიური აღჭურვილობა, ადამიანი და სხ.;
- გარემო, რომელშიც ნივთიერების შემცველობის ნორმირება და კონტროლი მიმდინარეობს (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი, ადამიანის ბიოსუბსტრატები (სისხლი, თმა, ფრჩხილი, კბილის მაგარი ქსოვილები და სხ.);
- ზიანის კრიტერიუმი (სხვადასხვა ფორმებში დაავადებების განჩენა ადამიანში, მათ შორის გავლენა შთამომავლობაზე; მცენარეთა ნაყოფიერებისა და კვების ხარისხის შემცირება; ტექნოლოგიური აღჭურვილობის მწობრიდან გამოსვლა და სხ.);

- დროის მიხედვით რეგლამენტირებული მახასიათებელი (ზემოქმედება ადამიანის მთელი ცხოვრების განმავლობაში, მისი სამუშაო სტაჟის პერიოდში, მოკლე ვადაში, მაგალითად, ავარიული სიტუაციებისას);
- შედეგები ან ნორმატივის „ფასი“, რომლებთანაც შესაძლებელია დასაშვები დონის არარსებობამ ან გადაჭარბებამ მიგვიყვანოს.

დიდი ხანი სანიტარულ - ჰიგიენური ნორმატივები ბუნებრივი გარემოს ხარისხის ერთადერთ კრიტერიუმად რჩებოდა. ამჟამად ჰიგიენურ ზღვ-სთან ერთად, საქონლის საკვებში და სარწყავი წყლების ქიმიურ შემადგენლობაში მავნე ნივთიერებათა შემცველობის ნორმირება ხდება, დგინდება ჩამდინარე წყლებისა და თევზის მეურნეობის წყლის რეზერვუარებისთვის ქიმიური შენაერთების ზღვ და ა.შ.

მიუხედავად ამისა, ამდრომდე ჰიგიენური ზღვ ბუნებრივი გარემოს ხარისხის ძირითად კრიტერიუმს წარმოადგენს და გამოიყენება: ეკოლოგიური მდგომარეობის რისკების შესაფასებლად, ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევებისა და ზღვრულად დასაშვები ჩაშვებების (**ზღვ** და **ზღწ**) გასაანგარიშებლად, გარემოს დაბინძურებასა და მოსახლეობის ჯანმრთელობის გაუარესების რისკის მატებასთან კავშირის დასამყარებლად.

### 5.3. ეკოლოგიური ატესტაცია და პასპორტიზაცია

ეკოლოგიური ატესტაცია და პასპორტიზაცია ბუნების დაცვითი საქმიანობის ობიექტების, მათ შორის: ტერიტორიების, ტერიტორიულ - საწარმო კომპლექსებისა და სამეურნეო ობიექტების ეკოლოგიურ - ეკონომიკური მახასიათებლების დოკუმენტურ აღწერას ემსახურებიან. ამ მიზნით საწარმოს (სამრეწველო გაერთიანების), ტერიტორიის ეკოლოგიური პასპორტის ფორმები და ეკოლოგიური პასპორტიზაციის შესრულების მეთოდური სახელმძღვანელოებია შემუშავებული.

*საწარმოს ეკოლოგიური პასპორტი* ბუნებრივ გარემოზე ყველა სახის ტექნოგენური ზემოქმედების აღრიცხვისა და ბუნების წიაღის დაბინძურებაში სხვადასხვა სამრეწველო პროცესების წვლილის შედარებითი ანალიზის შესრულების მიზნით მუშავდება.

იგი მრავალსახეობრივ ნორმატიულ-საცნობარო, ფაქტო-გრაფიულ და ანგარიშგების ინფორმაციას შეიცავს ბუნებრივ გარემოზე მრეწველობის ნეგატიური ზემოქმედების შესახებ.

პასპორტი ამა თუ იმ სამეურნეო ობიექტის ეკოლოგიური ატესტაციის განხორციელების საშუალებას იძლევა, ზღვრულად დასაშვები ტექნოგენური დატვირთვისა და ტერიტორიის ეკოლოგიური ტექნომოცულობის მოთხოვნებთან მისი შესაბამისობის ნიშნებით.

*ტერიტორიის ეკოლოგიური პასპორტი* - რაციონალური ბუნებათსარგებლობისკენ მიმართული, სამეცნიერო, ორგანიზაციული და პრაქტიკული ამოცანების გადასაჭრელად საჭირო ინფორმაციით მომხმარებელთა ფართო წრის უზრუნველსაყოფად დგინდება.

მასში, ტერიტორიის ბუნებრივი კომპლექსების თანამედროვე მდგომარეობისა და მათზე ზემოქმედი ანთროპოგენური ფაქტორების შესახებ, მონაცემთა სისტემატიზირებული მასალაა მოცემული.

ეკოლოგიურ პასპორტში დასამუშავებლად შესატანი სასაკითხების ძირითადი მიმართულებები:

- ზოგადი ცნობები (ადმინისტრაციული დაყოფა, ტერიტორიის მოსახლეობა, მიწის მართვა);
- ბუნებრივი პირობები (გეოგრაფიული მახასიათებლები, ეკოლოგიური სტრუქტურა, კლიმატი, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, ნიადაგები, ფლორა და ფაუნა);
- ეკონომიკური სტრუქტურა (მეურნეობის სპეციალიზაცია, მრეწველობა, ენერგეტიკა და თბომომარაგება, სამთო მრეწველობა, ტრანსპორტი და მაგისტრალები, წყალთამეურნეობა, კომუნალური მეურნეობა, აგრარული მეურნეობა, სატყეო მეურნეობა, სანადირო მეურნეობა, თევზის მეურნეობა);
- ბუნებრივი გარემოს დაბინძურება (ატმოსფერული ჰაერის, ნიადაგის, ბუნებრივი წყლებისა და სასოფლო - სამეურნეო პროდუქციის დაბინძურება, გარემოს დაბინძურების შედეგად მოსახლეობის, ცხოველებისა და მცენარეთა დაავადება);

- ბუნებრივი კომპლექსების დაცვა (დაცული ბუნებრივი ტერიტორიები, გენოფონდი, რეკრეაციული ზონები).

გარდა ამისა, პასპორტს თან ერთვის თემატური რუკების ატლასი და დგინდება ტერიტორიის ზოგადი ეკოლოგიური რუკა. დოკუმენტის ბოლოში მოცემულია დასკვნა ეკოლოგიური სიტუაციის შესახებ, რაც, ფაქტობრივად, ტერიტორიის ეკოლოგიურ ატესტაციას შეესაბამება.

#### 5.4. ეკოლოგიური ექსპერტიზა

აღამიანთა ჯანმრთელობაზე, ბუნებრივ გარემოზე და ეკოსისტემებზე ზემოქმედებასთან დაკავშირებული საქმიანობის განხორციელებისას, წინასაპროექტო დონეზე ან პროექტის დოკუმენტაციაში, აუცილებელია ეკოლოგიური ექსპერტიზის (გარემოზე ზემოქმედების შეფასების) ჩატარების გზით უარყოფითი, ნეგატიური შედეგების გამორიცხვა.

*ეკოლოგიური ექსპერტიზა* უნდა იქნეს გაგებული, როგორც პროექტების განხორციელების ეკონომიკური ობიექტების ფუნქციონირების და გადაწყვეტილებათა მიღების ყველა შესაძლო ეკოლოგიური და სოციალურ - ეკონომიკური შედეგების კომპლექსური შეფასების სისტემა, რომელიც გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების თავიდან აცილებას და მცირე რესურსებით და მინიმალური უარყოფითი შედეგებით დასახული ამოცანების გადაჭრას ისახავს მიზნად.

*ეკოლოგიური ექსპერტიზის ობიექტებია:*

- საკვლევი ტერიტორიის სამრეწველო ძალებისა და მეურნეობის ცალკეული სუბიექტების განვითარებისა და განლაგების ყველა სახის დაგეგმვის წინა და წინასაპროექტო დოკუმენტაცია;
- ტექნიკური და ეკონომიკური გათვლები (დასაბუთებები), მშენებლობის, რეკონსტრუქციის, გაფართოების, ტექნიკური გადაიარაღებისა და ეკონომიკური ობიექტების და კომპლექსების ლიკვიდაციის პროექტები;
- ახალი ტექნიკის, ტექნოლოგიების, მასალებისა და ნივთიერებების შექმნის დოკუმენტაცია;
- ეკონომიკური საქმიანობის პროცესში ბუნების გამოყენების რეგლამენტის შემცველი, ნორმატიულ - სამ-



ართლებრივი, ინსტრუქციულ - მეთოდური და ნორმატიულ - ტექნიკური დოკუმენტაციის პროექტები;

- რეგიონის ეკოლოგიური მდგომარეობის დამახასიათებელი მასალები, რომელიც სხვადასხვა ტიპის მიმდინარე ეკონომიკური საქმიანობის გავლენის ქვეშ წარმოიქმნება.

*ეკოლოგიური ექსპერტიზის მიზანს წარმოადგენს:*

- კომპეტენტური სახელმწიფო ორგანოების მიერ დამტკიცების განხილვამდე, თანამედროვე ეკოლოგიური მოთხოვნებთან პროექტული გადაწყვეტილებების შესაბამისობის მეცნიერულად დასაბუთებული განსაზღვრის უზრუნველყოფა;
- დასაგეგმი, დასაპროექტირებელი და ფუნქციონირებადი ობიექტების რეალიზაციის პროცესში, ეკოსისტემაზე მათი შესაძლო ნეგატიური ზემოქმედების პრევენცია;
- ეროვნული ეკონომიკური გეგმების განხორციელების პროცესში, დინამიური ბუნებრივი წონასწორობის და გარემოს ხელსაყრელი პირობების შენარჩუნება.

მიუხედავად ეკოლოგიური ექსპერტიზის ობიექტისა, ის უნდა იძლეოდეს ამომწურავ ინფორმაციას (პასუხებს) მისი გავლენის შესახებ:

- ეკოლოგიური ფაქტორების შედგენილობასა და რეჟიმებზე, ადამიანისა და სხვა ორგანიზმების მიმართ ტოლერანტობის კანონის ასპექტში;
- შესაქმნელი ან მოქმედი ობიექტის ზემოქმედების ზონის საზღვრებში ისტორიულად ან დროებით მყოფი, ცოცხალი ორგანიზმების (მათ შორის ადამიანი) ეკოლოგიურ ნიშაზე;
- სამეურნეო, სამეცნიერო, ისტორიული, ესთეტიკური თვალსაზრისით ძვირფას ორგანიზმთა პოპულაციის შემადგენლობასა და სტრუქტურაზე;
- ეკოლოგიური სისტემების სტრუქტურაზე, თვისებებსა და პროდუქტიულობაზე;
- ბუნებრივი კომპლექსებისა და ლანდშაფტების მდგომარეობაზე;

- ნივთიერებათა მიმოქცევის ფუნქციონირებასა და გლობალურ დონეზე შესაძლო შედეგებზე.
  - ზემოაღნიშნულის შესრულება შემდეგი ამოცანების გადაჭრის გზით მიიღწევა:
    - პროექტის მასალების შემოწმება და შეფასება კონსტიტუციისა და საკანონმდებო აქტების მოთხოვნების შესაბამისად, მათ შორის: წიაღის, მიწის, წყლის, ტყის, ატმოსფერული ჰაერის და ფაუნის დაცვის კანონებისა, ბუნების დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების შესახებ კანონებისა, დაგეგმვის, დაპროექტებისა და კაპიტალური მშენებლობის შესახებ სხვა სამართლებრივი აქტებისა;
    - ექსპერტიზის განხორციელება სახელმწიფო ეკოლოგიური პოლიტიკის შესაბამისად იმისთვის, რომ პროექტის რეალიზაციისთვის, მშენებარე სამრეწველო ობიექტები არა მარტო ტექნიკური, არამედ ეკოლოგიური თვალსაზრისითაც იყვნენ მოწინავენი და ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევის ნებისმიერ შესაძლებლობას გამორიცხავდნენ;
    - საპროექტო მასალების ეკოლოგიური თვისებების დადგენა და მათში, ეკოლოგიური მეცნიერებათა მიღწევების გამოყენების საფუძველზე, ერთიან სისტემაში ანთროპოგენური და კონკრეტული ეკოლოგიური ქვესისტემების ურთიერთობის კანონზომიერების გათვალისწინების ხარისხისა და ზომის განსაზღვრა;
    - კონკრეტულ ბუნებრივ პირობებში საექსპერტო ობიექტების რეალიზაციის შესაძლებლობის შესახებ საიმედო მონაცემების დადგენა;
    - კონკრეტული ეკოსისტემების თავისებურებათა გათვალისწინებით, მასალების ეკოლოგიურობის ხარისხის შესახებ და გარემოსდაცვითი გადაწყვეტილებების ოპტიმალური ვარიანტების რეკომენდაციების შემცველი დასკვნების მომზადება.
- ექსპერტიზის პროცესში, ანალიზის, სინთეზის, შედარების, დაკვირვებების, აღწერისა და მოქმედი კანონმდებლობის მოთხოვნების მკაცრი დაცვისა და აბსტრაგირების მეშ-

ველობით, დეტალურად და ყოველმხრივ სწავლობენ პროექტის ეკოლოგიურ შინაარსს.

*შეფასების კრიტერიუმებად*, სამართლის ნორმების მოთხოვნები, გარემოს დაცვის პრინციპები, გარემოსდაცვითი პრიორიტეტები, ეკოლოგიური იმპერატივი, ბუნებრივი გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების სტანდარტები, სამშენებლო ნორმები და წესები, სანიტარიულ-ჰიგიენური ნორმატივები და, ასევე, დაგეგმვის წინასტადის, საპროექტო-გეგმვითი და საპროექტო-ხარჯვითი დოკუმენტაციების დამტკიცების ძირითადი მაჩვენებლები გამოდიან.

არანორმატიული მაჩვენებლებიდან შეფასების კრიტერიუმებს ადგილმდებარეობის ბუნებრივი თავისებურებათა გაერთიანებული მაჩვენებლები: ქარის მიმართულებები, ნისლეები, შტილები, ატმოსფერული ინვერსიები, რელიეფი და სხ. წარმოადგენენ, რომელთა დახმარებით ექსპერტებს შესრულებული სამუშაოების ობიექტური შეფასების მიცემა შეუძლიათ.

ეკოლოგიურ-საექსპერტო საქმიანობა უნდა შეიცავდეს, მეცნიერულად დასაბუთებული წინასწარმეტყველების ფორმით, გარემოსდაცვითი პროგნოზის ელემენტებს არა მხოლოდ პროექტის პერიოდისთვის, არამედ პერსპექტივისთვისაც, რომელიც ეკოსისტემის *საზოგადოება - ბუნება* ოპტიმალური რეჟიმის შენარჩუნებას ისახავს მიზნად.

ექსპერტები ვალდებული არიან პროექტებში უზრუნველყონ: - წყლის გაწმენდის (სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლის ჩათვლით), მავნე მინარევებიდან ატმოსფერული ჰაერის დაცვის, უტილიზაციის, საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნარჩენების ნეიტრალიზაციისა და მეორადი გამოყენების, სასარგებლო წიაღისეულის რაციონალური მოპოვების და მიწების რეკულტივაციის ნორმატივების მოთხოვნების შესრულება.

ეკოლოგიურ-საექსპერტო პროცესი სამი ძირითადი ეტაპიდან შედგება:

*მოსამზადებელი* - წარმოდგენილი საპროექტო მასალების აუცილებელი რეკვიზიტების არსებობის და მოქმედ კანონთან მათი შესაბამისობის შემოწმება;

*ძირითადი* - ექსპერტიზის ობიექტების მიხედვით მონაცემთა ანალიზური დამუშავება;

*დასკვნითი* - მონაცემთა განზოგადება და შეფასება და ექსპერტიზის აქტის შედგენა.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის სამართლებრივ საფუძველს ქვეყნის კანონმდებლობა წარმოადგენს, ხოლო ნორმატიულ ბაზად - არსებული გარემოსდაცვითი და ტექნიკური სტანდარტების, სამშენებლო ნორმებისა და წესების მთელი კომპლექსი გვევლინება, სანიტარულ - ჰიგიენური და ეკოლოგიური ნორმატივების ჩათვლით.

### **5.5. მთიან რეგიონებში ხელოვნური წყალსაცავების აგების ეკოლოგიური და ეკონომიკური ეფექტები**

მთიანი რეგიონების ბუნებრივი გარემო, რომელიც რთული ოროგრაფიითა და კლიმატური პირობების ნაირსახეობებით, მდიდარი ცხოველთა სამყაროთი და მრავალფეროვანი მცენარეული საფარით ხასიათდება, დაცვისა და ანთროპოგენური გავლენის მონიტორინგის პრაქტიკული და თეორიული საკითხების დამუშავების მიმართ დიდ ყურადღებას მოითხოვს, კერძოდ:

- გარემოს ცალკეული კომპონენტების ეკოლოგიური მდგომარეობის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებელი პარამეტრების შეფასებას;
- ამ პარამეტრების მოსალოდნელი ცვლილებების ტენდენციების გამოვლენას.

აღნიშნული საკითხების მეცნიერული დამუშავების შედეგები, თავის მხრივ, საშუალებას იძლევა დაიგეგმოს და განხორციელდეს გარემოზე მავნე ზეგავლენის შედეგების თავიდან აცილების პრაქტიკული ღონისძიებები.

თანამედროვე საკმაოდ რთული ეკოლოგიური მდგომარეობის პირობებში, უპირველეს ყოვლისა, აუცილებელია დაკმაყოფილდეს საერთაშორისო ვალდებულებებით და ქვეყნის კანონმდებლობით დადგენილი მოთხოვნები ბუნებრივი გარემოს დაცვის სფეროში, რაც მნიშვნელოვან გარანტს წარმოადგენს საყოველთაოდ მიღებული მდგრადი განვითარების პრინციპების ცხოვრებაში გასატარებლად.

ენერგეტიკული რესურსებისა და სამრეწველო პროდუქციის მიმართ მოსახლეობის მზარდი მოთხოვნილებები და,

აგრეთვე, ამ მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად განხორციელებული სამეცნიერო - ტექნიკური და ტექნოლოგიური ღონისძიებები, თავის კვალს აჩენენ და ზეგავლენას ახდენენ თანამედროვე საზოგადოებისა და მომავალი თაობების ბუნებრივი, სოციალური და კულტურული გარემოთა მდგომარეობებზე.

აღნიშნულის შეუფასებლობა, ხშირად, ამ გარემოთა ისტორიულად ჩამოყალიბებულ წონასწორობის შენარჩუნებებისათვის საფრთხის შექმნის მიზეზი ხდება.

ზოგჯერ ეს გაუთვალისწინებელ უარყოფით, რიგ შემთხვევაში კი, შეუქცევად და გამანადგურებელ ზემოქმედებას იწვევს ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობაზე, ცოცხალ ორგანიზმებზე და ისტორიულ-კულტურული მემკვიდრეობის ძეგლებზე.

ეკოლოგიურად საშიში ღონის დატვირთვის განსაზღვრა ბუნების ცალკეულ კომპონენტებზე (ატმოსფერო, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, ნიადაგი), სოციალურ და ისტორიულ - კულტურულ გარემოზე მოითხოვს პროფესიულ მიდგომას, რადგან, ხშირად, ეს ნევატიური გარემოება თავიდან ცხადად არ შეიგრძნობა და მხოლოდ შემდგომ ხდება ადამიანის ჯანმრთელობის დაზიანების და გარემოზე მავნე ზემოქმედების საფუძველი.

თანამედროვე ენერგეტიკის განვითარება წარმოუდგენელია წყალსაცავების აშენების გარეშე. მათი არსებობა აუცილებელია ჰიდრაულიკური (ჰეს-ბი), თბო (თეს-ბი) და ატომური (აეს-ბი) ელექტროსადგურებისთვის. აღნიშნულთან დაკავშირებით, მე XX-ე საუკუნის ბოლო ათეული წლებიდან მოყოლებული, მსოფლიოში ელექტროსადგურების აშენებით გამოწვეული პრობლემები ფართოდ იძენენ აქტუალობას.

წყლის რესურსების კომპლექსურ გამოყენებასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაწყვეტის ძირითად საშუალებად ჰიდროელექტროსადგურების შენებაა მიჩნეული.

ხშირად, პრაქტიკულად, ნაკლებად გამოყენებული ჰიდროენერგეტიკული რესურსების არსებობა, თბოენერგეტიკული ბალანსის მნიშვნელოვანი დეფიციტი და ჰიდროენერგოსადგურების უპირატესობა ეკონომიკურად ხელსაყრელს და ენერგეტიკულად მიზანშეწონილს ხდის მათ მშენებლობას.

მაგრამ, ვინაიდან წყლის ბუნებრივი ვარდნები (ჩანჩქერები) არც ისე მრავლად მოიპოვება ქვეყანაში, მდინარეთა პორტენციური ჰიდროენერგეტიკული რესურსების გამოყენება წყლის ხელოვნური ვარდნის დონეების შექმნას მოითხოვს. ამის გამო ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა სხვადასხვა სიდიდის დაწნევის მქონე ჰიდროკვანძების აგებას უკავშირდება, რაც, შესაბამისად, სხვადასხვა ფართობისა და მოცულობის წყალსაცავების არსებობას იწვევს.

პირველი ჰიდროელექტროსადგურები მდინარეებს მათი ბუნებრივი სახით იყენებდნენ, მაგრამ ეხლა, წყლის ვარდნის სიმაღლის გაზრდისა და მისი მოსვლის გასამართავად, უმეტეს შემთხვევაში, კაშხლებს აშენებენ.

ჰიდროენერგეტიკული დანადგარების აგება ძვირია, მაგრამ მათი ექსპლუატაცია შედარებით იაფია, ვინაიდან „საწვავი“ უფასოა.

ამ მეთოდის უპირატესობებს მიეკუთვნება ისიც, რომ არ ბინძურდება ატმოსფერო და ადვილად ხდება წყლის მიწოდების რეგულირება, რის გამოც პიკურ დატვირთვისთან დაკავშირებული პრობლემები არ არსებობს.

მაგრამ ჰიდროენერგეტიკული რესურსების ფართო გამოყენებისათვის არსებობს მრავალი სიძნელეები, მათ შორის:

- ბუნებრივი გარემოსათვის ჰიდროენერგეტიკის საფრთხის შემცველობა;
- დიდი მოცულობის წყლის დაგროვების აუცილებლობა.

ჰეს-ბის შექმნისა და ექსპლუატაციის ეკოლოგიური შედეგები, უწინარეს ყოვლისა, დაკავშირებულია ისეთ მოვლენებთან, როგორებიც არიან:

- წყალსაცავების ნეგატიური ზემოქმედება მიმდებარე ტერიტორიების მიკროკლიმატზე;
- ჰიდროლოგიური რეჟიმის რღვევა, მათი ფლორისა და ფაუნის სახეობათა შედგენილობის გაუარესებით;
- დიდი ტერიტორიების გარიყვა და ნოყიერი მიწებისა და ტყის მასივების დატბორვა, რაც, ხშირად, ადგილობრივ - აბორიგენ მოსახლეთა გადასახლებას იწვევს.

ვაკე რაიონებში სანაპირო მიწის ნაკვეთებს შეუძლიათ ბარის ბიოტოპების დანაკლისის ნაწილობრივი კომპენსირება მოახდინონ, ხოლო მთებში ასეთი დანაკლისი, ძირითადად, აუნაზღაურებელი რჩება. ამის შედეგად მთის წყალსაცავების დესტრუქციული გავლენა ეკოსისტემაზე მეტად მკაფიოდ ვლინდება.

მაგალითად, კვლევების თანახმად, დასავლეთ საქართველოში უდიდესი - ჯვრის წყალსაცავის არსებობის პერიოდის 1980–1990 წ-ში:

- ჰაერის ტემპერატურა მესტიაში 10%-ით მოიმატა, ხოლო ხაიშში ის - 5%-ით შემცირდა;
- ნიადაგის ტემპერატურა მესტიაში, ჯვარში და ხაიშში შემცირდა, დაახლოებით, 2, 4 და 10%-ით, შესაბამისად. თავიანთი საშუალო მრავალწლიური ნორმებთან შედარებით, ამ ცვლილებებს უფრო მნიშვნელოვანი ხასიათი გააჩნია.

ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური მნიშვნელობები, საანალიზო პერიოდში, თითქმის მთელ განსახილველ ტერიტორიაზე მატების ტენდენციით ხასიათდებიან:

- მესტიაში - 5%, ჯვარში - 6%, ზუგდიდში - 18%, გაღში კი, 12% -ით. ფარდობით ტენიანობას საკვლევ პერიოდში მატების ტენდენცია გააჩნია: მესტიაში, ხაიშში და ზუგდიდში, საშუალოდ - 3%-ით, ხოლო ჯვარში ის 10%-ს აღემატება.

წყალსაცავის შექმნით 15კმ<sup>2</sup> ფართობზე, ქვეყნილი ზედაპირის ალბედო მნიშვნელოვნად მცირდება, რაც, საშუალოდ, დაახლოებით, 50%-ს შეადგენს.

ქვეყნილი ზედაპირის ტემპერატურისა (შემცირება, საშუალოდ, 15%-ით) და წყლის ორთქლის დრეკადობის (მატება, საშუალოდ, 8%-ით წელიწადში) ერთობლივი ცვლილებებით გამოწვეული ზემოქმედება იწვევს წყალსაცავის ზედაპირის ეფექტური გამოსხივების შემცირებას, დაახლოებით, 2%-ით წელიწადში და წყალსაცავის ზედაპირის რადიაციული ბალანსის მატებას, დაახლოებით, 15-25 %-ით.

გამოთვლები, აგრეთვე, ცხადყოფენ, რომ ამ მეტეოლოგიკური მნიშვნელობები წელიწადის სხვადასხვა პერიოდებში, მკვეთრად განსხვავდებიან. მაგალითად, ზამთრის პერიოდში, წყალსაცავის შექმნის შემდეგ, ამ ტერიტორიაზე რადიაციული ბალანსის მნიშვნელობა მატულობს, საშუალოდ,

90%-ით, გარდამავალ პერიოდებში - 40%-ით, ზაფხულში, დაახლოებით, 20%-ით. მთელი წლის განმავლობაში კი, დაახლოებით, 30%-ით. ეს რიცხვები წარმოდგენენ საკმაოდ მაღალ სიდიდეებს და წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტორიის მეტეოროლოგიურ რეჟიმზე მნიშვნელოვანი ზემოქმედების არსებობაზე მიუთითებენ.

წყალსაცავებს, ძირითადად, წყალმომარაგებისა და ჰიდროენერგეტიკის მიზნებისთვის აგებენ.

მთიან რეგიონებში მათ უმეტესობამ ჯებირებით გადაკეცა მთის მდინარეები, რომელთათვის მყარი ჩამონატანის სიუხვეა დამახასიათებელი. ამის შედეგად წყალსაცავებში ათეული წლების განმავლობაში მყარი ნატანის დიდი ოდენობა გროვდება. ამის შედეგად ზოგი წყალსაცავი მთლიანად არის ამოვსილი და ვეღარ ასრულებს თავის პირვანდელ ფუნქციას. ზოგს კი, თუ მათი რეგულარული ამოწმენდა არ იწარმოებს, ახლო მომავალში ასეთივე ხვედრი მოეწივს. ნათელია, რომ ეს გარემოება წყალსაცავის ეფექტურობის დაკარგვას იწვევს. გარდა ამისა, ის, სამრეწველო, სოფლისა და კომუნალური მეურნეობათა და სხვა საწარმოთა მიერ ჩაშვებული მავნე და ტოქსიკური ნივთიერებათა სათავსად იქცევა.

წყალსაცავებში დაგროვილი მდინარეთა მყარი ჩამონატანი წარმოდგენილია სხვადასხვა ზომის ქვიშებისა და ლამის მასალით, რომელიც სხვადასხვა რაოდენობით მაღალი ღირებულების მძიმე ფრაქციის მასალას შეიცავს, მათ შორის: შავ, ფერად, იშვიათ და კეთილშობილ ლითონებს, ძვირფას მინერალებს.

ბიოგენური ნივთიერების გარდა აქ მძიმე მეტალების, რადიოაქტიური ელემენტებისა და მრავალი, დიდი სიცოცხლის პერიოდის მქონე, შხამქიმიკატების აკუმულაცია ხდება.

ხელოვნური წყალსაცავების მიერ გამოწვეული ეკოლოგიური ხასიათის ძირითადი ნეგატიური ეფექტების მოკლე ჩამონათვალის აღწერის მიზნით უნდა აღინიშნოს, რომ ჰიდროენერგეტიკის გავლენა ბუნებრივ გარემოზე, ეკოსისტემებზე და ადამიანზე ზემოქმედების რიგ პროცესებს მოიცავს, რომელთა შორის არის:

- I. მშენებლობის მსვლელობისას ზემოქმედება:



1. ნიადაგებზე და გრუნტებზე - ნიადაგისა და გრუნტების მოსპობა სამშენებლო მოედნებზე, მისასვლელ გზებზე, სამეურნეო ობიექტებზე. ნიადაგის გრუნტის დიდი მასების გადაადგილება, განსაკუთრებით, კაშხლის მშენებლობისას და წყალსაცავების მიწაყრილებით შემოფარგვლისას.
2. ატმოსფერულ ჰაერზე - აეროზოლური დაბინძურება ნიადაგის გაფრქვევის პროდუქტებით, სამშენებლო მასალებით (განსაკუთრებით, ცემენტით); მცირე რაოდენობის ქიმიური დაბინძურება, ძირითადად: ტექნიკის მუშაობის შედეგად, წარმოებების გაფრქვევებით, სამშენებლო მასალებით.
3. წყალზე - მშენებლობის ადგილებში წყლის რეჟიმის რღვევა და დაბინძურება (შემოვლითი არხები დასხ.).
4. ეკოსისტემაზე და ადამიანზე - ეკოსისტემის და მისი ელემენტების (მცენარეული საფარის, ნიადაგის) ნაწილობრივი რღვევა; ცხოველთათა შესწოტება; სარეწის ინტენსიფიკაცია და ა.შ.; ადამიანზე ზემოქმედება, ძირითადად, სოციალური ფაქტორებისა და გარემოს შეცვლის შედეგად ხორციელდება.

*II. წყალსაცავების შევსების პერიოდში ზემოქმედება:*

1. ნიადაგებზე და გრუნტებზე - ნოყიერი, ნოღა მიწების წყალქვეშ მოქცევა (დატბორვა), სანაპირო ზოლში გრუნტის წყლების ამოწევა (დატბორვა, დაჭაობება).
2. ჰაერზე - დამატებითი აორთქლება წყალსაცავების ზედაპირიდან.
3. წყალზე - წყალსაცავების ქვაბულის შევსებისას და ნაპირების ფორმირებისას გამდინარე წყლების შეცვლა შეგუებულზე, წყალსაცავების აუცილებელი დაბინძურება სწრაფად ხსნადი და სხვა მავნე მინარევ - ნივთიერებებით.
4. ეკოსისტემაზე და ადამიანზე - ხმელეთის ეკოსისტემების მთლიანი მოსპობა, ჩაძირვის შედეგად ტყის მასივების განადგურება, მთელი ბიომასების მიტოვება წყლის დაგუბების ზონაში, სანაპირო ეკოსისტემების შეცვლა; დასატბორი ზონიდან მოსახლეობის აუცილებელი გადასახლება, სოციალური ნაკლოვანებები.

*III. კესების მუშაობის პერიოდში ზემოქმედება:*

1. ნიადაგებზე და გრუნტებზე – სანაპირო ზოლის მრავალწლიური ნგრევა (აბრაზია), სანაპირო ზონაში ნიადაგის ახალი ტიპების ფორმირება.
2. ატმოსფერულ ჰაერზე – სინოტივის მომატება, ტემპერატურის შეცვლა, ნისლები, ადგილობრივი ქარები; ორგანული ნარჩენების ღაობის შედეგად, ხშირად არასასიამოვნო სუნის გავრცელება.
3. წყალზე - დაბინძურება ჩამდინარე წყლების ჩადინებით და ნიადაგის, მცენარეული ნარჩენების, მერქანის და ა.შ. ორგანიკის დიდი მასების გახრწნა; ფენოლების წარმოქმნა, ბიოგენების და სხვა ნივთიერებების დაგროვება; გაძლიერებული დათბობა, განსაკუთრებით წყალმარჩხი (წყალმცირე) ადგილებში (სითბური დაბინძურება); ევტროფიკაცია, ყვავილობა, უანგბადის დაკარგვა, მძიმე ლითონების, ლამის, რადიოაქტიური და სხვა ნივთიერებათა დაგროვება; წყლის ხარისხის გაფუჭება.
4. ეკოსისტემაზე და ადამიანზე - დატბორვის ზონებში ახალი ეკოსისტემების ფორმირება (ძირითადად მდელოსი და ჭაობების); წყლებში მცენარეების მოღება, ყვავილობა, თევზებისა და სხვა ჰიდრო-ბიონტების მიგრაციის რღვევა, ძვირფასი სახეობათა შეცვლა ნაკლებად ღირებულებებზე; თევზების დაავადება (გელმინტები და სხვა პარაზიტების გამრავლება); წყალმცენარეებით ლაყუჩების ხვრელების დახშობა, ქვირითის დაყრის ადგილების და გამოზამთრების ორმოების რღვევა; თევზების გემოვნებითი ხარისხის დაქვეითება. წყლის მასებთან (ბანაობა და სხ.) და სარეწი პროდუქტებთან კონტაქტისას ადამიანთა დაავადების ალბათობის მატება.

ასევე მნიშვნელოვან ინტერესს იწვევს ე.წ. „ჯაჭვური რეაქციების“ სახით წარმოდგენილი ხელოვნური წყალსაცავების მიერ გამოწვეული ეკოლოგიური და ეკონომიკური ეფექტების სახეობათა თანმიმდევრობის ჩამონათვალი:

- გამდინარე წყალი - (მდინარე) → წყალსაცავი → ქიმიური ნივთიერებათა დაგროვება (ევტროფიკაცია) → პლიუს სითბური დაბინძურება → წყლის სათავსის მოღება მცენარეულობით (ყვავილობა) → გამდიდრება ორგანუ-

ლი ნივთიერებებით → ჟანგბადისაგან დაცლა → ტრან-  
ზიტული ტიპის ეკოსისტემის გარდაქმნა აკუმულაცი-  
ურ -შეგუბებულში → წყლის ხარისხის გაფუჭება → თე-  
ვზების ავადმყოფობა → წყლის ხარისხის ან გემოს და  
სარეწი პროდუქტების თვისებების დაკარგვა → წყლის  
მასივების დაწოლა წყალსაცავის ფსკერზე → სეისმუ-  
რი მოვლენების ინტენსიფიკაცია.

როგორც ირკვევა, ეკონომიკური განვითარების პოლი-  
ტიკისა და ეფექტური ეკოლოგიური მართვის წარმატებით  
რეალიზაციისთვის აუცილებელია ვიქონიოთ უტყუარი, მაქ-  
სიმალურად სრული და დროული ეკოლოგიური მონიტორი-  
ნგის საშუალებით მოპოვებული ინფორმაცია:

- ბუნებრივი რესურსების არსებობისა და მდგომარეო-  
ბის შესახებ;
- ბუნებრივი გარემოს ხარისხზე და მის ტექნოგენურ  
დატვირთვაზე;
- წარმოქმნილი არახელსაყრელი და საგანგებო ეკოლ-  
ოგიური სიტუაციების და უბედურებების მიზეზებზე  
და შედეგებზე.

აღსანიშნავია, რომ აკუმულაციის პროდუქტები პრობ-  
ლემურს ხდიან შესაძლებლობას წყალსაცავების მიერ დაკ-  
ავებული ტერიტორიების გამოყენებას მათი ლიკვიდაციის  
შემდეგ.

კვლევებით დადგინდა, რომ წყალსაცავები, მათი აშენე-  
ბიდან, დაახლოებით, 50–100 წლის შემდეგ, შლამით ამოვსე-  
ბის შედეგად, როგორც ენერგეტიკული ობიექტები კარგავენ  
თავიანთ ღირებულებას. მთიან რეგიონებში ეს პროცესი  
მნიშვნელოვნად არის აჩქარებული.

ზემოთ მოტანილიდან ვხედავთ, რომ ჰიდროენერგეტიკის  
განვითარების გაუაზრებელ სამეურნეო პოლიტიკას ქვეყნის  
ეკონომიკაში ნეგატიური პრობლემების წარმოქმნა შეუძლია:

- ნადგურდება ზღვის სანაპირო ინფრასტრუქტურა,  
კულტურული მემკვიდრეობის ნაგებობები და საცხო-  
ვრებელი სახლები;
- ზღვისპირში პლაჟამგები ნატანის დეფიციტი აღინიშ-  
ნება, რის გამოც სანაპიროზე მკვეთრად აქტიურდება  
აბრაზიული პროცესები.

ამრიგად, როგორც ვხედავთ, დიდი ჰიდროკაშხლები არ შეიძლება განხილული იქნეს, როგორც მდგრადი, განახლებადი ენერგოწყაროები. მათი მშენებლობა არ შეესაბამება ზემოაღნიშნულ მდგრადი განვითარების პრინციპებს, ვინაიდან შეუძლიათ მნიშვნელოვანი უარყოფითი ზეგავლენა მოახდინონ ეკოსისტემაზე და დრამატულად შეცვალონ რეგიონის სოციალური და დემოგრაფიული მდგომარეობა.

დიდი ჰესების კაშხლების უარყოფითი ზემოქმედება ბუნებრივ და სოციალურ გარემოზე იმდენად ძლიერია, რომ ისინი უკვე აღარ განიხილებიან განახლებადი ენერგეტიკის ნაწილად.

ჰიდროენერგეტიკის აღნიშნული ნაკლოვანებები ჰესების და სხვა ალტერნატიული წყაროების მშენებლობის ვარიანტების ყოველმხრივი შეპირისპირების აუცილობლობაზე მეტყველებენ.

## VI. ეკოლოგიური მონიტორინგის მეტეოროლოგიური ასპექტები

### 6.1. ატმოსფეროს დაბინძურების ეკოლოგიური მინიტორინგის კონცეფცია

კაცობრიობამ, განსაკუთრებით გასული საუკუნის უკანასკნელ ათეულ წლებში, ყურადღება მიაქცია იმას, რომ ჩვენს პლანეტას შეზღუდული რესურსები გააჩნია, მიუხედავად მათი მოხვედრითი უსაზღვროებისა და, რომ მთლიანად ადამიანის არსებობა დამოკიდებულია ბუნებაში ჩამოყალიბებულ რთულ ურთიერთკავშირებზე. ადამიანის ჩარევამ ამ კავშირებში, სახელდობრ, დედამიწის ზედაპირის მდგომარეობის შეცვლითა და ატმოსფეროს დაბინძურებით, გამოიწვია სერიოზული შეშფოთება. ამასთან, თანამედროვე საზოგადოების მიერ ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედებით გამოწვეული მრავალგვაროვანი შედეგებიდან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია კლიმატის შეცვლა. იგი მრავალი მეცნიერის მიერ იქნა აღნიშნული, როგორც უკანასკნელ ათეულ წლებში ატმოსფეროში ნახშირორჟანგისა და აეროზოლების კონცენტრაციების გამუდმებული ზრდის შედეგად გამოვლენილი ფენომენი.

კარგადაა ცნობილი, რომ მზის გამოსხივების იმ ნაწილის შეცვლა, რომელიც შთაინთქმევა დედამიწის მიერ, სხვა პირობების მუდმივობის შემთხვევაში, იწვევს მისი საშუალო პლანეტარული ტემპერატურის ცვლილებას. ხოლო დედამიწის ტემპერატურის ცვლილებას თუნდაც  $1^{\circ}\text{C}$  -ით შეიძლება ჰქონდეს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, ვინაიდან ეს საკმარისია დედამიწის ზედაპირზე იზოთერმების 260კმ-ით გადაწევისათვის. ეს უკანასკნელი კი გამოიწვევს დედამიწის ზედაპირზე სხვადასხვა რაიონების განედური განლაგების ცვლილებას. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ამ რაიონებში, ძირითადად, ხარობენ მხოლოდ მათთვის დამახასიათებელი გარკვეული სასოფლო-სამეურნეო კულტურები, ნათელი ხდება მეცნიერთა შეშფოთების მიზეზი.

ატმოსფეროს დაბინძურების გავლენა კლიმატზე შედარებით უფრო მკაფიოდ გამოიხატება ქალაქებში, თავისი შორს მიმავალი შედეგებით. მათი უდიდესი ნაწილი სცილ-

დება ქალაქის საზღვრებს და შეიძლება მეზოკლიმატურად-აც ჩაითვალოს.

ატმოსფეროს დაბინძურებით მიყენებული ზარალი, რომელსაც განიცდის კაცობრიობა, ძნელად გამოისახება რაოდენობრივად, მაგრამ ეჭვს არ იწვევს, რომ იგი ძალზე დიდია.

ითვლება, რომ ზარალი, რომელსაც მე 20-ე საუკუნის ბოლოს დებულობდა ამერიკის შეერთებული შტატები ჰაერის დაბინძურების შედეგად, 18 მილიარდ დოლარს შეადგენდა წლიურად. ინგლისში იგი, დაახლოებით, 250 მლნ ფუნტ სტერლინგს აღწევდა, ხოლო იაპონიაში - 200 მლნ. იენს.

ადამიანის მოქმედებით წარმოქმნილ ატმოსფეროს ძირითად დამაბინძურებელ ნივთიერებებს ნახშირჟანგის, გოგირდისა და აზოტის ორჟანგის აირები და, აგრეთვე, ჰაერში დანაწევრებული მყარი ნაწილაკები ატმოსფერული მტკვრი მიეკუთვნებიან.

ნახშირჟანგის შემცველობა, რიგი გაანგარიშების მიხედვით, ატმოსფეროს დამაბინძურებელ ძირითად ნივთიერებათა 50-70% შეადგენს. ვინაიდან ეს აირი 210-ჯერ უფრო ადვილად უერთდება სისხლის ჰემოგლობინს, ვიდრე ჟანგბადი, მას სისხლძარღვებში ჟანგბადის შეცვლის ტენდენცია აქვს. ამიტომაც ნახშირჟანგი ხასიათდება მაღალი ტოქსიკურობით. გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ მას ატმოსფეროში ხანგრძლივი სიცოცხლისუნარიანობა გააჩნია. ქალაქებისა და სამრეწველო ცენტრების ატმოსფერულ ჰაერში მისი გამონაბოლქვების ძირითად წყაროდ მიჩნეულია ავტოტრანსპორტი, სამრეწველო საწარმოები და წვის სხვადასხვა პროცესები. ნახშირჟანგის გამონაბოლქვთა მთელი რაოდენობის 60% ტრანსპორტის ხარჯზე მოდის.

გოგირდოვანი აირი - უხილავი, არაააღებადი, აღმდგენი აირია. ის ადვილად შთაინთქმება წვიმისა და ნისლის წვეთებით, თოვლით, და დატენიანებული ნიადაგითა და მცენარეულობით, რის შედეგადაც მისი სიცოცხლისუნარიანობა ძალიან მცირეა. ეს ნივთიერება წარმოიქმნება ყველგან, სადაც მიმდინარეობს გოგირდის შემცველ ნივთიერებათა (ქვანახშირი, ნავთობი, ბუნებრივი გაზი და სხვ.) წვის პროცესი.

ადამიანში გოგირდის ორჟანგი ქრონიკულ მოქანცვას, სუნთქვის გაძნელებასა და ყელის გაღიზიანებას იწვევს. ის

ადვილად შედის რეაქციაში ჟანგბადთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება გოგირდის ანჰიდრიდი, რომელიც, თავის მხრივ, ატმოსფერულ ტენთან შეერთებით წარმოქმნის გოგირდის მჟავას. ატმოსფეროდან დედამიწის ზედაპირზე დალექვისას კი იგი იწვევს ნიადაგისა და ზედაპირული წყლების ამჟავებას, ხოლო ჩასუნთქვისას, ფილტვების ქსოვილების დაშლას.

აზოტის ორჟანგს, რომელიც აგრეთვე წარმოიქმნება საწვავი მასალების წვისას, უნარი აქვს გამოიწვიოს მთელი რიგი დაავადებები, როგორცაა ღრძილების ანთება, სისხლის შინაგანი ჩაქცევები, ემფიზემა და ფილტვების კიბო.

ზემოაღნიშნული საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ატმოსფეროს დაბინძურების ეკოლოგიური მონიტორინგი თანამედროვე პირობებში წარმოადგენს პირველხარისხოვან და უმნიშვნელოვანეს საკაცობრიო პრობლემას.

იგი კომპლექსურად, სხვადასხვა დარგის სამეცნიერო – კვლევითი და პრაქტიკული საკითხების დამუშავების გზით სრულდება, მათ შორის:

- ინგრედიენტთა ფიზიკურ-ქიმიური თავისებურებების კვლევითა და დაზუსტებით;
- ატმოსფეროს ქიმიურ შედგენილობაზე და კლიმატზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ასპექტების გულმოდგინედ შესწავლით;
- ატმოსფეროს დაბინძურების შეფასებისა და პროგნოზის მეთოდების დამუშავებით;
- მიწისპირა ატმოსფერულ ჰაერში ინგრედიენტთა კონცენტრაციების სივრცულ-დროითი განაწილების შესწავლით და ქვეფენილ ზედაპირზე მათი დალექვის შეფასებით;
- ატმოსფეროს სვეტში მტვრის ინტეგრალური მახასიათებლების, მისი ქიმიური შემცველობისა და მავნე ნივთიერებათა გეოგრაფიული განაწილების შესწავლით;
- ატმოსფეროს მინარევთა კონცენტრაციების განსაზღვრის მეთოდების დამუშავების გზით და სხ.

აღნიშნული საკითხების დამუშავება და გადაჭრა შესაბამის კვლევათა მეთოდების განვითარებას მოითხოვს, რაც მათ მიმართ მეცნიერთა მზარდი ინტერესი განაპირობა.

## 6.2. გარემოს დაბინძურების ხელისშემწყობი “საშიში” მეტეოროლოგიური პირობების ხასიათი და განაწილება

თანამედროვე პირობებში ძნელი წარმოსადგენია დიდი სამრეწველო ქალაქი, რომელშიც არ ტარდებოდეს რაიმე ღონისძიება მისი საჰაერო აუზის სისუფთავის დასაცავად. უკვე არავის არ ეპარება ეჭვი იმაში, რომ ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების ეკოლოგიური კონტროლი ადამიანის ორგანიზმზე უფროსი ერთ-ერთი მთავარი განუყოფელი ნაწილია. ის მიმართულია ბუნებრივ გარემოსა და მისი რესურსების ფრთხილი და რაციონალური მოხმარებისაკენ, რათა ადამიანის ყოფისათვის შეიქმნას უფრო ხელსაყრელი პირობები და ამადღეს მისი კეთილდღეობა.

ხემაღნიშნულის უკეთესად გადაწყვეტის მიზნით მნიშვნელოვანია რიგი გარემოს დაბინძურების ხელისშემწყობი მეტეოროლოგიური პირობებისა და მინარევთა კონცენტრაციების კავშირების მოძიების რიგი სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოს შედეგი.

ატმოსფეროში გამობოლქვილი მავნე მინარევთა გავრცელებაზე და გაფანტვაზე მოქმედი მრავალსახოვანი პირობებისა და ფაქტორების გათვალისწინების მიზნით, შემუშავებულია ატმოსფეროს თვითგასუფთავების (მინარევთა გაფანტვის) კომპლექსური მაჩვენებელი. ამ მაჩვენებელს ატმოსფეროს დაბინძურების მეტეოროლოგიური პოტენციალი (აღპ) ეწოდება. იგი წარმოადგენს იმ მეტეოროლოგიური ფაქტორების შეხამებას, რომლებიც განაპირობებენ ატმოსფეროს დაბინძურების შესაძლო დონეებს, გამონაბოლქვთა ფიქსირებული სიდიდის პირობებში. ამასთან მაღალი ადპ მოცემული ტერიტორიის ძლიერი დაბინძურებისკენ მიდრეკილებაზე მეტყველებს.

ამ პარამეტრის განსაზღვრისათვის სარგებლობენ მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მასალით: მიწისპირა ინვერსიებზე, ქარის რეჟიმზე, 0-1მ/წმ სიჩქარის სუსტ ქარებზე, ნისლიანობაზე, ჰაერის უძრაობაზე და სხ.

ატმოსფეროს დაბინძურების პოტენციალის განხილვის პროცესში ატმოსფეროდან მინარევთა მოშორების ხელისშემწყობი ფაქტორების გათვალისწინებაც არის აუცილებელი.



მათ შორის მთავარი არის ატმოსფერული ნალექები, რომლებიც მინარევთა ჩამორეცხვას უზრუნველყოფენ.

ცხრ.6.1. მოცემულია, ატმოსფეროს მინარევების დაგროვებაზე და გაფანტვაზე გავლენის მქონე, მეტეოროლოგიური ელემენტების მნიშვნელობები.

ცხრილი 6.1. ატმოსფეროს დაბინძურების პოტენციალის (აღპ) განსაზღვრა მეტეოროლოგიური პარამეტრების საშუალო წლიური მნიშვნელობების მიხედვით

მიწის ზედაპირული ინვერსიები			განმეორებადობა, %-ში		გადაადგენების ფენის სიმაღლე, კმ	ნისლიანობის ხანგრძლივობა, სთ
განმეორება, %	სიმაღლე, კმ	ინტენსიურობა, °C	ქარის სიჩქარის, 0-1, მ/წმ	ჰაერის უძრავობა, (რამდე ნიშნე დღე)		
დაბალი						
20-30	0.3-0.4	2 - 3	10-20	5-10	0,7-0,8	80-350
ზომიერი						
30-40	0.4-0.5	3 - 5	20-30	7-12	0.8-1.0	100-550
მომატეპული						
30-45	0.3-0.6	2 - 6	20-40	3-18	0.7-1.0	100-600
მაღალი						
40-60	0.3-0.7	3 - 6	30-60	10-30	0.7-1.6	50-200
ძალიან მაღალი						
40-60	0.3-0.9	3- 10	50-70	20-45	0.8-1.6	10-600

ცნობილია, რომ ტროპოსფეროში ტემპერატურის საშუალო ვერტიკალური გრადიენტი 0.6°/100 მ შეადგენს, რაც იმას ნიშნავს, რომ სიმაღლის ყოველ 100 მეტრზე ჰაერის ტემპერატურა 0.6 გრადუსით მცირდება. ამის საწინააღმდეგო მოვლენას, როდესაც ჰარის ფენაში სიმაღლის მატებასთან ტემპერატურის მატებას აქვს ადგილი, ტემპერატურულ ინვერსიას უწოდებენ.

ტემპერატურულ ინვერსიებთან ატმოსფეროს რიგი მნიშ-

ვნელოვანი პროცესების განვითარების თავისებურება არის დაკავშირებული. მაგალითად, ინვერსიები ატმოსფეროში ჰაერის აღმავალ დინებებსა და მავნე მინარევთა გაფანტვას აფერხებენ, რითაც ხელს უწყობენ ამ უკანასკნელის დაგროვებას ჰაერის აღნიშნულ ფენაში, რაზედაც მკაფიოდ მეტეოლოგებმა ცხრ.6.1-ის მონაცემები. მოცემული მეტეოროლოგიური პარამეტრების მნიშვნელობებზე დამოკიდებულებით იცვლება ადპ-ს მნიშვნელობებიც.

საქართველოს ტერიტორია, რომელიც განლაგებულია სამხრეთ კავკასიის დასავლეთ ნაწილში, 69.5 ათას კმ<sup>2</sup>-ს მოიცავს. ჩრდილოეთით და სამხრეთით მას გარს ერტყმის კავკასიის მაღალმთიანი ქედები, დასავლეთით კი ეკვრის შავი ზღვა, ხოლო აღმოსავლეთით საზღვარი მტკვრის დაბლობზე გადის, რომელიც აზერბაიჯანში კასპიისპირა დაბლობს უკავშირდება. ქვეყნის ტერიტორიაზე შეიმჩნევა რელიეფის ფორმათა ნაირსახეობა: - მაღალმთიანი რაიონები, თოვლით დაფარული მწვერვალებით; ზღვისპირა დაბლობები, მთებს შორის მდებარე ბარებითა და ზეგნებით.

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ განსახილველი ტერიტორია მთის ქედების, დაბლობების, ბარების, ზეგნების, ტერასებისა და ხეობების ერთობლიობას წარმოადგენს.

რელიეფის შესაბამისად, საქართველო, ისევე, როგორც მსოფლიოს მრავალი სხვა მთიანი ქვეყანა, კლიმატის ნაირსახეობით გამოირჩევა, რაც, თავის მხრივ, კლიმატის შემქმნელი გარეგანი და შიდა ფაქტორების რთული ურთიერთშეხამებით არის განპირობებული. მაგალითად, კავკასიონის მთავარი ქედი იცავს საქართველოს ტერიტორიას ჰაერის ცივი მასების უშუალოდ ჩრდილოეთიდან შემოჭრისაგან, ხოლო მრავალრიცხოვანი მთის ქედები, ფერდობები და ხეობები აქ ქმნიან ჰაერის ცირკულაციის რთულ სურათს.

ამასთან ერთად, დასავლეთ საქართველოს კლიმატზე დიდ გავლენას ახდენს შავი ზღვა. ეს გავლენა აღმოსავლეთით თანდათან მცირდება და მთლიანად ქრება აღმოსავლეთის ველებსა და სამხრეთ საქართველოს ზეგნებზე. აღნიშნულის გამო აქ ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული რამდენიმე კლიმატური რაიონი გამოიყოფა.

ეჭვს არ იწვევს, რომ ეს გარემოება დიდ გავლენას ახ-

დენს იმ მეტეოროლოგიური ელემენტების ხასიათზე და განაწილებაზე, რომლებიც გავლენას ახდენენ მინარევთა კონცენტრაციების განაწილებაზე მოცემულ რეგიონში და მიუკუთვნებიან “საშიშ” მეტეოროლოგიურ პირობებს.

ცხრილი 6.2 ატმოსფეროს მინარევთა კონცენტრაციაზე გავლენის მქონე, მეტეოროლოგიური ელემენტების განმეორებადობა

ქალაქები	ნაღველიან დღეთა რიცხვი	აღპ	განმეორებადობა, %						
			ნისლების	ინვერსიების		უძრაობის	ქარის სიჩქარის 0-1 მ/წმ		
				მიწისპირა	აწეული				
ბათუმი	192	2,3	0,6	31	9	2	60		
ზესტაფ.	144	-	0,2	-	-	-	75		
თბილისი	115	3,0	0,5	8	14	6	53		
რუსთავი	111	-	1,1	-	-	-	72		
სოხუმი	180	2,4	0,7	28	7	1	52		
ქუთაისი	168	-	0,3	-	-	-	17		
ქალაქები	განმეორებადობა, %								
	ქარის მიმართულებების								
	ჩ	ჩა	ა	სა	ს	სდ	დ	ჩდ	შტილის
ბათუმი	11	5	10	16	20	16	15	7	
ზესტაფ.	2	3	51	4	2	1	36	1	68
თბილისი	32	2	6	15	9	3	8	25	42
რუსთავი	4	1	5	9	12	1	6	62	60
სოხუმი	16	31	13	6	7	6	17	4	14
ქუთაისი	3	2	49	2	3	3	36	2	10

ცხრ. 6.2-ში წარმოდგენილი ინვერსიების განმეორებადობათა მნიშვნელობები გაანგარიშებულია 03 და 15 საათებზე წარმოებული დაკვირვებათა რიცხვის შეფარდებით ყველა ვადებზე ჩატარებულ დაკვირვებათა რიცხვთან.

როგორც განსახილველი ცხრილიდან ჩანს, ქ.ბათუმის-

თვის საშიში მეტეოროლოგიური პირობები დაკავშირებულია ნისლებთან, მიწისპირა ინვერსიებთან, ჰაერის უძრაობასა და სუსტ ქარებთან. ჰაერის გასუფთავებას კი, ხელს უწყობენ ნალექები და, ზღვიდან ქალაქისკენ მიმართული, დასავლეთის, ჩრდილო-დასავლეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულებების ქარები.

ქ.ზესტაფონისთვის ატმოსფეროს დაბინძურების თვალსაზრისით არახელსაყრელად შეგვიძლია მივიჩნიოთ: შტილები და დასავლეთის, ჩრდილო-დასავლეთის, აღმოსავლეთისა და მცირე სიჩქარის ქარები.

როგორც ცხრ.6.2-დან შეგვიძლია დავასკვნათ, ატმოსფეროს დაბინძურებას თბილისში, ხელს უწყობს: ჰაერის უძრაობა, მიწისპირა და წამოწეული ინვერსიები. გარდა ამისა აქ საკმაოდ მაღალი ატმოსფეროს დაბინძურების პოტენციული აღინიშნება.

ქ.რუსთავეისთვის საშიშ მეტეოროლოგიურ პირობებს წარმოადგენენ: სამხრეთის, აღმოსავლეთის მიმართულებების და მცირე სიჩქარის ქარები და, აგრეთვე, უნალექო და ნისლიანი ამინდების სიჭარბე.

შესრულებული კვლევის შედეგების თანახმად, ქ.სოხუმში საშიშ მეტეოპირობებს უნდა მივაკუთვნოთ: ქარის მცირე სიჩქარეები, ნისლიანობა და მიწისპირა ინვერსიები.

ქ.ქუთაისი, მის ტერიტორიაზე სამრეწველო საწარმოთა განლაგების მიხედვით, არ უნდა ხასიათდებოდეს მკვეთრად გამოხატული ატმოსფეროს დაბინძურების ხელის შემწყობი მეტეოპირობებით, მაგრამ ცხრ.6.2-ის მონაცემებით, ასეთებად გვევლინებიან: ნისლები, აღმოსავლეთის მიმართულების და დაბალი სიჩქარის ქარები.

ამრიგად, მთლიანობაში შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ განსახილველ ტერიტორიაზე მეტეოროლოგიური პირობების პრაქტიკულად ერთგვაროვნების მიუხედავად, სხვადასხვა რაიონებისათვის ისინი მკვეთრად განსხვავდებიან თავისი განმეორებადობით. ეს კი მათი ზემოქმედების ხარისხის შეფასების საშუალებას იძლევა.

## 6.2.1. ფიონური მოვლენების ზემოქმედების თავისებურებანი კოლხეთის დაბლობის ატმოსფერული ჰაერის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე

არსებული დაკვირვებათა მასალაზე დაყრდნობით, ჯერ კიდევ 1853 და 1898 წწ ცნობილი მეცნიერების ა.ციმერმანის და ა.ვოეიკოვის, ხოლო მე XX-ე საუკუნის დასაწყისში ა.კამინსკის და ი.ფიგუროვსკის მიერ, დასავლეთ საქართველოს კლიმატურ თავისებურებათა შესახებ იყო აღნიშნული.

ეს თავისებურება განპირობებულია მრავალი კლიმატ-წარმომქმნელი ფაქტორებით, მათ შორის: - რეგიონის გეოგრაფიული მდებარეობით, ოროგრაფიით, ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესებით და სხ.

ცალკეული აღნიშნული პარამეტრის ანალიზი განსახილველი რეგიონისთვის მნიშვნელოვან პრაქტიკულ და მეცნიერულ ღირებულებას წარმოადგენს. მაგრამ ჩვენთვის იმ “ტრადიციული” მეტეოროლოგიური ელემენტების განაწილების თავისებურებათა კვლევა უფრო მაღალ ინტერესს იწვევს, რომლებიც, სხვადასხვა წყაროებიდან მავნე ნივთიერებათა ემისიების რაოდენობის მუდმივობის პირობებში, მნიშვნელოვან გავლენას ატმოსფეროს ლოკალური დაბინძურების დონეზე ახდენენ და ჩვენთვის ცნობილია, როგორც “საშიში მეტეოროლოგიური პირობები”. მათ რიცხვს მიეკუთვნებიან: - ტემპერატურის მიწისპირა და წამოწეული ინვერსიები; ჰაერის უძრაობა; ნისლიანობა; ღრუბლიანობა; ქარის “საშიში” სიჩქარეები და მიმართულებები, რომელთა დროსაც მავნე ნივთიერებები ამოფრქვევის ადგილებიდან საცხოვრებელ და სარეაბილიტაციო რაიონებში გადაიტანებიან.

აღნიშნული თვალსაზრისით, უნდა შევვხვთ ისეთ ნაკლებად შესწავლილ ზემოქმედებას, როგორსაც ატმოსფეროს დაბინძურების დონეზე ფიონური მოვლენების გავლენა წარმოადგენს.

ფიონური მოვლენების ნიშნების რიგს, დროდადრო მთებიდან ბარში შედარებით თბილი, მშრალი და მძაფრი ქარების დაბერვა მიეკუთვნება, ფარდობითი ტენიანობის შემცირებისა და ქვედა იარუსების ღრუბლების გაფანტვის თანხლებით. ამასთან ფიონები ქედების ქარზურგა მხარეზე ჰაერის ნაკადის დამავალი მოძრაობის შედეგად ვითარდებიან. ამას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ჰაერის ნაკადის მიერ მთე-

ბის ქედების გადავლისას ციკლონის სისტემაში, მისი მთის ქედების ზედაპირის მახლობლად გადაადგილებისას, ფერდობებიდან ჰაერის ნაკადის შეწოვის პროცესის განვითარებით.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ყურადღება უნდა მივაპყვრად ისეთ არაორდინალურ მეტეოროლოგიურ მოვლენას, როგორსაც ფიონური ქარების და ბრიზების არსებობის პირობებში კოლხეთის დაბლობზე ჰაერის მიმოქცევა წარმოადგენს.

ატმოსფეროს დაბინძურების სიდიდეზე ზეგავლენის მიხედვით ეს მეტეომოვლენა კოლხეთის დაბლობის რეგიონში “საშიში მეტეოროლოგიური პირობების” რანგში უნდა იქნეს აყვანილი. ამასთან, მისი გათვალისწინება ატმოსფეროს რეგიონული დაბინძურების შეფასებისა და პროგნოზირების გაუმჯობესების საშუალებას იძლევა.

კოლხეთის დაბლობი ფიონური მოვლენების განვითარების ხელშემწყობ პირობების მქონე რეგიონის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს. ამას აქ გარემომცველი მთების თავისებურება განაპირობებს.

უნდა ითქვას, რომ, საზოგადოდ, ამ რაიონის ოროგრაფია კლიმატწარმომქმნელ ფაქტორს წარმოადგენს. ის ამიერკავკასიის დასავლეთით მდებარეობს და სამი მხრიდან გარშემორტყმულია მთების ქედებით:

- ჩრდილოეთით - დიდი კავკასიონის ქედების მასივები 3000-4000 მ-ის სიმაღლით;
- სამხრეთით - მცირე კავკასიონის ქედები, დაახლოებით, 2000 მ-ის სიმაღლით;
- აღმოსავლეთით - ლიხის (სურამის) ქედი, 900-2500მ-ის სიმაღლეების ფარგლებში, რომელიც დიდი და მცირე კავკასიონის ქედებს აერთებს, ხოლო დასავლეთის მხრიდან კოლხეთის დაბლობი შავი ზღვით არის შემოსაზღვრული.

დიდი და მცირე კავკასიონის მასივები დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ, ცენტრალურ ნაწილამდე, ურთიერთ შესაყრელად მიმართულ სისტემას ქმნიან.

ამის შედეგად კოლხეთის დაბლობს სამკუთხედის ფორმა გააჩნია, ლიხის ქედის მთისწინს მიკერული წვერით და შავი ზღვის სანაპირო ზოლით წარმოსახული ფუძით.

ამრიგად, კოლხეთის დაბლობი დასავლეთით, შავი ზღვის მხრიდან, ხოლო აღმოსავლეთით, ლიხის ქედიდან, არის ღია ჰაერის მასების შემოჭრისათვის. საშუალოდ, ამ ქარების განმეორადობა განსახილველ ტერიტორიაზე 42 და 53% შეადგენს, შესაბამისად. ამასთან, კოლხეთის დაბლობზე აღმოსავლეთის ქარების განვითარებისას, აღნიშნული ოროგრაფიული თავისებურებანი განსაკუთრებული ცირკულაციური რეჟიმის დამყარებას იწვევენ, რასაც ფიონური მოვლენები (მაღლიდან ჰაერის მასების დაშვება) ახლავთ თან.

ამ პროცესის დინამიკა გამოიხატება იმაში, რომ აღნიშნული რეგიონის თავზე 25-30მ/წმ სიჩქარეს მიღწეული აღმოსავლეთის ქარების დამყარების პირობებში, ატმოსფეროს ქვედა ფენებიდან შავი ზღვის მიმართულებით ჰაერის მასების ინტენსიური გამოტანა წარმოებს, აქედან გამომდინარე ყველა ნეგატიური შედეგებით, მაგალითად, როგორც არის სხვადასხვა წარმოშობის მავნე ნივთიერებათა ემისიების შეწოვა და გადატანა შორ მანძილზე. ჰაერის ნაკადის აღნიშნული დანაკარგის აღდგენა ატმოფეროს ქვედა 2კმ-იან ფენაში, როგორც ჩანს, შესაძლებელია მხოლოდ უფრო მაღალი ფენებიდან მაკომპენსირებელი დამავალი მოძრაობის არსებობის პირობებში.

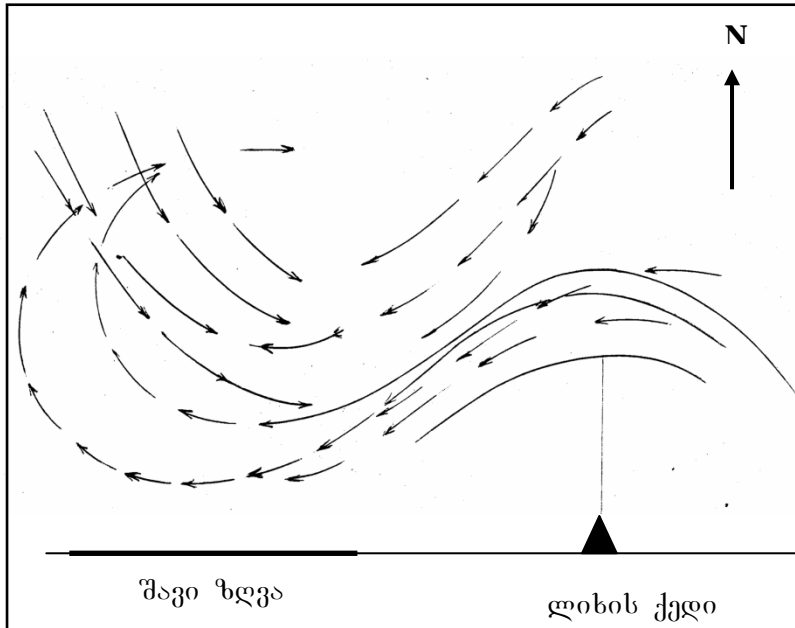
გარდა ამისა, საკვლევ რეგიონში განვითარებულია ჰაერის ადგილობრივი ცირკულაციაც, რაც ზღვისა და სანაპირო ზოლის ტემპერატურებს შორის არსებული სხვაობით არის გამოწვეული და ცნობილია ბრიზების სახელწოდებით.

აღნიშნული მოვლენები ყველა პირობებს ქმნიან იმისათვის, რომ კოლხეთის დაბლობზე ატმოსფერული ჰაერის ნაკადის დინება ჩაკეტილ სისტემას წარმოადგენდეს, რაც აქ განლაგებულ სამრეწველო ობიექტებიდან ატმოსფეროში გამობოლქვილი მავნე მინარევებით დაბინძურებული ჰაერის მიმოქცევის კანონზომიერებას განაპირობებს.

დასავლეთ საქართველოს სხვადასხვა პუნქტებში წელიწადის განმავლობაში დღეთა რიცხვი ფიონების თანხლებით ფართო დიაპაზონში მერყეობს. ამასთან, ფიონური ეფექტი ლიხის ქედიდან დაშორებით მცირდება და შავ ზღვასთან მიახლოებისას მას შესუსტებული ხასიათი აქვს. მაგალითად გავრაში ის საშუალოდ 23, ხოლო ლესელიძეში 8 დღეს

შეადგენს. მათი მაქსიმალური რიცხვი ზამთრის პერიოდზე მოდის, მინიმალური კი, ზაფხულში აღირიცხება.

ფიონური ქარების სიჩქარე, საშუალოდ, 10 მ/წმ უტოლდება, მაგრამ ცალკეულ შემთხვევაში ის 15-20 მ/წმ აღემატება. ამასთან ჰაერის ტემპერატურის მომატება 2-9° C ფარგლებში მერყეობს, თუმცა ზოგიერთ შემთხვევაში მან შეიძლება 15°C გადააჭარბოს.



ნახ. 6.1. კოლხეთის დაბლობზე ფიონური მოვლენების პირობებში ჰაერის ნაკადის მიმოქცევის სქემა

ამროვად, დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ფიონებისა და ბრიზების არსებობის პირობებში ადგილი აქვს ატმოსფერული ჰაერის შეკრულ ცირკულაციას, რომლის მიმოქცევის პრინციპიალური სქემა პირობითად ნახ.6.1-ზეა მოცემული.

ასეთი დასკვნის გაკეთების ფიზიკური არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ფიონური მოვლენების პროცესში, ლიხის ქედიდან შავი ზღვის მიმართულებით დაქანებისას, თბილი



ჰაერის ნაკადი ზღვასთან მიახლოებისას იშლება, სუსტდება და, ვინაიდან მისი ტემპერატურა აღემატება ადგილობრივი, ზღვისპირა ჰაერის ტემპერატურას, ძირითადად, მიემართება მიწისპირა ატმოსფერული ჰაერის ზედა ფენებისკენ. ხოლო ფიონური მოვლენების გახანგრძლივებისას, იქიდან, შეიძლება, განმეორებით იქნეს ჩართული განხილულ მოძრაობაში.

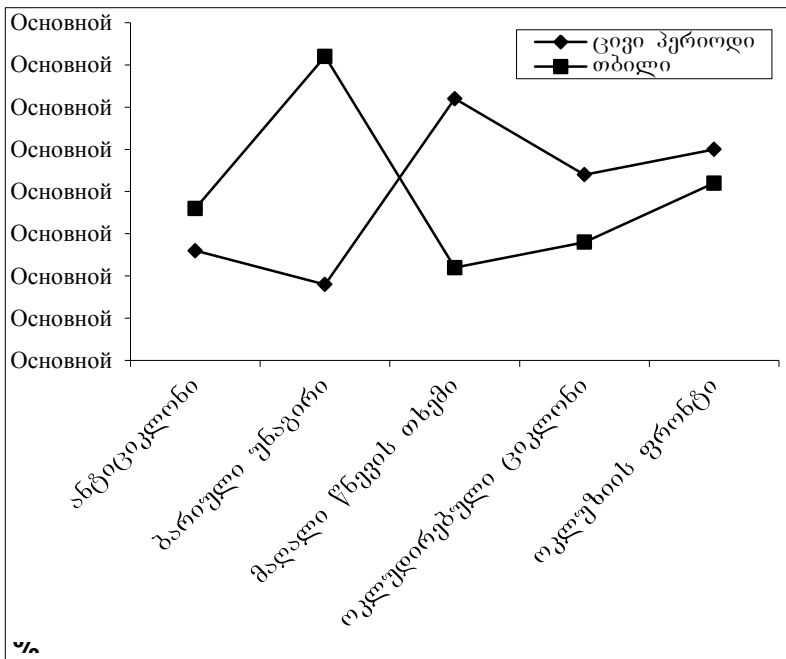
ამას თუ დავუმატებთ ბრიზული მოვლენების სიჭარბეს საკვლევ რეგიონში, ნათელი ხდება განსახილველი მეტეოროლოგიური მოვლენის მნიშვნელობა მოცემული რეგიონის ეკოლოგიური მდგომარეობისთვის.

## **6.2.2. ატმოსფეროს სინოპტიკური პროცესების გავლენა მინარევთა ტრანსსასაზღვრო გადატანის ფორმირებაზე**

ცხადია, რომ რეგიონულ ფარგლებში ატმოსფერული ჰაერის მავნე მინარევთა კონცენტრაციების სივრცულ განაწილებაზე გავლენის მქონე მეტეოროლოგიური პარამეტრების ცვლილებები, უმთავრესად, განპირობებულია ფართომასშტაბური ხასიათის მქონე ატმოსფერული პროცესებით. ამის გამო, ატმოსფეროს დაბინძურების შეფასებისა და პროგნოზების შემუშავებისას, მეცნიერები, როგორც წესი, სინოპტიკურ მონაცემებსა და ატმოსფეროს დაბინძურებას შორის კავშირების დამყარებას ცდილობენ.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, საქართველოს პირობებში ატმოსფეროს მაღალი დაბინძურების ხელშემწყობი ხუთი ძირითადი ტიპის სინოპტიკური სიტუაციის არსებობა გამოვლინდა. ასეთებია: ანტიციკლონი, ბარიული უნაგირი (მცირეგრადიენტიანი ბარიული ველი), აღმოსავლეთის ორიენტაციის მაღალი წნევის თხემი, ოკლუდირებული ციკლონი (მაღალი წნევის წაშლილი ველი) და ოკლუზიის ფრონტი (ნახ.6.2).

ჩამოთვლილ სინოპტიკურ კლასიფიკაციებს, მიუხედავად მათი განსხვავებისა, რიგი საერთო ფიზიკური თვისება ახასიათებთ, მათ შორის: მცირე გრადიენტები და დაღმავალი ჰაერის ნაკადის არსებობა; ტურბულენტობის უქონლობა, რაც დედამიწის ზედაპირზე სუსტი ქარების არსებობას განაპირობებს; მიწისპირა ინვერსიების წარმოშობა და სხვ.



ნახ.6.2. ატმოსფეროს მაღალი დაბინძურების შემთხვევათა განაწილება სინოპტიკურ სიტუაციაზე დამოკიდებულებით, %-ში.

როგორც ნახ.6.2-დან ჩანს, წელიწადის ცივ პერიოდში შედარებით უფრო გავრცელებულ სინოპტიკურ სიტუაციას, რომლის არსებობისას ჰაერის მაღალი დაბინძურება დაიკვირვება, აღმოსავლეთიდან ორიენტირებული მაღალი წნევის თხემი წარმოადგენს. ის, როგორც წესი, დაკავშირებულია ყაზახეთის, დასავლეთ-ციმბირის ან, უფრო იშვიათად კი, აღმოსავლეთ-ციმბირის სტაციონარულ ანტიციკლონთან და საკვლევ რეგიონში ე.წ. აღმოსავლეთის გადატანას განაპირობებს.

ცნობილია, რომ აღმოსავლეთის გადატანისათვის დამახასიათებელია ღრუბლიანი ამინდი, ძირითადად ფენა ღრუბლებით, აღმოსავლეთის რუმბების სუსტი ქარი და ნისლი, ხოლო ზოგჯერ, თქორიანი ნალექები. ამასთან, ჰაერის ტემპერატურა, ხშირად, დღეღამის განმავლობაში არ იცვლება.

შემდეგ სინოპტიკურ სიტუაციას, თავისი გავლენის მნიშვნელობით ატმოსფეროს დაბინძურების დონეზე, ამიერკავკასიის თავზე ოკლუზიის ფრონტის არსებობა წარმოადგენს. ის ცივი და თბილი ჰაერის ფრონტების გადაადგილების პროცესში, მათი შეერთებისას წარმოიქმნება. ხშირად ციკლონის გავლის შემდეგ, ჩვეულებრივი ოკლუზიის ფრონტის არსებობა ღრუბლიან ამინდს, სუსტ ქარს, უპირატესად დასავლეთის რუმბებისა, და ნისლებს განაპირობებს.

ზოგჯერ, ცივი ფრონტის ტიპის მიხედვით, ოკლუზიის ჩვეულებრივი ფრონტის მაგივრად, ოროგრაფიული ოკლუზია აღინიშნება, რომელიც ცივი ფრონტის მიერ მთავარი კავკასიის ქედის დასავლეთის ან ორმხრივი მიმართულებით შემოვლისას წარმოიქმნება. ჩვეულებრივი ოკლუზიის ფრონტისაგან განსხვავებით, ის განსახილველ რეგიონში ჩრდილოდასავლეთის მიმართულების 10-15 მ/წმ სიჩქარის ქარების გაძლიერებას იწვევს.

წელიწადის განსახილველ პერიოდში, ატმოსფეროს მაღალი დონის დაბინძურების განმსაზღვრელ სინოპტიკურ სიტუაციად, აგრეთვე, შევსების პროცესში მყოფი, ნაკლებ-მოდრავი ციკლონის თბილი სექტორი ან დაბალი წნევის წაშლილი ველი გვევლინება. ამ სიტუაციის დროს ატმოსფეროს მაღალი დაბინძურების ყველა ხელშემწყობი პირობებია დაცული, მათ შორის: წნევის მცირე გრადიენტი, უმნიშვნელო ვერტიკალური დინებები და სხვ. ამასთან, ძირითადად, ღრუბლიანი ამინდი დაიკვირვება, ხშირად მცირელი წვიმები და ნისლი აღინიშნება.

ანტიციკლონური ბარიული ველის (ანტიციკლონის) შემთხვევაში ატმოსფეროს მაღალი დაბინძურების განმეორებადობა, საშუალოდ, 13% შეადგენს. ამ სიტუაციისათვის, როგორც ცნობილია, ღრუბელთა დაშლის ხელშემწყობი, დაღმავალი დინებებია დამახასიათებელი. ამის გამო, ანტიციკლონის დროს ძირითადად უღრუბლო ამინდი დაიკვირვება, რის შედეგად ღამისა და დღის ვადებში, მიწისპირა ინვერსიების განვითარების ხელშემწყობი, ძლიერი რადიაციული აცივება აღინიშნება. ასეთ შემთხვევაში ატმოსფეროს მაღალი დაბინძურება გამოწვეულია, უმთავრესად, დაბალი სიმაღლის მილის მქონე სამრეწველო საწარმოთა და ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვებით, რომელთაც, ინ-

ვერსიის (ჰაერის ვერტიკალური დინების შემკავებელი ფენის) არსებობის გამო, თავისუფალ ატმოსფეროში გასვლის საშუალება არ ეძლევათ.

დასასრულ, ჰაერის მაღალი დაბინძურების შემთხვევათა უმცირესი განმეორებადობა, ტოლი 9%-სა, დაიკვირვება მცირე გრადიენტის ბარიული ველის (ბარიული უნაგირის) პირობებში.

წელიწადის თბილ პერიოდში ატმოსფეროს მაღალი დაბინძურების დამოკიდებულება სინოპტიკურ სიტუაციებზე შესამჩნევად იცვლის ხასიათს. მაგალითად, ზემოაღნიშნულთან განსხვავებით, ამ პერიოდში იშვიათად დაიკვირვება მაღალი წნევის თხემი, რაც, მისი წარმომქმნელი აღმოსავლეთის ანტიციკლონების, ქვეფენილი ზედაპირის ძლიერი გათბობის შედეგად, დედამიწის თერმული დეპრესიებით შეცვლითაა გამოწვეული.

განსახილველ პერიოდში ატმოსფეროს მაღალი დაბინძურების განმეორებადობის უდიდესი წილი - 36%, მცირეგრადიენტის ბარიული ველით არის განპირობებული. განმეორებადობის 20%-ზე მეტი ოკლუზიის ფრონტზე მოდის, 18% - ანტიციკლონურ ბარიულ ველზე, ხოლო 14% - დაბალი წნევის ველზე (ნახ.6.2).

აღსანიშნავია, რომ წელიწადის თბილ პერიოდში, ყველა განხილული სინოპტიკური სიტუაციის შემთხვევაში ჰაერის მიწისპირა ფენის ძლიერი გათბობა შეიმჩნევა. მსხვილ ქალაქებში ამ მოვლენას არათანაბარი ხასიათი გააჩნია და ზოგ ადგილებში ავტოტრანსპორტისა და სამრეწველო გამონაბოლქვების მინარევებით დაბინძურებული ჰაერის ვერტიკალური აწევის მცირე ლოკალური კერების წარმოშობა არის შესაძლებელი. ეს კი, მინარევების შორ მანძილზე გადატანის კარგ პირობებს ქმნის. თუმცა, ხშირად, ისინი, ანტიციკლონური და მცირეგრადიენტის ველებისათვის დამახასიათებელი, უფრო დიდმასშტაბური დადმავალი მოძრაობის საერთო ფონით გადაიფარება.

ამასთან, თბილ პერიოდში ყველა განხილული სინოპტიკური სიტუაციისათვის დამახასიათებელი მცირე დრუბლიანი ამინდი, სუსტი ქარი და ბურუსი შეიმჩნევა, რაც ჰაერის მაღალ დაბინძურებას ხელს უწყობს.

### 6.3. დაკვირვებათა მონაცემებით ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასების ძირითადი პრინციპები

ბუნებრივი გარემოს შედგენილობის ცვლილების მონიტორინგის პროგრამის რეალიზაცია ითვალისწინებს დაკვირვებათა სადგურების ქსელის არსებობას, რომელიც თავისი დანიშნულების მიხედვით საბაზო და რეგიონულ სადგურებად დაიყოფა. ამასთან საბაზო სადგურები ემსახურებიან გარემოს საწყის (საბაზო) მდგომარეობაზე ინფორმაციის მოპოვებას და ამიტომაც განლაგებული უნდა იქნენ სამრეწველო რაიონების მოშორებით, ადგილებში სადაც უშუალო ანთროპოგენური ზემოქმედება არ წარმოებს.

ლოკალური და რეგიონული სადგურები კი, უშუალოდ ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენის ქვეშ მყოფ ზონებიდან ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობის ინფორმაციის მიღებას ემსახურებიან.

ამასთან, დაკვირვებათა სადგურების ქსელი მცხოვრებთა რაოდენობით, მრეწველობის განვითარების დონით, ადგილმდებარეობის რელიეფითა და მეტეოროლოგიური პირობებით განსხვავებულ რაიონებს უნდა მოიცავდეს.

დაკვირვებათა რაიონების ასეთი ნაირსახეობა ბუნებრივი გარემოს ხარისხის ცვლილების შესახებ ფართო ინფორმაციის მიღებას უზრუნველყოფს.

პროგრამის მიხედვით ყოველ სამრეწველო რაიონსა და ქალაქში დაკვირვებები ხორციელდება 2 - 3 დაკვირვებათა პუნქტზე. ამასთან აუცილებელი პირობაა დაკვირვებათა პუნქტების განლაგება, როგორც ქალაქების ცენტრალურ რაიონებში და მის გარეუბნებში, ისე სამრეწველო ობიექტებიდან დაშორებულ ადგილებში.

სინჯების შეგროვების სადგურების ქსელი მოწოდებულია უზრუნველყოს მონაცემთა ბაზის შექმნა:

- გარემოს დამაბინძურებელ, მავნე ნივთიერებათა კომპოზონენტების კონცენტრაციებზე;
- მშრალი და სველი ნალექების პროცესში ატმოსფეროდან მიღებულ ნივთიერებათა რაოდენობაზე;
- მათემატიკური მოდელების შესამოწმებლად.

ამასთან, განსაკუთრებული ყურადღება გასაზომ მინარევთა შერჩევას და ქიმიური ანალიზის ხარისხის ლაბორატორიათშორის შემოწმების ორგანიზებას ეთმობა.

გარემოს ობიექტების ქიმიური შედგენილობის ცვლილების მონიტორინგის მონაცემთა შეგროვების პროგრამა, უწინარეს ყოვლისა, ანთროპოგენური წარმოშობის მინარევ ნივთიერებათა კონცენტრაციების სისტემატურ და კომპლექსურ დაკვირვებებს და გაზომვებს ითვალისწინებს. ამასთან, საკვლევ მინარევთა რიცხვი უნდა მოიცავდეს, უმთავრესად, ისეთ ნივთიერებებს, როგორებიც არიან:

- აეროზოლები (მათ შორის მტვრის მინარევები), 3,4-ბენზაპირენი, სულფატები, ქლორორგანული შენაერთები, გოგირდოვანი აირები, აზოტის ჟანგულები, ნახშირჟანგი, ნახშირორჟანგი, ოზონი, ლითონური მიკრომინარევები, რადიონუკლიდები და სხ.;
- მშრალ და სველ ატმოსფერულ ნალექებში: 3,4-ბენზაპირენი, სულფატები, ქლორორგანული ნივთიერებები, მთავარი ანიონები და კათიონები, ლითონური მიკრომინარევები და რადიონუკლიდები.

პროგრამა, აგრეთვე, ითვალისწინებს მეტეოროლოგიურ დაკვირვებებს ჰაერის ტემპერატურაზე, ღრუბლიანობაზე, ნალექებზე, ქარის სიჩქარეზე და მიმართულებაზე. გარდა ამისა, ატმოსფეროსა და ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციული და სითბური ბალანსის გაზომვები სრულდება.

ზემოაღნიშნული სამუშაოთა შესრულება, რომლებიც მიზნად ისახავენ მავნე ნივთიერებათა ნაირსახეობისა და კონცენტრაციების დადგენას, მოითხოვს რთულ ინსტრუმენტულ ანალიზს.

რიგ შემთხვევაში, საჭირო აპარატურის უქონლობის პირობებში მათი შესრულება მათემატიკური მოდელირებითა და გაანგარიშების საშუალებით არის შესაძლებელი.

უკანასკნელ შემთხვევაში პარამეტრებად გამოიყენება მოხმარებული საწვავ ნივთიერებათა რაოდენობა და სახეობა, ტექნოლოგიური პროცესების, გამწმენდ ნაგებობათა და მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემები და სხვ.

აღნიშნული მიდგომის დახმარებით შესაძლებელია საკმაოდ ვრცელი ინფორმაციის მიღება გარემოს დაბინძურების ხასიათისა და სიდიდეზე, მის სივრცულ-დროითი განა-

წილებზე და ცვლილებებზე, ცალკეული დაბინძურების წყროს წილის გათვალისწინებით.

### **6.3.1. მონიტორინგის მონაცემთა დამუშავების საკითხები**

გარემოს დაბინძურების დონის შესახებ ინფორმაციის დამუშავების მთავარ ამოცანას საშუალო მაჩვენებლების მიღება წარმოადგენს, რომლებიც ხანგრძლივი პერიოდის (საერთოდ - ერთი თვის ან წლის) დაკვირვებების შედეგად რეგისტრირებულ საკვლევ მინარევთა კონცენტრაციებს ახასიათებთ.

ვინაიდან მინარევთა კონცენტრაციები შემთხვევითი სიდიდეების ერთობლიობის სახით განიხილებიან, ასეთ მაჩვენებლებად შემთხვევითი სიდიდეების ჩვეულებრივი სტატისტიკური მახასიათებლები გამოიყენებიან. მათ შორის კონცენტრაციების საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები, დისპერსია, ვარიაციის კოეფიციენტები და, აგრეთვე, სხვადასხვა სიდიდის კონცენტრაციების განმეორებადობა განიხილება.

ატმოსფეროს დაბინძურების შესახებ ინფორმაციის განზოგადების ერთ-ერთ მთავარ მომენტს, საშუალო მნიშვნელობის განსაზღვრისათვის, დაკვირვებათა რიცხვისა და პერიოდის შერჩევა წარმოადგენს, რადგანაც პრაქტიკულად შეუძლებელია აღნიშნული საკითხის შესახებ ხანგრძლივი პერიოდის ინფორმაციის მატარებელი ერთგვაროვანი რიგის მიღება. ამიტომ, აღნიშნული მიზნისათვის დაკვირვებათა ისეთი რიგები გამოიყენება, რომლებშიც ახალი გაზომვების მონაცემთა დამატებით საშუალო მრავალწლიური მახასიათებლები მცირედ იცვლებიან. ამისათვის, პირველ რიგში, დაკვირვებათა საგუშაგოების ადგილმდებარეობა, მიმდებარე ტერიტორიის განაშენიანება და მინარევთა სინჯების შეგროვებისა და კონცენტრაციების განსაზღვრის მეთოდები უცვლელი უნდა იყოს.

მაგრამ, გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის კონტროლის ქსელში ყოველთვის არ მოიპოვება დაკვირვებათა ისეთი რიგები, რომლებიც სრულად აკმაყოფილებენ წარდგენილ მოთხოვნებს. ამის გამო, სხვადასხვა საგუშაგოზე მიღებული დაკვირვებათა მონაცემების არაერთგვაროვანი რიგე-

ბის გამოსავლენად და ერთგვაროვნების რღვევის პერიოდების გამოსარიცხად, ბუნებრივ გარემოში მინარევთა კონცენტრაციების სივრცულ-დროითი ცვლილებები და ამ ცვლილებათა შეპირისპირების შედეგები უნდა იქნეს შესწავლილი. გარდა ამისა, დაკვირვებათა მონაცემებით სარგებლობისას მნიშვნელოვანი სიძნელეები, ანთროპოგენური საქმიანობის შედეგად, მაგნე ნივთიერებათა გამონაბოლქვების ხასიათისა და სიდიდის ცვლილებებით განპირობებული სტატისტიკური არაერთგვაროვნებით არის გამოწვეული.

ასე მაგალითად, ხშირად მინარევთა კონცენტრაციების დღეღამური და სეზონური ცვლილებების შესწავლისას, ცალკეულ პერიოდებში მაგნე ნივთიერებათა გამონაბოლქვების რაოდენობის მნიშვნელოვანი ცვალებადობა ზოგიერთი სიძნელეების წარმოქმნის მოზეზი ხდება.

ასეთ შემთხვევებში რიგი სტატისტიკური არაერთგვაროვნების გამორიცხვა შესაძლებელია მიღწეული იქნეს საკვლევი პარამეტრის საშუალო მნიშვნელობების ნორმირებით მათ საშუალო მრავალწლიურ სიდიდეებზე (იხ. 6.3.3. პარაგრაფი).

გარემოს დაბინძურებაზე მრავალი წლის განმავლობაში შესრულებული დაკვირვებათა მონაცემების სარგებლობისას გამოვლენილი სტატისტიკური არაერთგვაროვნება განიხილება, როგორც საერთო ტენდენციის მაჩვენებელი სიდიდე - ტრენდი. ამასთან, მისი დადგენისას ერთგვაროვანი მონაცემების ხელმისაწვდომობას ენიჭება დიდი მნიშვნელობა.

იმისათვის, რომ დადგინდეს გენერალური ერთობლიობის ჭეშმარიტი  $\bar{x}$  საშუალოს შეზღუდული ამონაკრეფიდან მიღებული  $\bar{q}$  საშუალოს მნიშვნელობაზე შეცვლით წარმოქმნილი ცდომილების სიდიდე, სარგებლობენ ნდობითი ალბათობის გამოსახულებით:

$$P(\bar{q} - \bar{x}) < \frac{t\sigma}{\sqrt{n}} = \alpha \quad , \quad (6.1)$$

სადაც  $t$  - სტიუდენტის პარამეტრი,  $\alpha$  - ნდობითი ალბათობის მოცემული მნიშვნელობა,  $\sigma$  - საშუალო კვადრატული გადახრა, ხოლო  $n$  - დაკვირვებათა რიცხვი.



$$\bar{x} = \bar{q} \pm \frac{t\sigma}{\sqrt{n}} \quad , \quad (6.2)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ 0,95 ტოლ ნდობით აღბათობას შეესაბამება  $t = 1,96$ , მოცემული (6.1) და (6.2) ფორმულების თანახმად,  $\sigma \approx \bar{q}$  -სთვის საშუალო სიდიდის 20%-ის ცდომილებით გათვლის უზრუნველსაყოფად დაკვირვებათა რიცხვი 100-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს.  $\sigma \approx 2\bar{q}$  შემთხვევაში კი, საჭიროა მათი რაოდენობის გაოთხეკეცება, ხოლო თუ  $\sigma \approx 0,5\bar{q}$ , შესაბამისად, 25-მდე უნდა იქნეს შემცირებული.

გამომდინარე იქიდან, რომ ამონაკრევის მეზობელ წევრთა შორის კავშირი არ არსებობს, საშუალო მნიშვნელობის გასაანგარიშებლად მოცემული სიზუსტით, აუცილებელია საჭირო ინფორმაციის მატარებელი დაკვირვებათა მონაცემების რიცხვის გადიდება მამრავლით  $\sqrt{1+r(\tau)/1-r(\tau)}$ , სადაც  $r(\tau)$  - დაკვირვებათა შორის დროის ინტერვალში ნორმირებული კორელაციური ფუნქციის მნიშვნელობაა. ამიტომ, გარემოს დაბინძურების დონეზე დაკვირვებათა მონაცემების დასამუშავებლად, საჭიროა დროითი კორელაციური ფუნქციის სახისა და ამ მამრავლის მნიშვნელობის განსაზღვრა სხვადასხვა მინარევისთვის.

რიგი მეცნიერთა ნაშრომებში მოცემულია, რომ დაკვირვებათა ვადებს შორის 3 საათიანი ინტერვალისათვის აღნიშნული კორელაციის კოეფიციენტი, დაახლოებით, 0,8 ტოლია, ხოლო 9 და 15 საათის ინტერვალისათვის ის 0,7 და 0,55 შეადგენს, შესაბამისად.

ამრიგად, დაკვირვებათა ვადის უკანასკნელი პერიოდისთვის მინარევთა კონცენტრაციების საშუალო მნიშვნელობის გაანგარიშების სიზუსტის ასამაღლებლად, პირველთან შედარებით, თითქმის 2-ჯერ მეტი მოცულობის ინფორმაციის ფლობაა აუცილებელი, ხოლო ამერიკელ მეცნიერთა ვარაუდით (Air quality criteria for sulphur oxides, 1969) კარგი შედეგების მისაღწევად ეს ციფრი მნიშვნელოვნად უნდა გაიზარდოს.

### 6.3.2. მონაცემთა რიგის საიმედოობის სტატისტიკური შეფასების საკითხები

დამაბინძურებელ მინარევთა არათანაბარი განაწილება ბუნებრივ გარემოში მათ ერთ-ერთ მნიშვნელოვან თვისებას წარმოადგენს.

უმთავრესად ეს განპირობებულია გარემოში მიმდინარე ბუნებრივი პროცესებით, ისეთით, მაგალითად, როგორიცაა ატმოსფეროში ტურბულენტური დიფუზიის პროცესები.

სამრეწველო რაიონებში ამას, აგრეთვე, ხელს უწყობს მინარევთა კონცენტრაციების ფონური ველის ფორმირება. უკანასკნელი კი, მიწის ზედაპირის რელიეფზე და მეტეოროლოგიურ პირობებზე დამოკიდებულებით, რიგი წყაროების გამონაბოლქვთა ურთიერთ ზედდებითა და გადანაწილებით არის გამოწვეული. როგორც პრაქტიკაზე გამოვლინდა, ამასთან ერთად, მინარევების გაბნევის ხასიათსა და კონცენტრაციების სიდიდეებზე სამრეწველო ობიექტებისა და საცხოვრებელი მასივების ურთიერთმიმართება ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას.

ზემოაღნიშნულის შედეგად, ქალაქის ცალკეულ რაიონებში მინარევთა კონცენტრაციების ველების განაწილებაში ხანმოკლე პულსაციები აღინიშნება, რაც აძნელებს საკვლევი გარემოს ობიექტების დაბინძურების შეფასებას. ამის გამო, გარემოს დაბინძურებაზე დაკვირვებათა მასალების სისტემატიზაციისა და განზოგადოების პროცესში, მათი საკმარისი საიმედოობის საკითხი წამოიჭრება, რაც დაკვირვებათა მასალის სტატისტიკური შეფასების აუცილებლობას იწვევს.

ვინაიდან მინარევთა კონცენტრაციების სიდიდეებს მხოლოდ დადებითი მნიშვნელობები გააჩნიათ, მათი განაწილება ყოველთვის ასიმეტრიულია. ამიტომაც მიღებულია, რომ დამაბინძურებელ მინარევთა კონცენტრაციების განმეორებადობათა განაწილების აღსაწერად შეიძლება გამოყენებული იქნეს ლოგარითმულ-ნორმალური კანონი. ასეთ შემთხვევაში მინარევთა კონცენტრაციების საშუალო მნიშვნელობის -  $\bar{q}$ , მისი დისპერსიის -  $\sigma^2$  და ვარიაციის კოეფიციენტის -  $V$  ანალიზური ფორმულები შემდეგ სახეს ღებულობენ:

$$\bar{q} = m \exp(s^2/2) \quad , \quad (6.3)$$

$$\sigma^2 = m^2 \exp s^2 (\exp s^2 - 1) \quad , \quad (6.4)$$

$$V = \sigma / \bar{q} = \sqrt{\exp s^2 - 1} \quad , \quad (6.5)$$

ამ ფორმულებში  $s$  და  $m$  ლოგარითმულ - ნორმალური განაწილების პარამეტრებს წარმოადგენენ.

გარემოს დაბინძურების ზრდასთან ერთად  $\bar{q}$  -ს კვადრატული გადახრაც მატულობს. ამასთან  $V$ -ს სიდიდე, რომელიც ახლოსაა ერთთან, პრაქტიკულად არ უნდა იცვლებოდეს.

ზემოაღნიშნული საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ საკვლევი სინჯების ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზის შედეგად მიღებული მონაცემების საიმედოობა.

ამ მიზნით, საქართველოს რიგი სამრეწველო ქალაქის ატმოსფეროს დაბინძურებაზე შესრულებული მრავალწლიური დაკვირვებების მონაცემთა ბაზის სტატისტიკური დამუშავების საფუძველზე ნახშირჟანგის, აზოტის ორჟანგისა და ატმოსფერული მტვრის კონცენტრაციების საშუალო თვიური მნიშვნელობები, მათი საშუალო კვადრატული გადახრები და ვარიაციის კოეფიციენტებია გამოთვლილი.

მიღებული მონაცემების დახმარებით  $\bar{q}$  და  $\sigma$  შორის არსებული კავშირის შეფასება არის შესაძლებელი.

ფორმულა (6.5) -ის დახმარებით გაანგარიშებული, ვარიაციის კოეფიციენტების შეფასებებმა გვიჩვენა, რომ მათი მნიშვნელობები შესამჩნევად განსხვავდებიან ქიმიური ნივთიერებისა და დაკვირვების რაიონზე დამოკიდებულებით.

ცხრილი 6.3. მსხვილი ქალაქების ატმოსფეროს ზოგიერთი მინარევის საშუალო თვიური კონცენტრაციების ვარიაციის კოეფიციენტების მნიშვნელობები

მინარე- ვები	ქალაქები				საშუ- ალო
	თბი- ლისი	რუს- თავი	ქუთა- ისი	ზესტა- ფონი	
მტვერი	0,56	0,73	0,46	0,55	0,58
CO	0,54	0,33	0,30	0,59	0,44
NO <sub>2</sub>	0,40	0,33	0,30	0,50	0,38
საშ.	0,50	0,46	0,35	0,55	

ასე მაგალითად, როგორც საანალიზო 6.3 ცხრ. ბოლო სვეტის მონაცემებიდან ირკვევა, მთლიანად საკვლევი ქაღალქებისთვის, საშუალოდ, V-ს მნიშვნელობები მტვრის, ნახშირქანგისა და აზოტის ორქანგისთვის, შესაბამისად, 0,58; 0,44; 0,38 შეადგენენ. ამასთან, მოცემული მინარევებისვის გაანგარიშებული, განსახილველი პარამეტრის საშუალო სიდიდეები თბილისი, რუსთავი, ქუთაისისა და ზესტაფონისთვის, შესაბამისად, 0,50; 0,46; 0,35 და 0,55 უტოლდებიან.

ზემომოტანილი საშუალებას გვაძლევს, მთლიანად, საკვლევ ტერიტორიაზე წარმოებული დაკვირვებების საფუძველზე მიღებული, ცალკეული ინგრედიენტთა საშუალო კონცენტრაციების მნიშვნელობათა საიმედოობა შევაფასოთ.

მაგალითად, ცხრ.6.3-ის ბოლო სვეტის მონაცემები გვაძლევს საშუალებას ვიმსჯელოთ იმაზე, რომ მტვრის, ნახშირქანგისა და აზოტის ორქანგის საშუალო თვიური კონცენტრაციების სიდიდეები, შესაბამისად, დაახლოებით  $\pm 60, 45$  და  $40 \%$  ფარდობითი ცდომილებებით განისაზღვრებიან. ამასთან, დადგენილია, რომ ცდომილებათა ეს მნიშვნელობები საშუალო წლიური კონცენტრაციების მიმართებით მკვეთრად მცირდებიან და, დაახლოებით, მათ  $\pm 20\%$  შეადგენენ.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ატმოსფეროს დაბინძურების შესაფასებლად აუცილებელია მინარევთა კონცენტრაციების მაქსიმალური მნიშვნელობების -  $q_{\max}$  ცოდნა. რიგ შემთხვევაში, მეთოდური ცდომილებისა თუ სხვა მიზეზების გამო, ეს პარამეტრი არასწორად განისაზღვრება, რაც მინარევთა საშუალო და ფონური კონცენტრაციებისა და რიგი სხვა პარამეტრის მნიშვნელობის მცდარ განსაზღვრას განაპირობებს, რის შედეგადაც ატმოსფეროს დაბინძურების დონის არაადეკვატური შეფასება წარმოებს.

აღნიშნული ამოცანის გადაჭრა მოცემული სიზუსტით შესაძლებელია, ზემოგანხილული სტატისტიკური გაანგარიშებების შედეგად მიღებული,  $\bar{q}$ -სა და  $\sigma$ -ს მნიშვნელობებით.

ასე მაგალითად, სტატისტიკური ანალიზის თეორიიდან გამომდინარე, ალბათობა იმისა, რომ ცალკეული დაკვირვებათა რიგის მაქსიმალური მნიშვნელობა -  $q_{\max}$  მდებარეობს  $\bar{q} \pm \sigma$  ინტერვალში  $68\%$ -ს უდრის. ამასთან ალბათობა

იმისა, რომ  $q_{\max}$ -ს ტოლი  $\bar{q} + \sigma$ , იქნება გადამეტებული, სიმეტრიის გათვალისწინებით, 16%-ს შეადგენს. ხოლო, თუ მივიღებთ, რომ  $q_{\max}$ -ის მნიშვნელობა  $\bar{q} \pm 2\sigma$  ფარგლებში მდებარეობს, ამ ვარაუდის ალბათობა 95%-ის შეადგენს. ამასთან, სიმეტრიის გათვალისწინებით,  $\bar{q} + 2\sigma$  ტოლი,  $q_{\max}$ -ის გადამეტების ალბათობა მხოლოდ 2,5% შეადგენს.

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ პრაქტიკული მოსაზრებებიდან გამომდინარე -  $q_{\max}$  მნიშვნელობის მაღალი საიმედოობით შეფასების მიზნით ყველაზე მისაღები პირობა არის:

$$q_{\max} \leq \bar{q} + 2\sigma \quad , \quad (6.6)$$

ზემომოტანილი დასკვნები შემოწმებულია დამოუკიდებელი ემპირიული მასალის მათემატიკური დამუშავების გზით და ფართოდ გამოიყენება ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების ეკოლოგიური მონიტორინგის საქმეში.

### 6.3.3. საინფორმაციო მასალის არაერთგვაროვნების გამორიცხვის ხერხი

გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის შესახებ დიდი რაოდენობის მრავალსახოვანი საწყისი ინფორმაციის არსებობამ სამრეწველო ცენტრებსა და ქალაქებში, ამ მდგომარეობის სწორი შეფასების მწვავე მოთხოვნა გამოიწვია.

პრაქტიკა გვარწმუნებს, რომ ეს შეფასებები უნდა შეიცავდნენ სხვადასხვა პერიოდისა და სივრცული მასშტაბების გასაშუალოებით მიღებულ ინფორმაციას მავნე მინარევთა კონცენტრაციების სივრცულ-დროითი განაწილებისა და მათი ცვლილებების შესახებ. მაგრამ ამ საკითხის გადაჭრა რიგ მნიშვნელოვან სიძნელეებთან არის დაკავშირებული. ერთ-ერთი მათგანი განპირობებულია იმით, რომ, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ბუნებრივ სივრცეში მიმდინარე მინარევთა გადატანა და ტურბულენტური დიფუზიის პროცესები, მათ არათანაბარ განაწილებას უწყობენ ხელს.

გარდა ამისა, სამრეწველო რაიონების ტერიტორიაზე მეტეოროლოგიური პირობების გაუთვალისწინებლად განლაგებულ მავნე ნივთიერებათა წყაროებიდან, ხშირად, ტექნოლოგიური პროცესების რღვევისა, თუ სხვა მიზეზების

გამო, გამოყოფილი ნივთიერებათა რაოდენობა შესამჩნევად იცვლება.

მინარევთა კონცენტრაციების განაწილება გარემოში მათი ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზეც ბევრად არის დამოკიდებული.

მაგალითად, დანარჩენ ყველა სხვა თანაბარ პირობებში, ნახშირუხანგის კონცენტრაციების მნიშვნელობები ატმოსფეროში, ძირითადად, მიწისპირა ფენაში მიმდინარე, ჰაერის მასების გადატანისა და ტურბულენტური შერევის პროცესებით რეგულირდება. ატმოსფერული მტვრის კონცენტრაციის სიდიდეები, იგივე პირობებში, გარდა აღნიშნულისა, გრავიტაციული დაღეჭვით, ხოლო გოგირდოვანი აირის - ჟანგვით და სხვა შენაერთებში ტრანსფორმაციით რეგულირდებიან.

ამასთან გოგირდოვანი აირის სხვა შენაერთებში გადასვლის სიჩქარე მზის რადიაციის ინტენსიობაზე, აზოტის ჟანგულებისა და ოზონის არსებობაზე და, ასევე, ჰაერის ტენიანობაზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული.

ზემოაღნიშნულის გამო, სამრეწველო რაიონების ცალკეულ პუნქტებზე და დროის სხვადასხვა მონაკვეთში მინარევთა კონცენტრაციების ველის განაწილებაში შეიძლება მნიშვნელოვანი გადახრები იქნეს აღრიცხული. ამასთან, ატმოსფეროს მინარევები ხასიათდებიან კონცენტრაციების ფართო დიაპაზონით: დაწყებული მიკროგრამის ნაწილებიდან - ათეულ მილიგრამამდე ჰაერის 1მ<sup>3</sup> მოცულობაში, რაც ხშირად მათი განსაზღვრის ცდომილებების გაზრდის მიზეზი ხდება.

ზემოგანხილული პირობებით წარმოქმნილი დაკვირვებათა მონაცემების არაერთგვაროვნების აღმოფხვრისა და მათი დამუშავების შედეგების ინტერპრეტაციის გაადვილების მიზნით იქნა შემოტანილი მოცემული  $i$  - ური ნივთიერებით -  $K_i$  და რამოდენიმე ნივთიერებით ატმოსფეროს დაბინძურების საშუალო ჯამური (საერთო) -  $K$  მაჩვენებლების ცნება.

მათი საანგარიშო ფორმულების გამოსახულებები ქვემოთ არის მოცემული:

$$K_i = \frac{\bar{q}_i}{q_{ix}}, \quad (6.7)$$

$$K = \frac{\sum K_i}{n} \quad , \quad (6.8)$$

სადაც  $\bar{q}_i$  და  $q_{ix}$  – შესაბამისად, გარკვეულ სივრცესა და დროში გასაშუალოებული  $i$ -ური ნივთიერების კონცენტრაცია და მისი შესატყვისი მანორმირებელი სიდიდეა, ხოლო  $n$  - მინარევთა რიცხვია.

განსახილველ ფორმულებში მანორმირებელი სიდიდის ხარისხში მოცემული მინარევის საშუალო მრავალწლიურ კონცენტრაციას ვიყენებთ.

როგორც პრაქტიკამ აჩვენა, განხილული ნორმირების მეთოდი მონაცემთა არაერთგვაროვნების გამორიცხვისა და მათი ჯამური ზემოქმედების შედეგად მიღებული ეკოლოგიური მდგომარეობის (დატვირთვის) შეფასების საუკეთესო საშუალებას იძლევა.

#### **6.4. მინარევთა სივრცულ-დროითი განაწილების შეფასების პრაქტიკული საკითხები**

##### **6.4.1. მსხვილ ქალაქებში ატმოსფეროს მინარევთა სივრცულ-დროითი განაწილების თავისებურებანი**

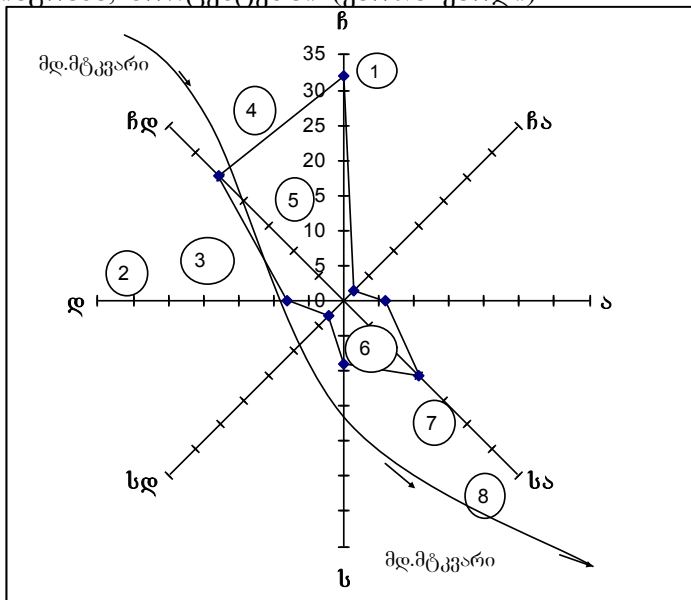
ატმოსფეროს დაბინძურების კონტროლის ქსელში დაკვირვებები, უმთავრესად, ატმოსფეროს ძირითადი დამაბინძურებელი მინარევების, მათ შორის: - ატმოსფერული მტვრის, ნახშირჟანგის, გოგირდისა და აზოტის ორჟანგის კონცენტრაციებზე წარმოებს. გარდა ამისა, ჰაერში მეტალური მიკრომინარევების კონცენტრაციები და რეგიონებიდან მიღებული ატმოსფერული ნალექების სინჯებში მინერალიზაციის მახასიათებელი პარამეტრების სიდიდეები იზომება.

ქვემოთ მოტანილია დაკვირვებათა მასალების საფუძველზე ჩატარებული კვლევათა შედეგები, რომლებშიც საქართველოს ინტენსიური ანთროპოგენური ზემოქმედების რაიონში ატმოსფეროს მინარევთა სივრცულ - დროითი განაწილების ეკოლოგიური მონიტორინგის პრაქტიკული და თეორიული საკითხებია დამუშავებული. ისინი ლოკალურსა და რეგიონულ მასშტაბებში მინარევთა ტერიტორიულ განაწი-

ღებს, მოკლევადიან და გრძელვადიან (დღელამურ, თვიურ, სეზონურ, წლიურსა და ხუთწლიან ციკლურ) ასპექტში მათი კონცენტრაციების სვლას ასახავენ.

დაკვირვებები ჰაერის დაბინძურებაზე ქალაქებში წარმოებს პუნქტზე, რომლებიც ქალაქის სხვადასხვა რაიონშია განლაგებული, უმთავრესად, ატმოსფეროში სამრეწველო გამონაბოლქვთა ძირითადი გადატანის მიმართულების გათვალისწინებით.

ზემოაღნიშნულის საილუსტრაციოდ ნახ.6.3-ზე სქემატურად დატანილია ქალაქის ტერიტორიაზე ატმოსფეროს დაბინძურებაზე დაკვირვების საგუშაგოების (დდს) განლაგება და, ძირითად მეტეოსადგურზე საკვლევი პერიოდის დაკვირვებათა მასალის დამუშავების შედეგად მიღებული, ქარის მიმართულებათა საშუალო მრავალწლიური განმეორებადობის დიაგრამა, პროცენტებში (ქართა ვარდი).



ნახ.6.3. საკვლევი ქალაქში ქარის მიმართულების განმეორებადობისა და დდს-ების განლაგების სქემა (O - დდს-ი)



როგორც ნახაზიდან ჩანს, მოცემული ქალაქის ჩრდილოეთ განაპირას, მდინარის მარცხენა ნაპირზე, განლაგებულია ატმოსფეროს დაბინძურებაზე დაკვირვების საგუშაგო (დდს) N1. საგუშაგო პუნქტები 2 და 3, ქალაქის ცენტრიდან, დაახლოებით, დასავლეთით, მდინარის მარჯვენა ნაპირზე, დასახლების მასივებში მდებარეობენ. დანარჩენი 4 - 8 საგუშაგოები, მდინარის მარცხენა ნაპირზე, ქალაქის ჩრდილო-დასავლეთის განაპირიდან მისი სამხრეთ-აღმოსავლეთის საზღვრამდე მდებარე, დასახლებულ რაიონებს მოიცავენ.

საკვლევი ქალაქის ატმოსფერული აუზის დაბინძურების შეფასებები, ფორმულა (6.7) დახმარებით გაანგარიშებული დაბინძურების მაჩვენებლების დახმარებით, საშუალებას გვაძლევენ ვიმსჯელოთ ჰაერის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე, როგორც მთლიანად ქალაქში, ისე მის უბნებში.

ასე, მაგალითად, როგორც განსახილველი ცხრ.6.4-დან ჩანს, დამაბინძურებელი ნივთიერებათა კონცენტრაციების განაწილება ქალაქის ტერიტორიაზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული გაბატონებული ქარის მიმართულებასა და განმეორებადობაზე.

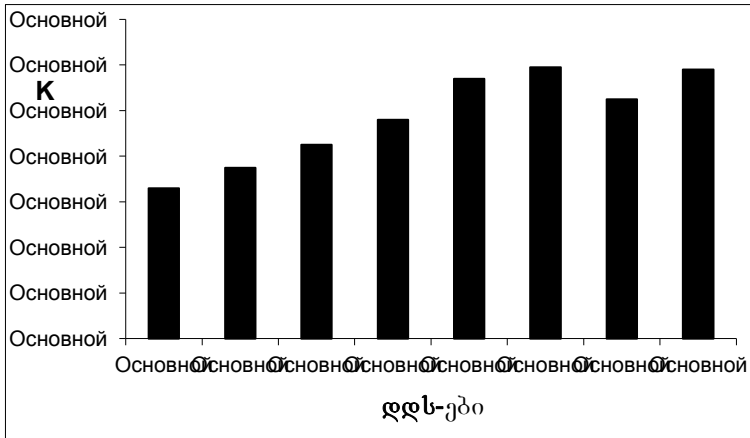
ცხრილი 6.4. საკვლევი ქალაქის ატმოსფერულ აუზში

ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებლების განაწილება

მინარეკები	სინჯის აღების პუნქტები							
	1	2	3	4	5	6	7	8
მტკერი	0,75	0,5	0,75	1,25	1,25	1,25	0,75	1,25
CO	0,4	0,6	0,8	0,6	1,2	1,4	1,2	1,2
SO <sub>2</sub>	0,82	0,91	1,0	1,0	1,09	1,09	1,09	1,09
NO <sub>2</sub>	0,67	1,0	0,83	1,0	1,0	1,0	1,17	1,17

ქალაქის საჰაერო აუზის საერთო ეკოლოგიური მდგომარეობის შეფასებები, თვალსაჩინოების მიმართებით, მინარევთა ჯამური დაბინძურების მაჩვენებლის სვლის ანალიზის გზით უფრო ბევრადაა ხელსაყრელი. ზემოაღნიშნული ნათლად ნახ.6.4-ზე არის გამოსახული.

ამ ნახაზზე, ფორმულა (6,8) დახმარებით გამოთვლილი, ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მრავალწლიური საშუალო ჯამური მაჩვენებლის მნიშვნელობის ცვალებადობა ქალაქის ცალკეული რაიონის მიხედვით არის მოცემული.



ნახ.6.4. საკვლევ ქალაქში ატმოსფეროს დაბინძურების ჯამური მაჩვენებლის სივრცითი განაწილება

როგორც განსახილველი ნახაზიდან ჩანს, გაბატონებული, კერძოდ, ჩრდილო - ჩრდილო - დასავლეთის ქარების ზემოქმედებით, მინარევთა გადატანის გასწვრივ მდებარე ქალაქის რაიონებში (ნახ.6.3, 5-8 დღს-ბი) ატმოსფეროს დაბინძურება თითქმის ერთნაირად მაღალი დონის არის.

გაბატონებული ქარების გავლენით ატმოსფეროს ინტენსიური დაბინძურების შედეგად, ამ რაიონებში მავნე ნივთიერებათა მაღალი კონცენტრაციების ფართო ველის შექმნას აქვს ადგილი.

ნახ.6.3-სა და ნახ. 6.4-ის შეპირისპირება გვიჩვენებს, რომ საგუშაგო N1-ზე დარეგისტრირებული მინარევთა შედარებით დაბალი დონის კონცენტრაციები, როგორც ჩანს, ამ პუნქტის გაბატონებული ჩრდილოეთის მიმართულების ქარის ქარპირა მხარეს მდებარეობით არის განპირობებული, რაც ამ ტერიტორიაზე ატმოსფეროს მინარევთა გაფანტვას და ჰაერის განიავებას უწყობს ხელს.

გამონაბოლქვების შემცველი ჰაერის მასები მე 2-რე და მე 3-ე საგუშაგოების პუნქტებში მოსახვედრად, გაბატონებული ქარების ზემოქმედებით, მდინარის გავლენით დატენიებული ჰაერის მასების მიმდებარე წყლის ზედაპირზე გადაიტანებიან.

ასეთ შემთხვევაში ადგილი აქვს წყლის ზედაპირის და მდინარის ნისლის წვეთების მიერ ატმოსფეროს მინარევთა შთანთქმის პროცესს, რის შედეგად ჰაერი მნიშვნელოვნად სუფთავდება. ცხადია, ამ ეფექტს უნდა მივაწეროთ ის ფაქტი, რომ განსახილველი რაიონების საჰაერო აუზის სისუფთავე შესამჩნევად უკეთეს მდგომარეობაშია, ვიდრე ჩრდილოეთით მიმდებარე (მე 4-ე და მე 5-ე პუნქტები) მეზობელი რაიონებისა.

გარდა ამისა, საანალიზო ნახაზები საშუალებას გვაძლევენ ვიმსჯელოთ ქალაქის ტერიტორიაზე მინარევთა სივრცულ განაწილებაზე გაბატონებული ქარების გავლენით.

ასე მაგალითად, კარგად ჩანს, რომ მოცემული ქალაქის გაბატონებული ქარის ქარპირა, ჩრდილო-დასავლეთის პერიფერიის, მისი ცენტრისა და ქარზურგა, სამხრეთ-აღმოსავლეთის საზღვრის გასწვრივ, დაბინძურების საშუალო ჯამური მაჩვენებლის თითქმის პერმანენტული მატება აღინიშნება.

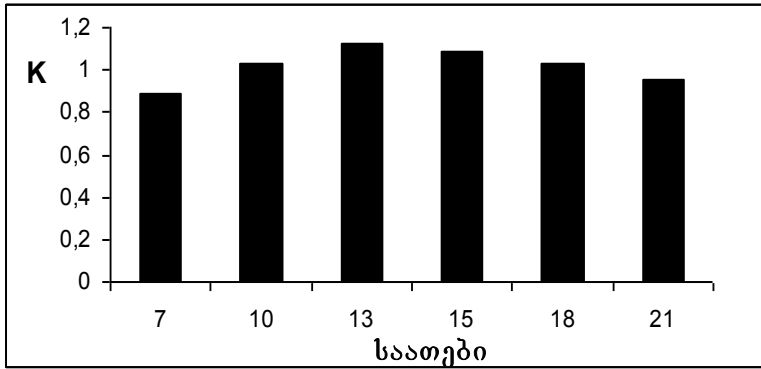
ამრიგად, ზემომოტანილიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ, ატმოსფეროს აუზის ეკოლოგიური მდგომარეობის გათვალისწინებით, მოსახლეობისათვის დისკომფორტულად ქალაქის ცენტრალური და მისი სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარე რაიონები უნდა ჩაითვალოს.

ბუნებრივი გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობის განხილვისას, მინარევთა კონცენტრაციების დროის მიხედვით ცვლილებათა შეფასებებს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. ამასთან, გასაშუალოების პერიოდზე დამოკიდებულებით, კონცენტრაციების დღე-ღამურ, თვიურ, წლიურსა და მრავალწლიურ სვლებს ასხვავებენ.

ჯამური დაბინძურების მაჩვენებლების შეფასების საშუალებით შესრულებული, საქართველოს მსხვილი ქალაქის ატმოსფეროს დამაბინძურებელ მინარევთა კონცენტრაციების დღე-ღამური სვლის ანალიზი გვიჩვენებს (ნახ.6.5.), რომ მინარევთა მინიმალური კონცენტრაციები დილის საათებში (07ს-თი) დაიკვირვებიან, ხოლო შემდეგ პერიოდში მათი მნიშვნელობები მატულობენ და მაქსიმალურ სიდიდეებს, ძირითადად, 13-15 საათების პერიოდში აღწევენ.

გარდა ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ დღის პირველ ნახევარში, 5-6 საათის განმავლობაში, როგორც ეს ნახ.6.5 -ზე არის ნაჩვენები, ის სწრაფად, დაახლოებით 30%-ით, მატუ-

ლობს. მისი შემცირება კი, დღის მეორე ნახევრისა და დამის პერიოდში გაცილებით ნელ ტემპში, დაახლოებით 16-18 საათის განმავლობაში მიმდინარეობს.



ნახ. 6.5. ატმოსფეროს დაბინძურების დროითი განაწილება მსხვილი ქალაქის საჰაერო აუზში

ატმოსფეროს დაბინძურების მრავალწლიური საშუალო თვიური დაბინძურების წლიური სვლის განაწილების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ წელიწადის დასაწყისში თანმიმდევრულად მატულობს და, აღწევს რა მაქსიმუმს აპრილში, შემდეგ ასევე მკაფიო კლებას განიცდის, მინიმუმით აგვისტოს თვეში. მისი სიდიდეები თბილ პერიოდში შედარებით მაღალია, ვიდრე ცივში. ამასთან, წლიურ სვლაში მკაფიოდ აღინიშნება წელიწადის გარდამავალი პერიოდების - გაზაფხულისა და შემოდგომის მაქსიმუმები.

#### 6.4.2. ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვებში ტყვიისა და ნახშირჟანგის კონცენტრაციების განაწილების თავისებურებანი

ატმოსფერულ ჰაერში ლითონური მინარევეების კონცენტრაციებისა და განაწილების დადგენას მაღალი მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა გააჩნია. ამ პარამეტრებზე დაყრდნობით ატმოსფეროსა და მიწის ქვეყენილი ზედაპირის ქიმიური შედგენილობის ცვლილებების დადგენა და პროგნოზირება არის შესაძლებლობები.

მეტალური ელემენტებიდან განსაკუთრებული ინტერესი ტყვიის მინარევთა მიმართ აღინიშნება, რაც მისი ტოქსიკურობითა და ქალაქის საჰაერო აუზში ამ ელემენტის ძირითად წყაროდ ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვების მიჩნევითაა გამოწვეული. ამასთან, ამ სახის მავნე ნივთიერებათა გამონაბოლქვები მყისვე ბიოსფეროს აქტიურ ზონაში ხვდებიან, რითაც დიდ ჰიგიენურ საფრთხეს უქმნიან ქალაქის მოსახლეობას. ხოლო, ჰაერის ნაკადით მათი შორ მანძილზე გადატანისას, მიწაზე დალექვით ნიადაგის აქტიური ფენის ნეგატიურ ცვლილებებს იწვევენ. ეს კი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ნოციერების გაუარესებასა და გაუდაბნოების პროცესებს უწყობს ხელს.

ავტოტრანსპორტში ტეტრაეთილტყვიის შემცველი ბენზინის გამოყენება ტყვიის მინარევებით ქალაქების საჰაერო აუზის დაბინძურების ძირითად წყაროდ არის მიჩნეული.

აღნიშნულის გათვალისწინებით, ცხადია, რომ ტყვიის კონცენტრაციების განაწილება ქალაქის ჰაერში მჭიდრო კავშირში უნდა იყოს ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიურობასთან.

გარდა ამისა, ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებათა გამონაბოლქვების სტაციონარული და მოძრავი წყაროების ინვენტარიზაციის მასალის ანალიზიდან ვრწმუნდებით, რომ საქართველოში ნახშირუანგის ემისიების 80%-ზე მეტი ავტოტრანსპორტის ხარჯზე მოდის, რაც საშუალებას გვაძლევს ქალაქში ნახშირუანგის კონცენტრაციებით ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიურობაზე ვიმსჯელოთ.

მაგრამ ნახშირუანგისა და ტყვიის გამონაბოლქვების კონცენტრაციები, არიან რა ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიურობის ფუნქციები, არაადეკვატურ დამოკიდებულებაში იმყოფებიან მასთან. მაგალითად, თუ ნახშირუანგის გამონაბოლქვთა რაოდენობა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია მანქანის მოძრაობის სიჩქარესთან, ტყვიის ემისიების კონცენტრაციები მისი პირდაპირ პროპორციულია.

ზემოაღნიშნულის პრაქტიკული ღირებულება მდგომარეობს იმაში, რომ აქედან ნათლად იკვეთება ამ ორი მავნე მინარევის კონცენტრაციების დამოკიდებულება ავტოტრანსპორტის სიჩქარესთან. მაგალითად, ავტოტრანსპორტის მოძრაობის სიჩქარის მატებასთან - ტყვიის მინარევის ემისიე-

ბის კონცენტრაციები მატულობენ, ხოლო ნახშირჟანგისა კი, კლებულობენ. დაბალი სინქარეების პირობებში კი, პირიქით, ნახშირჟანგის კონცენტრაციები მატულობენ, ხოლო ტყვიისა კი, კლებულობენ.

აღნიშნული ეფექტების მათემატიკურ აღსაწერად უმცირეს კვადრატთა თეორიის გამოყენება აღმოჩნდა ყველაზე უკეთესი, რის საფუძველზეც ქვემოთ მოცემული განტოლება იქნა მიღებული:

$$\bar{q}_{Pb} = 1.05 - 0.1\bar{q}_{Co} \quad , \quad (6.9)$$

ამ ფორმულაში  $\bar{q}_{Pb}$  და  $\bar{q}_{Co}$ , შესაბამისად, ტყვიისა და ნახშირჟანგის მინარევების გასაშუალოებული კონცენტრაციებია ქალაქის საჰაერო აუზში.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, მოცემული ფორმულის დახმარებით, პირველ მიახლოებაში, პრაქტიკული თვალსაზრისით დამაკმაყოფილებელი სიზუსტით, საკვლევ ქალაქში ნახშირჟანგის კონცენტრაციების მონაცემებით, ტყვიის მიკრომინარევების კონცენტრაციების საშუალო მნიშვნელობის განგარიშება არის შესაძლებელი.

განხილული კავშირების გამოყენება, ატმოსფერული ჰაერის მიწისპირა ფენის ტყვიის მინარევებით დაბინძურების შესახებ, პრაქტიკაში მისაღები სიზუსტით, საჭირო ინფორმაციის მიღებას უწყობს ხელს.

## 6.5. ეკოლოგიური პროგნოზი და პროგნოზირება

კაცობრიობა უძველესი დროიდან მომავლის გაგებას ესწრაფვოდა. ეგვიპტეს ქურუმები, ძველი საბერძნეთის და რომის მისნები, შუასაუკუნის მკითხავეები და ასტროლოგები, პირველი მეცნიერ - პროგნოზისტები - სოციალურ უტოპისტებიდან, ამინდის პროგნოზის მცდელობით დაკავებულ, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა მიმდევრებამდე, მეცნიერული წინასწარმეტყველების დამფუძნებლები, თანამედროვე მეცნიერები - დაახლოებით ასეთია პროგნოზის ან პროგნოზირების სახელის მატარებელი ცოდნის ფართო სფეროს გავლილი გზა.

პროგნოზისა და პროგნოზირების თანამედროვე ცნებები და პრინციპები მოიცავენ:

*პროგნოზი* - რაიმე მდგომარეობის ან მომავალში რაიმე მოვლენის გამოძევავენების შესახებ ყოველნაირ კონკრეტულ წინასწარმეტყველებას ან ალბათობითი მსჯელობას;

*ეკოლოგიური პროგნოზი* - ლოკალურ, რეგიონულ და გლობალურ მასშტაბებში ბუნებრივი სისტემების ცვლილებების წინასწარმეტყველებას;

*პროგნოზირება* - ობიექტისთვის დამახასიათებელი გარე და შიდა ურთიერთობების რეტროსპექტიული ანალიზისა და, ასევე, განსახილველი მოვლენის ან პროცესის ფარგლებში სავარაუდო ცვლილებების საფუძველზე, გარკვეული სიზუსტით მათი მომავალი განვითარების შესახებ დასკვნის გამოტანის აზროვნების მეთოდების ერთობლიობას;

*ეკოლოგიური პროგნოზირება* - ბუნებრივი პროცესებით და ადამიანის ზემოქმედებით განპირობებული, ბუნებრივი სისტემების შესაძლო მდგომარეობის წინასწარმეტყველებას.

პროგნოზის მთავარი მიზანია:

- ადამიანის პირდაპირ ან ირიბ ზემოქმედებაზე ბუნებრივი გარემოს სავარაუდო რეაქციის შეფასება;
- ბუნებრივი გარემოს მოსალოდნელი მდგომარეობის გათვალისწინებით, ბუნებრივი რესურსების მომავალი რაციონალური მოხმარების ამოცანების ამოხსნა.

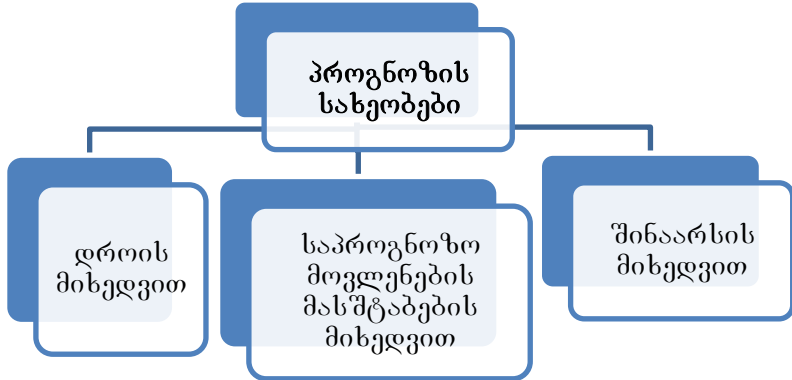
თანამედროვე ეკოლოგიური პროგნოზები უნდა სრულდებოდეს ზოგადსაკაცობრიო ღირებულებების გათვალისწინებით, რომელთა შორის უმთავრესია ადამიანი, მისი ჯანმრთელობა, ბუნებრივი გარემოს ხარისხი, ადამიანის საცხოვრებელი სახლის პლანეტა *დედამიწის* შენარჩუნება.

პროგნოზები დროის, საპროგნოზო მოვლენების მასშტაბების და შინაარსის მიხედვით შეიძლება დაიყოს (ნახ.6.6).

დროში წინსწრების უპირატესობის მიხედვით, განისაზღვრება შემდეგი ტიპის ეკოლოგიური პროგნოზები: ზემოკლევადიანი (ერთი წლით), მოკლევადიანი (3-5 წლამდე), საშუალოვადიანი (10-15 წლამდე), გრძელვადიანი (რამდენიმე ათეული წლის წინსწრებით), ზეგრძელვადიანი (ათასწლეულების და უფრო მეტი ვადის წინსწრებით).

როგორც ვხედავთ, საპროგნოზო ვადები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან. მაგალითად, 100-120 წლის ექსპლუატაციის ვადაზე გათვლილი მსხვილი სამრეწველო ობიექტის პროექტის შედგენისას, აუცილებელია ვიცოდეთ 2100 - 2200

წლებისთვის ამ ობიექტის ზემოქმედების შედეგად, ბუნებრივი გარემოს როგორი ცვლილებებია მოსალოდნელი. ამ შემთხვევაში მართებულია გამოთქმა: “მომავალი იმართება აწმყოდან”. მაგრამ, ცხადია, რომ რით უფრო გრძელვადიანია პროგნოზი - მით უფრო დაბალია მისი სიზუსტე.



ნახ. 6.6. ეკოლოგიური პროგნოზის სახეობები

*საპროგნოზო მოვლენათა მასშტაბების მიხედვით* პროგნოზები ოთხ ჯგუფად დაიყოფიან: - *გლობალური* (მათ ასევე ფიზიკო-გეოგრაფიულს უწოდებენ), *რეგიონალური* (მსოფლიოს რამოდენიმე ქვეყნის შიგნით), *ნაციონალური* (შიდასახელმწიფოებრივი), *ლოკალური* (მხარე, ადმინისტრაციული რაიონი, დაცული ტერიტორია და ა.შ.).

რით უფრო მსხვილია რეგიონი, მით უფრო მაღალი იქნება ეკოლოგიური პროგნოზირების შეცდომის ფასი.

ლოკალურ დონეზე, მხატვრულად რომ ვთქვათ, “გატეხილი ქოთნის პირობებში” რესურსები შეიძლება მეზობლებთან ვისესხოთ. ნაციონალურ დონეზე მეგობარ ქვეყნებს შეუძლიათ დახმარების გაწევა.

საპარის სამხრეთით მდებარე, საჰელის ზონაში მე-XX-ე საუკუნის 70-ანი წლების უმძიმესი გვაღვების ტიპის რეგიონალურ ეკოლოგიურ კატასტროფებს, მიუხედავად საერთაშორისო დახმარებებისა, აღურიცხავი უბედურება მოაქვთ.

საჰელის ტრაგედია ჯერ კიდევ მე-XX-ე საუკუნის 40-ან წლებში იყო ნაწინასწარმეტყველები, მაგრამ გაკეთებულ ეკოლოგიურ გაფრთხილებას არ მიენიჭა ჯეროვანი მნიშვნელობა. ამის შედეგად თითქმის ყველა ორ წლამდე ასაკის



ბავშვი დაიღუპა და პირუტყვის 80% - მდე დაეცა, ხოლო ადამიანური მსვერპლის რაოდენობამ, ზოგიერთი მონაცემებით, 2 მილიონს მიაღწია.

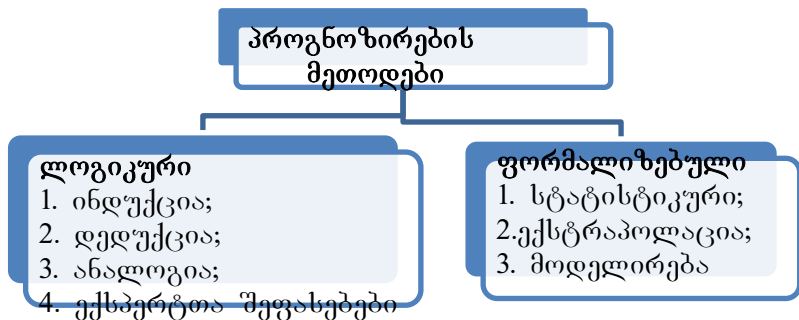
მაგრამ გლობალური ეკოლოგიური პროგნოზების იგნორირებას შეუძლია მიყვანა ისეთ სერიოზულ შედეგებთან, რომელთა მიღება დაუშვებელია და უნდა იქნენ აცილებული. სხვა გზა არ არსებობს. მაგალითად, აფრიკისა და სამხრეთ ამერიკის ტენიანი ეკვატორული ტყეების აჩეხვით, ადამიანი მთლიანად დედამიწის ატმოსფეროს მდგომარეობაზე ახდენს ზემოქმედებას: - მცირდება ჟანგბადის შემცველობა, ნახშირორჟანგის აირის რაოდენობა კი, მატულობს.

ცნობილი მეცნიერ - კლიმატოლოგების აზრით, ძირითადად ენერგეტიკასთან და ტექნოგენური ნახშირორჟანგის გამოყოფასთან დაკავშირებული, ატმოსფეროს ანთროპოგენური დაბინძურება, გლობალური დათბობით გვემუქრება - 10 წლის განმავლობაში 0.8 - 1°C დათბობის სიჩქარით, როგორც პლანეტას ჯერ არასდროს განუცდია.

მხოლოდ კლიმატის მომავალი დათბობის გლობალური პროგნოზის საფუძველზე არის შესაძლებელი ვივარაუდოთ, თუ როგორ აისახება დათბობის პროცესები ჩვენი პლანეტის კონკრეტულ რეგიონებში.

შინაარსის მიხედვით პროგნოზები მეცნიერებათა კონკრეტულ მიმართულებებს მიეკუთვნებიან: გეოლოგიური, მეტეოროლოგიური და სხ.

პროგნოზის ყველა მეთოდი შეიძლება გაერთიანდეს ორ ჯგუფად: - ლოგიკური და ფორმალური (ნახ.6.7)..



ნახ, 6.7. პროგნოზირების მეთოდები

იმის გამო, რომ ეკოლოგიაში, კერძოდ ბუნებათსარგებლობის ეკონომიკაში, უმეტეს შემთხვევაში საქმე გვაქვს ბუნებრივისა და სოციალურ-ეკონომიკური ხასიათის რთულ დამოკიდებულებებთან, უმეტესად იყენებენ ლოგიკურ მეთოდებს, რომლებიც ობიექტთა შორის კავშირებს ამყარებენ.

ლოგიკურს მიაკუთვნებენ: ინდუქციის, დედუქციის, ექსპერტთა შეფასებების და ანალოგების მეთოდებს.

*ინდუქციის მეთოდით* საგნებისა და მოვლენების მიზეზობრივ კავშირებს ადგენენ.

ინდუქციური მეთოდით კვლევას, ჩვეულებრივ, ფაქტობრივი მონაცემების შეგროვებით იწყებენ, ობიექტებს შორის მსგავსებისა და განსხვავებების თავისებურებები ვლინდება და განზოგადების პირველი მცდელობა ხდება. ასე, მაგალითად, ამონდის პროგნოზის დასამუშავებლად აუცილებელია შესაბამისი დაკვირვებებისა და გაზომვების ჩატერება, რის შემდეგ მთელი დღის ამინდის შესახებ დასკვნების გაკეთება არის შესაძლებელი.

*დედუქციური მეთოდის* გამოყენების პროცესში, პირიქით, ზოგადიდან კერძო შემთხვევისკენ მიდიან, ანუ ზოგადი დებულებების ცოდნაზე დაყრდნობით საბოლოოდ კერძო დასკვნებს აკეთებენ. ეს მეთოდი პროგნოზირების კვლევების სტრატეგიის დადგენას ხელს უწყობს.

ინდუქციური და დედუქციური მეთოდები ერთმანეთთან მჭიდროდ არიან დაკავშირებული.

საპროგნოზო ობიექტის შესახებ სარწმუნო ინფორმაციის არარსებობისა და, თუ ის მათემატიკურ ანალიზს არ ექვემდებარება, ამ შემთხვევაში *ექსპერტთა შეფასების მეთოდს* იყენებენ. მისი ძირითადი არსი, პრობლემის შეფასების მიზნით მოწვეულ, კვალიფიციური სპეციალისტექსპერტთა მოსაზრებების საფუძველზე გაკეთებულ მომავლის განსაზღვრაში მდგომარეობს.

არსებობს ინდივიდუალური და კოლექტიური ექსპერტიზა. ექსპერტული შეფასებების მეთოდით პროგნოზირებისთვის მკვლევარები სტატისტიკურ, კარტოგრაფიულ და სხვა მასალას იყენებენ.

*ანალოგების მეთოდი* გამომდინარეობს იქიდან, რომ ერთი პროცესის განვითარების კანონზომიერებები, გარკვეული

შესწორებებით, შეიძლება იქნეს გადატანილი მეორე პროცესზე, რომლისთვისაც პროგნოზის შედგენაა საჭირო.

ყველაზე ხშირად ანალოგების მეთოდს ლოკალური პროგნოზების დამუშავების პროცესში იყენებენ. ასე მაგალითად, მიმდებარე ბუნებრივ გარემოზე მომავალი წყალსაცავის გავლენის პროგნოზირების პროცესში, მსგავს პირობებში მყოფ, არსებული წყალსაცავის მონაცემების სარგებლობა არის მიღებული.

*ფორმალური მეთოდები* სტატისტიკურ, ექსტრაპოლაციის, მოდელირების და ა.შ. მეთოდებზე დაიყოფიან.

*სტატისტიკური მეთოდი* რაოდენობრივ მაჩვენებლებს ეფუძნება, რომლებიც მომავალში პროცესის განვითარების ტემპის შესახებ დასკვნის გაკეთების საშუალებას იძლევიან (ცხრ.6.5).

ცხრილი 6.5. აშშ-ს ტერიტორიის გამოყენების დინამიკა

ბუნებრივი რესურსები, მლნ. ჰა	წლები					
	1977	1990	2000	2010	2020	2030
ტყეები და ტყის მიწები	298.5	296.5	294.8	293.2	291.6	290.8
საძოვრები	332.1	327.2	322.4	317.9	314.3	308.7
სხვა მიწები	282.3	288.0	293.2	298.5	303.3	308.2
წყლის ზედაპირი	43.3	44.6	45.6	46.6	47.0	47.8

*ექსტრაპოლაციის მეთოდი*, გარკვეული ტერიტორიის ან პროცესის განვითარების ჩამოყალიბებული ხასიათის, მომავალ დროში გადატანას წარმოადგენს. ასე მაგალითად, თუ ცნობილია, რომ წყალსაცავის შექმნისას არაღრმა მიწისქვეშა წყლების არსებობის პირობებში ამ მონაკვეთზე დატბორვა და დაჭაობება დაიწყო, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ შემდგომში ეს პროცესები აქ გაგრძელდება და საბოლოოდ ჭაობის ჩამოყალიბებას გამოიწვევს.

### 6.5.1. ბუნებრივი პროცესების მოდელირება ეკოლოგიური პრობლემების გადაჭრის საქმეში

ეკოლოგიის მიერ შესასწავლი ზეორგანიზმური სისტემები (მოსახლეობა, ბიოცენოზი, ეკოსისტემები, ბიოსფერო) ძალიან რთულია. მათში ურთიერთკავშირების დიდი რაოდენ-

ნობა წარმოიქმნება, რომელთა ძალა, სიმტკიცე და ხასიათი განუწყვეტლივ იცვლება.

ერთი და იგივე გარე ეფექტები ხშირად განსხვავებულ, და ზოგჯერ საპირისპირო შედეგებს იწვევენ. ეს დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა მდგომარეობაში იმყოფებოდა სისტემა ზემოქმედების პერიოდში. კონკრეტული ფაქტორების მოქმედებაზე სისტემის საპასუხო რეაქციის წინასწარმეტყველება შესაძლებელია მხოლოდ მასში არსებული რაოდენობრივი ურთიერთკავშირებისა და კანონზომიერების რთული ანალიზის შედეგად.

ზემოაღნიშნულის გამო ეკოლოგიაში ფართოდ არის გავრცელებული მოდელირება, განსაკუთრებით ბუნებრივი მოვლენების შესწავლისა და პროგნოზირების პროცესებში.

ტერმინს “*მოდელი*” აქვს რამდენიმე სემანტიკური მნიშვნელობა:

- 1. რეალური ობიექტის, მოვლენის ან პროცესის ფიზიკური (ნივთობრივ-ნატურალური) ან ნიშნობრივი (მათემატიკური, ლოგიკური) მსგავსება (ჩვეულებრივად გამარტივებული);
- 2. რეალური ობიექტის მსგავსი შემცირებული ნიმუში - მაკეტი;
- 3. ბუნებაში და საზოგადოებაში რომელიმე მოვლენის ან პროცესის სქემა, გამოსახულება ან აღწერა.

ეკოლოგიაში ხშირად *მოდელის* ქვეშ იგულისხმება მატერიალური ან გონებაში წარმოდგენილი ობიექტი, რომელიც კვლევის პროცესში ცვლის ორიგინალს და მისი უშუალო შესწავლა ობიექტ-ორიგინალის შესახებ ახალ ცოდნას მატებს.

მოდელი, როგორც წესი, ამარტივებს სინამდვილეს და, ამავე დროს, მეცნიერისთვის საინტერესო ელემენტებსა და კავშირებს განსაკუთრებით მკაფიოდ აჩენს.

*მოდელირება* – რთული ობიექტების, მოვლენებისა და პროცესების გამარტივებული იმიტაციის გზით კვლევის მეთოდია (ნატურული, მათემატიკური, ლოგიკური). იგი ობიექტ-ანალოგთან მსგავსების თეორიაზე არის დაფუძნებული.

**მოდელების სადმი წაყენებული მოთხოვნები:**

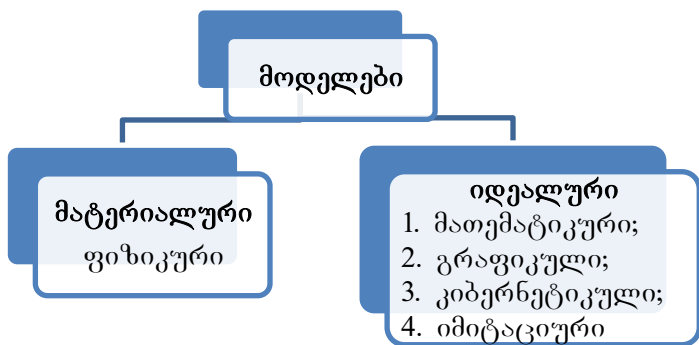
ნებისმიერი მოდელის სადმი მთავარი მოთხოვნები არის -

სამოდელი საგანთან მისი მსგავსება და შემდეგი თვისებების არსებობა:

- მოდელი - ობიექტის მსგავსი გადიდებულ (ბიოლოგიური უჯრედი) ან შემცირებულ (გლობუსი) ნიმუშს უნდა წარმოადგენდეს;
- მოდელს შეუძლია სწრაფად მიმდინარე პროცესები შეანელოს ან აახჩაროს ნელი პროცესები;
- მოდელი რეალურ პროცესებს ამარტივებს, რაც საშუალებას იძლევა ობიექტის ძირითად არსს მიეყვროს ყურადღება.

### **მოდელების სახეობა.**

მოდელებს ორ ჯგუფად ყოფენ: მატერიალური (საგნობრივი) და იდეალური (გონებრივი), ნახ.6.8.



ნახ. 6.8. მოდელების სახეობა

მატერიალური მოდელებიდან ბუნებრივი გარემოს მართვის საქმიანობაში ფიზიკური მოდელები შედარებით ფართოდაა გავრცელებული. მაგალითად, მსხვილი პროექტების შედგენისას, როგორც არის ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა, რომელიც ბუნებრივი გარემოს ცვლილებებთან არის დაკავშირებული.

დასაწყისში მოწყობილობების და ნაგებობების შემცირებული მოდელები შენდება, რომლებზეც წინასწარ დაპროგრამირებული ზემოქმედებებისას მიმდინარე პროცესებს იკვლევენ.

მე 20-ე საუკუნის მეორე ნახევარში ეკოლოგიაში მოდელ-  
ლების სახეობათა შორის სულ უფრო დიდ მნიშვნელობას  
იღვალური მოდელები იძენენ, მათ შორის: - მათემატიკური,  
კიბერნეტიკული, იმიტაციური, გრაფიკული მოდელები.

*მათემატიკური მოდელებების* არსი იმაშია, რომ მათემა-  
ტიკური სიმბოლოების დახმარებით საკვლევი სისტემის აბ-  
სტრაქტული, გამარტივებული მსგავსება გამოისახება. შემ-  
დეგ, ცალკეული პარამეტრების მნიშვნელობების ცვლილე-  
ბით იკვლევენ, თუ როგორ მოიქცევა ეს ხელოვნური სისტ-  
ემა, ანუ როგორ შეიცვლება საბოლოო შედეგი.

ელექტრონული მოწყობილობების საშიალებებით შედ-  
გენილ მათემატიკურ მოდელებს, *კიბერნეტიკულს* უწოდებენ.

კვლევებს, რომლებშიც ელექტრონული საშუალებები  
თვითონ მოდელის შექმნის პროცესში და მოდელური ექსპე-  
რიმენტების შესრულებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებ-  
ენ - *იმიტაციური მოდელებების*, ხოლო შესაბამის მოდე-  
ლებმა - *იმიტაციურის* სახელი დაიმკვიდრეს.

*გრაფიკული მოდელები* ბლოკ-სქემებს წარმოადგენენ,  
ან ცხრილი-გრაფიკის სახით პროცესებს შორის ურთიერთ-  
დამოკიდებულების ხასიათს ხსნიან. გრაფიკული მოდელი  
რთული ეკო-გეოსისტემების კონსტრუირების შესაძლებლო-  
ბას ქმნის.

საკვლევი ტერიტორიის მოცულობის მიხედვით მოდე-  
ლები შეიძლება დაიყოს: *ლოკალურ, რეგიონულ და გლობა-  
ლურზე*.

რთული ბუნებრივი პროცესების მათემატიკური მოდე-  
ლების აგებისას შემდეგ ეტაპებს გამოყოფენ:

1. უნდა იქნეს -გულმოდგინედ შესწავლილი რეალური  
მოვლენები, რომელთა მოდელების შექმნაა დაგეგმი-  
ლი; გამოვლენილი მთავარი კომპონენტები და დადგე-  
ნილი კანონები, რომლებიც მათ შორის ურთიერთო-  
ბის ბუნებას განსაზღვრავენ; საკვლევი ბუნებრივი მო-  
ვლენის მათემატიკური მოდელის შექმნამდე, უნდა შე-  
მუშავდეს მისი მსვლელობის ჰიპოთეზა;
2. მუშავდება მათემატიკური თეორია, რომელიც საკვლე-  
ვი პროცესების საჭირო სიზუსტით აღწერის საშუა-  
ლებას იძლევა. მის საფუძველზე აბსტრაქტული ურ-  
თიერთქმედების სახის მოდელი დგინდება. ჩამოყალი-

ბებულები კანონები ზუსტ მათემატიკურ ფორმას უნდა შეიცავდეს. ბუნებრივი მოვლენის მოდელი ფორმულირებული ჰიპოთეზის მკაცრ მათემატიკურ გამოსახულებას უნდა წარმოადგენდეს;

3. მოდელის შემოწმება - მოდელის საფუძველზე გაანგარიშებების შესრულება და შედეგების სინამდვილესთან შეპირისპირება. ამასთან ჩამოყალიბებული ჰიპოთეზის სისწორე მოწმდება. მონაცემების მნიშვნელოვანი განსხვავებისას მოდელს უარყოფენ, ან ის შემდგომ გაუმჯობესებას ექვემდებარება. თანმხედრი შედეგების არსებობისას, მათში სხვადასხვა საწყისი პარამეტრების შეყვანის შემდეგ, მოდელებს პროგნოზისთვის იყენებენ.

ბუნების მართვის მეცნიერული საფუძველის სახით გეოსისტემური (გეოგრაფიული სისტემის) მოდელი გამოიყენება. ეს მოდელი ბუნების მართვის საქმიანობაში პროგნოზირებისთვის და, აგრეთვე, გარემოსდაცვითი მენეჯმენტის მიზნით, მის ერთ კომპონენტზე ზემოქმედებით - მეორესგან დადებითი ეფექტის მისაღწევად გამოიყენება.

ბუნებრივი გეოსისტემა, საერთოდ, როგორც შედარებით მარტივი გეოგრაფიული მოდელი - თვითრეგულირებადი სისტემა განიხილება. მის მთლიანობას ხელს უწყობს ბუნებრივი კომპონენტების ურთიერთკავშირების არსებობა. უფრო რთულ მოდელებში ახალი ელემენტის სახით ადამიანი (საზოგადოება) შემოყავთ.

ადამიანს ბუნებრივ სისტემასთან არა მარტო შეგუების უნარი შესწევს, არამედ მისი გარდაქმნაც შეუძლია. ასეთი მოდელების გამოყენება ტიპურია “ადამიანი-გარემო”-ს ტიპის სისტემის შესწავლის პროცესში. ამ მოდელების გამოყენებით ადამიანის გარემოსთან ურთიერთობის მთელი ჯაჭვის - ზემოქმედება ბუნებრივ კომპლექსზე → კომპლექსის ცვლილება → ადამიანის საქმიანობაზე ბუნების ცვლილების ეფექტი → საქმიანობის ცვლილება → ბუნებაზე მისი ზემოქმედების ცვლილება და ა.შ., განიხილება არის შესაძლებელი.

*ბუნებრივ - ტექნიკურ სისტემებში* ტექნოსფერო და ბუნება ერთი სისტემის ელემენტების სახით არიან წარმოდგენილი.

მიდგომას, რომელშიც ბუნება და ტექნოსფერო განიხილება როგორც ერთი სისტემის ელემენტები, უდავოდ, შეუძლია გააღრმავოს ურთიერთქმედების მექანიზმის გაგება, გამოავლინოს ბუნებაზე ტექნოსფეროს ზემოქმედების შედეგები. აქ წარმოდგენა გეოსისტემაზე, როგორც თვითმართვად სისტემაზე, შედარებით სწრაფად იცვლება მართულ სისტემად მის აღქმაზე.

გეოსისტემას, რომელიც თავისი ელემენტების სახით მოსახლეობასა და, გადაწყვეტილებების მიმღებ და მაკონტროლირებელ, მართვის სისტემას შეიცავს, *ინტეგრალური* ეწოდება.

რაციონალური ხასიათის მენეჯმენტისათვის ეს ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან გეოსისტემის მთლიანობის შენარჩუნების მიზნით ღონისძიებათა სისტემის შემუშავების ამოცანა დგება.

## **6.6. მთიანი რეგიონის ეკო-მეტეოროლოგიური ასპექტები**

მსხვილი სამრეწველო ქალაქების ატმოსფერულ ჰაერში მინარევების განაწილება და გადატანა შორ მანძილზე ატმოსფეროს მიწისპირა და სასახლერო ფენის მდგომარეობის დამახასიათებელ მეტეოროლოგიურ პარამეტრთა კომპლექსთან არის მჭიდრო კავშირში.

ამ პარამეტრების შესწავლა და შეფასება ჰაერში მავნე ნივთიერებათა დაგროვებისა ან გაფანტვის პირობების შესახებ რიგი დასკვნების გაკეთების შესაძლებლობას ქმნის.

ამასთან, შეისწავლება მიწისპირა ჰაერის დაბინძურების დამოკიდებულება: ქარის სიჩქარესა და მიმართულებაზე დედამიწიდან სხვადასხვა სიმაღლეებზე - 2კმ-მდე, მიწისპირა ჰაერის ტემპერატურასა და ტემპერატურის გრადიენტებზე ატმოსფეროს 0-0.5 და 0-0.75 კმ სისქის ფენებში, მიწისპირა და აწეულ ინვერსიებზე, ნალექებზე, ღრუბლიანობასა და ნისლეებზე, ფარდობით ტენიანობასა და სხ.

აღნიშნული მეტეოპარამეტრების ცვალებადობაზე და საჰაერო აუზის დაბინძურებაზე ერთობლივი დაკვირვებათა მასალების სტატისტიკური დამუშავება, მეტეოელემენტების კრიტიკულ მნიშვნელობათა გამოვლენის საშუალებას იძლევა. ამ უკანასკნელით კი, ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთი-



ერებათა დაგროვებისა და გაფანტვის ვერტიკალური შერევისა და ჰორიზონტალური გადატანის პირობები ხასიათდება.

ცხადია, რომ საკვლევე ქალაქში ატმოსფეროს დაბინძურების ხელშემწყობ მეტეოროლოგიურ პირობათა შედარებით დიდი ხანგრძლივობა და ხშირი განმეორებადობა, უფრო მაღალი ხარისხის საჰაერო აუზის დაბინძურებას იწვევს, ვიდრე სხვა, ისეთი ქალაქის საჰაერო აუზისა, სადაც იგივე რაოდენობის გამონაბოლქვებთა პირობებში, აღნიშნულ მეტეოპირობათა უფრო მცირე მნიშვნელობები დაიკვირვება.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, თითოეული სამრეწველო ქალაქისათვის ასეთი მეტეოროლოგიური პირობების გამოვლენა და დაზუსტება მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს, რომელსაც მაღალი მეცნიერული და პრაქტიკული ღირებულება გააჩნია.

ამის გამო არ სუსტდება მეცნიერთა ყურადღება განსახილველი პრობლემის მიმართ და იგი სულ უფრო ფართო ხასიათს ღებულობს.

მიუხედავად იმისა, რომ ატმოსფეროს დაბინძურების მატების ხელშემწყობი მეტეოროლოგიური პირობები (საშიში მეტეოპირობები) მეზომასშტაბში თითქმის ერთგვაროვანია, ისინი სხვადასხვა სამრეწველო რაიონსა და ქალაქში შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდნენ. ამრიგად, ატმოსფეროს დაბინძურების სიდიდესა და მეტეოპარამეტრებს შორის კავშირების დადგენისადმი მიძღვნილ კვლევებში აუცილებელი აღმოჩნდა ჰაერის ცირკულაციის პირობებისა და საკვლევი რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ თავისებურებათა გათვალისწინება. ამასთან, აგრეთვე, მნიშვნელოვანი აღმოჩნდა სხვა ქალაქებიდან, სამრეწველო რაიონებიდან და ქვეყნებიდანაც კი, ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებათა გამონაბოლქვების შესაძლო გადატანისა და მათი მაქსიმალური კონცენტრაციების წარმოქმნის პირობების ხელშემწყობი, ზოგიერთი საშიში ქარების არსებობის გათვალისწინება. აღნიშნული ქარების სიძლიერე და მიმართულება დამოკიდებულია გამონაბოლქვთა წყაროების ტიპზე და ქალაქის საცხოვრებელი მასივების მიმართ მათ განლაგებაზე.

განსახილველი საკითხის კვლევისას საქართველოს პირობებში უნდა აღვნიშნოთ, რომ, როგორც ცნობილია, ქვეყნის ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებანი, მისი რთული,

ძლიერ დასერილი რელიეფი მნიშვნელოვნად გარდაქმნიან ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციის მახასიათებლებს. ამის გამო აქ რიგი, ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული კლიმატური რაიონები გამოიყოფა. ეჭვს არ იწვევს, რომ ეს გარემოება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ატმოსფერულ ჰაერში მინარევ ნივთიერებათა დაგროვების ხელშემწყობ მეტეოროლოგიური პირობების ხასიათზე და მათ განაწილებასზე საკვლევი რეგიონის სივრცეში.

ამასთან, დიდი მნიშვნელობა აქვს, აგრეთვე, სამრეწველო ობიექტების ტერიტორიული განაწილების ხასიათსაც.

უკანასკნელ საკითხთან დაკავშირებით, დადგენილია, რომ ატმოსფეროს ძირითადი დამაბინძურებელი წყაროების განლაგების პრინციპისა და მინარევთა კონცენტრაციების ველების განაწილების მიხედვით, საქართველოს სამრეწველო ქალაქები ორ ჯგუფად დაიყოფიან:

- 1. ქალაქები, რომლებშიც სამრეწველო საწარმოები, ძირითადად, მათ ერთ ნაწილშია განლაგებული (ხესტაფონი, რუსთავი);
- 2. ქალაქები - ატმოსფეროში მინარევთა გაფანტვის ხელშემწყობი მეტეოროლოგიური ფაქტორების გაუთვალისწინებლად, მათ მთელ ტერიტორიაზე მიმოფანტული სამრეწველო ობიექტებით (თბილისი, ქუთაისი, ბათუმი).

პირველი ტიპის ქალაქებში, სამრეწველო გამონაბოლქვთა გადატანის გაბატონებული მიმართულების მიხედვით, დაბინძურებას, უმთავრესად, მხოლოდ ცალკეული რაიონები განიცდიან. ამის გამო, მათ საცხოვრებელ მასივებში ჰაერის მაღალი დონის დაბინძურების განმეორადობა არც თუ ისე ხშირია.

მეორე ტიპის ქალაქებში კი, სამრეწველო ობიექტების უგეგმო განლაგება მათ მთელ ტერიტორიაზე დაბინძურებული ჰაერის საერთო ფონის შექმნას განაპირობებს. ასეთ შემთხვევაში, ჰაერის მასების გადატანისას თითქმის ნებისმიერი მიმართულებით, ისინი რიგი გამონაბოლქვთა წყაროს გავლენის ქვეშ იმყოფებიან. ამის გამო, აქ მცხოვრებნი ატმოსფეროს მინარევთა მაღალი კონცენტრაციების ზემოქმედებას შედარებით უფრო ხშირად განიცდიან.

ცნობილია, რომ ქალაქის ტერიტორია რთულ ობიექტს წარმოადგენს და მის საჰაერო აუზში მინარევთა სივრცულ-დროითი განაწილების შესასწავლად აუცილებელია სხვადასხვაგვარი მრავალრიცხოვანი მასალის ფლობა.

საქართველოს პირობებში აღნიშნული საკითხის გადაწყვეტა კიდევ უფრო რთულდება იმითაც, რომ აქ ქალაქები, ძირითადად, ძლიერ დასერილ მდინარეთა ხეობებში არიან განლაგებულნი. ამ ქალაქების გარემომცველი მთების ფერდობებს სხვადასხვა ორიენტაცია და სიმაღლის მაჩვენებლები გააჩნიათ, რაც თითოეულ მათგანში თავისებურ გავლენას ახდენს მინარევთა კონცენტრაციების ველის ფორმირებაზე. მაგალითად, თბილისის ცენტრალური ნაწილი, სამი მხრიდან მთებით შემოფარგლულ, ფართო ქვაბულში მდებარეობს, რაც მნიშვნელოვნად უშლის ხელს მის განიავებას. ეს გარემოება კი, კარგ პირობებს ქმნის ჰაერის უძრაობისა და ტემპერატურული ინვერსიების წარმოქმნისათვის, რაც დიდად უწყობს ხელს ჰაერის ლოკალური დაბინძურების კერების ფორმირებას, რომლებიც, უმთავრესად, წელიწადის ცივ პერიოდში, ღამისა და დილის საათებში აღნიშნებიან. ამის შედეგად ქალაქის ცენტრალური ნაწილი ჰაერის მაღალი დაბინძურებით ხასიათდება.

ამრიგად, მიღებული შედეგები მკაფიოდ მეტყველებენ იმაზე, რომ სამრეწველო რაიონების საჰაერო აუზში ატმოსფეროს მინარევების სივრცულ-დროითი განაწილება მჭიდროდაა დაკავშირებული მეტეოროლოგიური ელემენტების ცვალებადობაზე ჰაერის მიწისპირა ფენაში.

ატმოსფეროს დაბინძურების მონიტორინგის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ამოცანას, მეტეოროლოგიურ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით, ატმოსფეროს მინარევთა შორ მანძილზე გადატანის შესწავლა წარმოადგენს. ამასთან დაკავშირებით განიხილება ამ საკითხის სამი ასპექტი, მათ შორის:

1. მინარევთა გადატანა ლოკალურ მასშტაბებში, რომელიც ითვალისწინებს მათ გადატანას სამრეწველო რაიონის საზღვრებში;
2. რეგიონული გადატანა - ერთი რეგიონის ფარგლებში, ასეულ კილომეტრებზე მინარევთა გადატანა;

3. მაკრომასშტაბური, ტრანსსასაზღვრო გადატანა, რომელიც სახელმწიფოებისა და კონტინენტების მასშტაბებში ითვალისწინებს მინარევთა გადატანას.

ამასთან, აღსანიშნავია, რომ ატმოსფეროს რეგიონალური დაბინძურების პროცესები ლოკალურ ასპექტებსაც შეიცავენ.

მსხვილი სამრეწველო საწარმოთა გამონაბოლქვების წყაროებიდან სხვადასხვა მანძილზე, მეტეოროლოგიურ ფაქტორებზე დამოკიდებულებით, მტვრის მინარევთა კონცენტრაციების განაწილების შესწავლამ გამოავლინა, რომ სუსტი ქარების პირობებში (სიჩქარეებით 1-3 მ/წმ-მდე), ამ მინარევის მაქსიმალური კონცენტრაციები მათი წყაროდან 0.5კმ მანძილზე აღინიშნება. ქარის სიძლიერის მატებასთან 3-5 მ/წმ ინტერვალში, განსახილველი მინარევის კონცენტრაციების მაქსიმალური სიდიდეები შედარებით უფრო შორ მანძილებზე – 2.5კმ-ის დაშორებით - დაიკვირვება. ამასთან, აღსანიშნავია, რომ მიღებულ შედეგებს საკმაოდ მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ღირებულება გააჩნია, ვინაიდან მათი გამოყენება სამრეწველო საწარმოთა სანიტარული დამცავი ზონების დადგენის საკითხების დამუშავებას ხელს უწყობს.

### **6.6.1. ატმოსფეროს დაბინძურების პროგნოზი მთიანი რეგიონის ანთროპოგენური ზემოქმედების რაიონებში**

ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად, რადიკალური ზომების შემუშავებასთან ერთად, რაც ითვალისწინებს როგორც უნარჩენო წარმოების შექმნას და დანერგვას, ისე სუფთა სახის საწვავის გამოყენებას, მნიშვნელოვანი როლი ატმოსფეროს დაბინძურების პროგნოზირებას ენიჭება. ამასთან, ჰაერის დაბინძურების მაღალი დონის წარმოქმნის ხელშემწყობი მეტეოროლოგიური პირობებისა და მავნე ნივთიერებათა სივრცულ-დროითი განაწილების კანონზომიერების დადგენა ხდება.

დროული და პრაქტიკული თვალსაზრისით საკმაოდ ზუსტი პროგნოზი, არახელსაყრელი მეტეოროლოგიური პირობების დროს, სამრეწველო საწარმოს მიერ ჰაერში გამონაბოლქვთა რაოდენობის შესამცირებელ ღონისძიებათა გატარების საშუალებას იძლევა.

მე-XX-ე საუკუნის 70-იან წლებში წარმატებით ინერგე-  
ბოდა, ქართველ მეცნიერთა მონაწილეობით, შემუშავებული  
ატმოსფეროს დაბინძურების პროგნოზის მეთოდი. ის ატმოს-  
ფეროს დაბინძურებასა და მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე  
სტანდარტული დაკვირვებათა მასალის სტატისტიკური და-  
მუშავების საფუძველზე, კორელაციური კავშირების დადგე-  
ნის გზით არის შესრულებული. ამასთან, მიღებულია, რომ  
გამონაბოლქვთა რაოდენობა და მათი წყაროების განლაგე-  
ბა საკვლევ რაიონში უცვლელი რჩება, რაც მოცემული  
პროგნოზის შედარებით მცირე ვადებში (დაახლოებით 3-5  
წელი) გამოყენებას განაპირობებს.

ცხადია, რომ სამრეწველო საწარმოს მუშაობის ინტენ-  
სიობის ან მისი ტექნოლოგიური პროცესების მნიშვნელოვან-  
ი ცვლილებებისა და ავტოტრანსპორტის რიცხვის შესამჩ-  
ნევ ზრდასთან ერთად, ზემოაღნიშნული დამოკიდებულება  
განსახილველ ცვლადებს შორის ხელახალ გამოკვლევებს  
მოითხოვს.

ასეთი სახის კვლევები მრავლობითი წრფივი რეგრესი-  
ის, გამოსახულების გარჩევისა და თანმიმდევრული გრაფი-  
კული რეგრესიის მეთოდების გამოყენებაზე არის დაფუძნე-  
ბული.

საანალიზო მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავების მე-  
თოდის შერჩევისას უნდა გვახსოვდეს, რომ ატმოსფეროში  
მაგნე ნივთიერებათა კონცენტრაციებსა და მეტეოროლოგი-  
ურ პარამეტრებს შორის დამოკიდებულება, ძირითადად, ატ-  
არებს არაწრფივ ხასიათს. ამიტომ განსახილველ კვლევებ-  
ში წრფივი რეგრესიის მეთოდის გამოყენებას, ხშირად, მნი-  
შვნელოვან ცდომილებასთან მიყვებართ და თანმიმდევრული  
გრაფიკული რეგრესიის მეთოდის გამოყენება უფრო მიზან-  
შეწონილად გვესახება.

აღნიშნული მეთოდების შემოწმებამ თბილისში ატმოს-  
ფერული ჰაერის დაბინძურების პროგნოზების შემუშავები-  
სას გვიჩვენა, რომ თანმიმდევრული გრაფიკული რეგრესიის  
მეთოდის გამართლება 90% უდრის, ხოლო გამოსახულების  
გარჩევის მეთოდისა კი, საშუალოდ, დაახლოებით 80% შეა-  
დგენს.

ამათგან უკეთესი გამართლების მქონე მეთოდის გამო-  
ყენებით, 1975 წელს, პირველად საქართველოში, იქნა შემუშ-

შავებული და ოპერატიულ პრაქტიკაში დანერგილი თბილისის ატმოსფერული ჰაერის ძირითადი მინარევებით დაბინძურების პროგნოზი.

ამ კვლევაში პრედიქტანტად, მთელი ქალაქისათვის განგარიშებული, ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელია მიღებული. იგი წარმოადგენს ქალაქის პუნქტებზე, ცალკეული მინარევის მოცემული დღის დაკვირვებათა ვადებზე გასაშუალოებულ კონცენტრაციას, სეზონური ან წლიური სვლის გავლენის გამოსარიცხავად, ნორმირებულს საკვლევი მინარევის საშუალო სეზონურ ან წლიურ კონცენტრაციაზე.

აღნიშნული მაჩვენებლის გაანგარიშება შემდეგი ფორმულის დახმარებით სრულდება:

$$q_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{q_{i\kappa}} \quad , \quad (6.10)$$

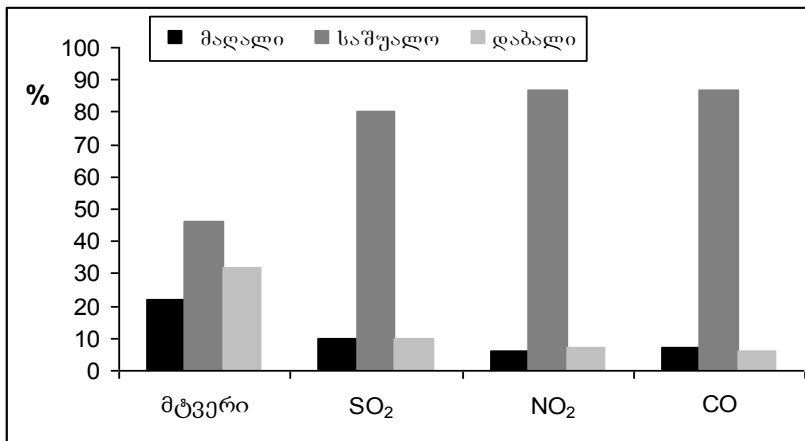
სადაც  $q_i$  -  $i$ -ურ დაკვირვების პუნქტზე საკვლევი მინარევის მთელი დღის საშუალო კონცენტრაცია არის,  $q_{i\kappa}$  - ამ პუნქტზე მინარევის საშუალო სეზონური ან საშუალო წლიური კონცენტრაცია, ხოლო  $n$  - პუნქტების რიცხვია ქალაქში.

როგორც გამოკვლევებმა გამოავლინა, აღნიშნული სახის ინტეგრალური მახასიათებლები გაცილებით ნაკლებად განიცდიან შემთხვევით ცვალებადობას, ვიდრე ატმოსფეროს დაბინძურებაზე დაკვირვებათა ცალკეული მონაცემები. ამასთან, ისინი საკმაოდ სრულად ასახავენ გამონაბოლქვთა ძირითადი წყაროების წვლილს ატმოსფეროს დაბინძურებაში და მეტად მნიშვნელოვანი მეტეოროლოგიური ფაქტორებით განისაზღვრებიან. ამ ინტეგრალური მახასიათებლების მისაღებად სივრცულ-დროითი გასაშუალოების გამოყენება, გარკვეულწილად, შემთხვევითი პროცესების ფილტრაციის ექვივალენტური აღმოჩნდა.

განსახილველი კვლევის პროცესში ქალაქის ჰაერის დაბინძურების სამი დონე იქნა შერჩეული, მათ შორის: - მაღალი -  $q_n \geq 1,3$ ; საშუალო -  $1,3 > q_n \geq 0,8$ ; დაბალი -  $q_n < 0,8$ .

ნახ.6.9-ზე მოცემულია, ძირითადი მინარევებისათვის განგარიშებული, თბილისის ატმოსფერული ჰაერის სხვადა-

სხვა დონის დაბინძურების მაჩვენებლის საშუალო წლიური სიდიდეების განმეორებადობა, პროცენტებში.



ნახ.6.9. სხვადასხვა დონის  $q_n$  მაჩვენებლის საშუალო წლიური სიდიდის განმეორებადობის განაწილება

ნახაზიდან ჩანს, რომ საკვლევე ქალაქში ჰაერის დაბინძურების მაღალი მნიშვნელობები მტვრის მინარევით, აიროვან მინარევებთან შედარებით, 2-4 ჯერ უფრო ხშირად დაიკვირვება და, დაახლოებით, თითქმის 25% შეადგენს.

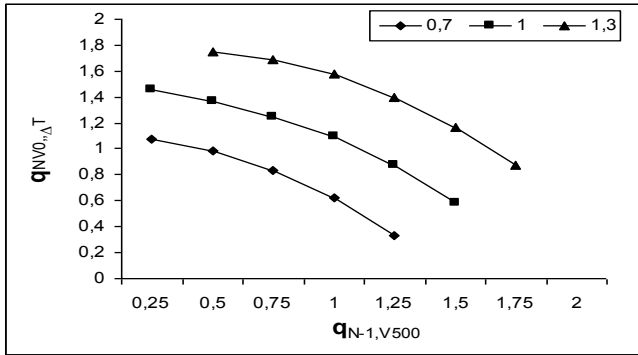
აიროვანი ნივთიერებათა კონცენტრაციების საშუალო დონის სიდიდეები, დაახლოებით, 85% შეადგენენ. მათი ექსტრემალური მნიშვნელობები კი, რომლებიც საშუალო დონის მიმართ, პრაქტიკულად, სიმეტრიულად არიან განაწილებული, საშუალოდ 8% უტოლდებიან.

აღნიშნულ ინტეგრალურ მაჩვენებელთა და რიგ მეტეოროლოგიურ პარამეტრს შორის სტატისტიკური ანალიზის მეთოდების გამოყენების საშუალებით კორელაციური კავშირები დგინდება.

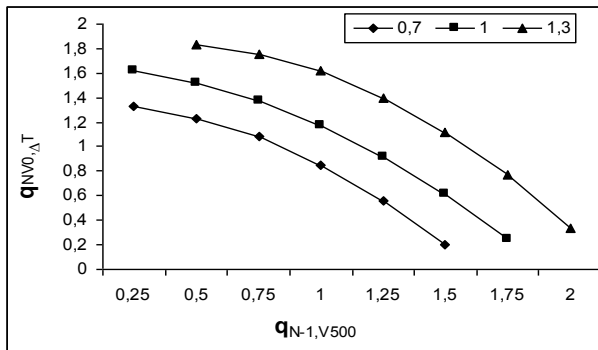
წინასწარი ანალიზის შედეგად, პრედიქტორებად მიჩნეულია: ფლუგერისა -  $V_0$  და დედამიწიდან 500 მ სიმაღლეებზე -  $V_{500}$  ქარის მიმართულება და სიჩქარე; დედამიწიდან 1.5 და 500 მ-ის სიმაღლეებზე ჰაერის ტემპერატურათა სხვაობა -  $\Delta T$  და საპროგნოზო  $q_n$ -ის სიდიდის წინა დღის  $q_{n-1}$ -ის მნიშვნელობა.

განხილული მეთოდური მიდგომა საკვლევ ნივთიერება-თა მიერ ჰაერის დაბინძურების სხვადასხვა დონის პროგნოზისთვის განკუთვნილი გრაფიკების მიღების საშუალებას იძლევა.

მაგალითის სახით, 6.10 და 6.11 ნახაზებზე, მოცემულია, წელიწადის ცივსა და თბილ პერიოდებში, შესაბამისად, ნახშირჟანგის მინარევით ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების მაჩვენებელთა სიდიდეების დამოკიდებულება წყვილ-წყვილად გაერთიანებულ ზემოაღნიშნულ ოთხ მეტეოროლოგიურ პარამეტრზე -  $V_0$ ;  $\Delta T$  და  $q_{N-1}; V_{500}$ .



ნახ.6.10. ნახშირჟანგის მინარევით ატმოსფეროს დაბინძურების საპროგნოზო გრაფიკები წელიწადის ცივი პერიოდისთვის



ნახ.6.11. CO-ს მინარევით ატმოსფეროს დაბინძურების საპროგნოზო გრაფიკები წლის თბილი პერიოდისთვის.



როგორც პრაქტიკაზე გამოცდის შედეგად დადგინდა, შერჩეული პრედიქტორების დახმარებით, თბილისის საჰაერო აუზის დაბინძურების დონის აღრიცხვის შესაძლებლობა იქნა დადასტურებული. გარდა ამისა, პროგნოზის მოცემული მეთოდის ოპერატიული გამოცდის შედეგად მისი საკმაოდ მაღალი, დაახლოებით 90%-ის ტოლი, გამართლება იქნა აღრიცხული.

## VII. მეტალური მინარეზებით გარემოს დაბინძურების მმქანიზმისა და ხარისხის ეკოლოგიური მონიტორინგი

### 7.1. დედამიწის ქვეფენილ ზედაპირზე მოსული მინარეზების შეფასების მეთოდი

გარკვეული არეალის ფარგლებში ცოცხალ ორგანიზმთა რაოდენობა (ბიომასა) და განაწილება დამოკიდებულია მათი არსებობისთვის აუცილებელ აბიოტურ ფაქტორთა მინიმუმზე. მაგალითად, სხვადასვა ლითონური ელემენტები აქტიურად მონაწილეობენ ბიოქიმიურ პროცესებში და მათი დეფიციტი ან სიჭარბე ერთნაირად უარყოფითად მოქმედებენ ბუნებრივ გარემოზე. ამრიგად, მისი ნორმალური ფუნქციონირებისთვის მძიმე ლითონებს, მიკროელემენტებსა და ბიომინერალებს შორის გარკვეული ბალანსის დაცვა არის საჭირო.

მძიმე ლითონებისაგან ბუნებრივ გარემოსთვის განსაკუთრებულ საშიშროებას ვერცხლისწყალი, დარიშხანი, ტყვია, კადმიუმი, ნიკელი, სპილენძი და თუთია წარმოადგენენ. ამ ელემენტების შემცველი ტექნოგენური ნარჩენების განაწილება გარემოში განპირობებულია რიგი ფაქტორებით, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი მეტეოროლოგიურ პირობებს უკავია. მათ რიცხვში დაიკვირვება ისეთი მეტეოროლოგენები, რომლებიც ხელს უწყობენ გამონაბოლქვებთან ერთად ამ ელემენტების მოხვედრას ატმოსფეროში და აეროზოლების, მტვრის ნაწილაკების ან წვიმის წყალსა და თოვლში მძიმე ლითონების ხსნადი შენაერთების სახით ნიადაგის ზედაპირზე დაღეკვას არეგულირებენ. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვნად მიიჩნევა ანთროპოგენური წარმოშობის აბიოტური ნივთიერებათა ნაკადების ბიოსფეროში თანდათანობითი შეღწევის გრძელვადიანი შედეგების აღრიცხვის აუცილებლობა. ასეთი ნივთიერებებით ბიოსფეროს დატვირთვის ნიშნები ნაკლებად არის თვალსაჩინო და ზოგჯერ ზომიერადაც კი გამოიყურება. მაგრამ მათი უარყოფითი ზემოქმედება უფრო გრძელვადიანი და გლობალურია თავისი მასშტაბებით. ამით მათ დედამიწის მთელი ცოცხალი არსებებისათვის მოაქვთ საშიშროება უკიდურესად განუსაზღვრელი შედეგებით.

მიუხედავად იმისა, რომ თავისი ბიომასით კაცობრიობა, როგორც ბიოლოგიური სახეობა, პლანეტის ცოცხალ ნივთიერებათა პროცენტის მეათასედ ნაწილს შეადგენს, იგი რამდენიმე ათასჯერ მეტ ნარჩენებს წარმოქმნის, ვიდრე ჩვენი პლანეტის მთელი ბიოსფერო. ამასთან, ისინი ყოველ 15 წლის განმავლობაში ორჯერადი მატებით ხასიათდებიან. ამ ექსპონენციალურად მზარდი საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ნარჩენების ნაკადების ზემოქმედების შედეგად, ისტორიულად დამყარებული ბუნებრივი ციკლები და ევოლუციურად ჩამოყალიბებული სხვადასხვა ნივთიერებათა ბიოგენური დინებები სერიოზულ რღვევას განიცდიან.

ამის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შედეგია გაუდაბნოების ხელშემწყობი პირობების, მათ შორის: სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დეგრადაციის; ტერიტორიების ჰიდროლოგიური რეჟიმის შეცვლის; წყალდიდობებისა და გვალვიანობის პერიოდული განმეორებათა შესამჩნევი მატება.

ეს და სხვა ეკოლოგიური ხასიათის მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ პირველყოფილ მომხმარებელურმა დამოკიდებულებამ ბუნებრივ გარემოსთან მიიყვანა ბიოსფერო უკიდურესად საშიშ ზღვართან, რომლის იქით მისი შემდგომი განვითარება შესაძლებელია მხოლოდ გონივრული მოქმედების შედეგად. ამის მაგალითია საქართველოში, კერძოდ კახეთის რეგიონში, დაწყებული მე-18 საუკუნიდან, ტყეების გაცხოველებული მოსპობისა და მე XX საუკუნის დასაწყისიდან გარემოზე ტექნოგენური ნარჩენების ზემოქმედების შედეგად ლანდშაფტის მკვეთრი ცვლილება, რამაც გაუდაბნოების პირობების მქონე რაიონის ჩამოყალიბება გამოიწვია. როგორც აკადემიკოსი თ.დავითაია მიიჩნევდა, აღნიშნული რაიონების ჩამოყალიბებამ კახეთში გამოიწვია ისეთი საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენების გააქტიურება, როგორცაა სეტყვიანობა და გვალვა.

ამჟამად, მდგომარეობის კონტროლის ქვეშ მოქცევისა და პრევენციული ზომების შემუშავების მიზნით, პირველ რიგში, გარემოს აბიოტური ფაქტორების ეკოლოგიური მონიტორინგის წარმოება არის აუცილებელი.

ცნობილია, რომ ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციისა და ლითონური მიკრომინარეგების შემცველობის კვლევით, სამრეწველო გამონაბოლქვების მაკრომასშტაბურ,

ტრანსსასაზღვრო გადატანაზე და ატმოსფერული ჰაერისა და დედამიწის ზედაპირის დაბინძურებაში საკვლევი ნივთიერებათა წვლილის შეფასებაზე შეიძლება მსჯელობა.

მსოფლიოს რიგ ქვეყანაში მრავალი პროექტი სრულდება, რომლებშიც როგორც გლობალურ, ისე რეგიონულ მასშტაბებში ძირითადი ეკოლოგიური პრობლემების კვლევა მიმდინარეობს. ამ პროექტებში პრიორიტეტულ ეკოლოგიურ პრობლემებზე რიგი მნიშვნელოვანი რეაგირების სტრატეგიების შეფასებები ხდება. ასეთებს მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე ტოქსიკური მეტალებით გარემოს დაბინძურების მავნე გავლენა უნდა მივაკუთნოთ.

აღნიშნული სახის დამაბინძურებლები ზედაპირული და გრუნტის წყლებთან ერთად მიგრირებენ, სამრეწველო რაიონებიდან ჰაერის ნაკადებით გადაიტანებიან და, ბოლოს, გრავიტაციული ძალების მოქმედებით და წვიმის წყლით ჩამორეცხვის შედეგად, ილექებიან დედამიწის ზედაპირზე და ნიადაგში გროვდებიან.

აქედან ისინი სასურსათო პროდუქტებში და ადამიანის ორგანიზმში ხვდებიან, რითაც რიგი დაავადებათა ინიცირების მიზეზად გვევლინებიან.

ასეთი ეკოლოგიური პრობლემები მკაფიოდ მთიან რეგიონებში ვლინდება, რომლებიც ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების მიმართ მნიშვნელოვანი სენსიტიურობით ხასიათდებიან. აღნიშნული, გლობალური და რეგიონული ეფექტების გარდა, ამ რაიონების შეზღუდული ფართობის აგრარული სავარგულების სამრეწველო საწარმოებებთან ახლოს მდებარეობით ბევრად არის განპირობებული. ამის შედეგად, აქ მოყვანილი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მავნე მინარევებით დაბინძურების დიდი ალბათობის საფრთხე არის მოსალოდნელი.

უნდა აღინიშნოს, რომ ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მიერ შემოტანილი, უმთავრესად ჰიგიენური თვალსაზრისით, ბუნებრივი გარემოს ხარისხის სტანდარტული მაჩვენებლების ერთეულები, მინარევთა წონითი რაოდენობის შეფარდებით საკვლევი გარემოს მოცულობის ერთეულთან, ან სინჯის წონის ერთეულთან შეფარდებით გამოისახებიან. ასე, მაგალითად:

- ატმოსფერული ჰაერისთვის იგი - მგ/მ<sup>3</sup> -ში, წყლებისა და ატმოსფერული ნალექებისთვის - მგ/ლ-ში, ნიადაგის სინჯებისთვის კი, მგ/კგ-ში გამოისახება.

მაგრამ, ძალიან ხშირად, ატმოსფეროდან დედამიწის ქვეფენილ ზედაპირზე მავნე მინარევთა გრავიტაციული დალექვის, ან ნალექებით ჩამორეცხვის შედეგად მიღებული, ბუნებრივი გარემოს ტექნოგენური დატვირთვის შესახებ ინფორმაციული მასალა არის საჭირო.

ამგვარი ცნობების მიღება, უმთავრესად, სამრეწველო რაიონებიდან ატმოსფერული ჰაერის ნაკადებით ტექნოგენური მინარევების ფართომასშტაბური გადატანების შედეგად, აგრარული რაიონების ბუნებრივ გარემოზე მიყენებული მავნე ზემოქმედების შესაფასებლად არის აუცილებელი. გარდა ამისა ისინი ატმოსფერული მინარევების, მათ შორის რადიოაქტიურისა, ტრანსსასაზღვრო გადატანების ნეგატიური შედეგების შესაფასებლადაც საჭიროდ მიიჩნევიან.

ასეთ შემთხვევებში აღნიშნული სახის ინფორმაციის მისაღებად, სფეციფიკური და შრომატევადი მონიტორინგის ჩატარება არის აუცილებელი. მისი გამოყენება ატმოსფეროდან დედამიწის ქვეფენილ ზედაპირზე დალექილი ან ნალექებით ჩამორეცხილი მინარევების სინჯების შეგროვებისა და მათი შემდგომი დამუშავების პროცესების შესრულებას უზრუნველყოფდა.

მაგრამ ხშირად ასეთი მონაცემები არ მოიპოვება, რადგან მათი მიღება არ შედის რიგი ქვეყნის ბუნებრივი გარემოს ეკოლოგიური მონიტორინგის პროგრამაში, რაც მრავალი ეკოლოგიური ამოცანის გადაჭრის საქმიანობაში დაბრკოლებას წარმოქმნის.

აღნიშნული სიძნელეების გადალახვის მიზნით, შემოტანილია საანგარიშო ფორმულა, რომელშიც, საკვლევ ტერიტორიაზე მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის გათვალისწინებით, ქვეფენილი ზედაპირის ერთეულ ფართობზე ჩამორეცხილ საკვლევ მინარევთა წონით რაოდენობასა და ნალექებში ამ მინარევთა კონცენტრაციების მნიშვნელობებს შორის დგინდება კავშირი. აღნიშნულ ფორმულას შემდეგი სახე გააჩნია:

$$M = qH \text{ კგ/კმ}^2 \text{ წლ} \quad , \quad (7.1)$$

სადაც  $q$ , მგ/ლ – ნალექების სინჯებში გახსნილი მინერალური ნივთიერებათა, ან მძიმე ლითონების ხსნადი შენაერთების კონცენტრაციების საშუალო წლიური მნიშვნელობებია,  $H$ , მმ – ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური ჯამია, ხოლო  $M$ , კგ/კმ<sup>2</sup> წლ - მოცემული ტერიტორიის ქვეფენილი ზედაპირის ერთეულ ფართობზე მოსული საკვლევე მინარევთა წლიური რაოდენობაა.

ცხრ.7.1 -ში საქართველოს სხვადასხვა რაიონში დედამიწის ზედაპირზე მოსული მინერალურ ნივთიერებათა, ფორმულა (7.1) -ის დახმარებით გაანგარიშებული, მრავალწლიური საშუალო წლიური რაოდენობებია მიცემული.

ცხრილი 7.1. ქვეფენილ ზედაპირზე ჩამორეცხილი მინერალურ ნივთიერებათა საშუალო მრავალწლიური რაოდენობები

პუნქტები	ნივთიერებები, (გ/კმ <sup>2</sup> წლ)				
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	იონთა ჯამი
აბასთუმანი	4.8	1.4	6.1	1.2	18.2
გუდაური	6.9	2.2	11.1	1.2	29.7
თბილისი	6.6	1.5	6.7	1.1	22.0
ჩაქვი	14.1	7.2	13.1	3.7	49.6

როგორც განსახილველი ცხრილიდან ირკვევა, საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ჰაერის ნაკადის საშუალებით საკმაოდ დიდი რაოდენობის სხვადასხვა მინერალური ნივთიერება გადაიტანება, რომელიც დედამიწის ზედაპირზე ილექება.

ამის დასადასტურებლად, სკანდინავიის ქვეყნებში ატმოსფეროს დაბინძურების პერმანენტული მატებით სტიმულირებული, სამეცნიერო კვლევების შედეგები შეიძლება მოვიყვანოთ, რომელთა თანახმად: აღნიშნულ ქვეყნებში სულფატების იონთა კონცენტრაციების მატებას ამ ნივთიერების ტრანსსასაზღვრო გადატანებს უკავშირებენ. ამასთან, ამ ნივთიერების მოსული მაქსიმალური რაოდენობა 4გ/კმ<sup>2</sup>წლ შეშეადგენდა. ამის შედეგად, როგორც კვლევის ავტორები იუწყებიან, ნალექებთან ერთად მიიღება გოგირდის შენაერთების ისეთი რაოდენობა, რომელსაც აღნიშნული ტერიტორიის ქვეყნების ტყისა და თევზის მეურნეობებისათვის მოაქვს

დიდი ზიანი. გარდა ამისა, ლიტვასა და ბელარუსში სულფატების ჩამორეცხვის რაოდენობები, რომლებიც, შესაბამისად, 7 და 10 ტ/კმ<sup>2</sup>წლ აღწევდნენ, ძალზე მაღალ მნიშვნელობებზე აღიარებენ მიხნეულნი.

ზემოგანხილული მონაცემებიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ საქართველოში მოსული ნალექებით ატმოსფეროდან მინარევი მინერალურ ნივთიერებათა მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ზიანის შემცველი რაოდენობა ჩამორეცხება.

ყველა პირობა არსებობს ვიფიქროთ, რომ ამ ნივთიერებათა წარმოშობის წყარო, შესაძლოა, ტრანსსასაზღვრო გადატანების შედეგად, მეზობელ ქვეყნებში უნდა ვეძებოთ.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, ატმოსფერული ნალექების სახეობაზე დამოკიდებულებით, მინარევთა ჩამორეცხვის ეფექტურობის საკითხი მნიშვნელოვან ინტერესს იწვევს.

ამ საკითხის გაშუქება, ცხრ.7.2-ში მოტანილი, საკვლევი ტერიტორიებზე წელიწადის განმავლობაში წვიმისა და თოვლის სახით მოსულ ნალექებში განსაზღვრული, საანალიზო ლითონური მინარევთა საშუალო კონცენტრაციების და, ფორმულა (7.1) დახმარებით გაანგარიშებული, ამ მინარევების ატმოსფეროდან ქვეყნილ ზედაპირზე ჩამორეცხილი, საშუალო წლიური წონითი სიდიდეების მონაცემთა შეფასებისა და შეპირისპირების საფუძველზე არის შესაძლებელი. ცხრილი 7.2. ნალექების სახეობაზე დამოკიდებულებით მეტალური მინარევების კონცენტრაციები და ქვეყნილ ზედაპირზე მოსული მათი რაოდენობები

პუნქტი	ნალექის სახეობა	N N	მიკროელემენტები, 1. მგ/ლ; 2. კგ/კმ <sup>2</sup> წლ			
			Cd	Zn	Cu	Pb
გურჯაანი	წვიმა	1.	0.61	0.75	0.70	0.94
		2.	488	600	560	752
	თოვლი	1.	0.08	0.05	0.02	0.04
		2.	64	40	16	32
საგარეჯო	წვიმა	1.	0.31	0.75	0.75	0.47
		2.	248	600	600	376
	თოვლი	1.	0.002	0.004	0.03	0.05
		2.	2,0	3,0	24	40

განსახილველი ცხრილის №1 სტრიქონებში, საკვლევი პუნქტებზე შეგროვილი წვიმისა და თოვლის, ცალ-ცალკე, ყოველთვიური ნალექების ჯამურ სინჯებში ატომურ-აბსორბციული მეთოდით განსაზღვრული, საკვლევი მინარევების საშუალო კონცენტრაციების მნიშვნელობებია მოცემული. ხოლო, №2 სტრიქონების მონაცემები, გაანგარიშების შედეგად მიღებულ, მათ ჩამორეცხილ სიდიდეებს წარმოადგენენ.

როგორც განსახილველი ცხრილის მონაცემების ანალიზი და ურთიერთშეჯერება გვინვენებს, ერთსა და იმავე პუნქტზე აღებულ სინჯებში ლითონური მინარევების კონცენტრაციები მკვეთრად განსხვავდებიან ნალექების სახეობაზე დამოკიდებულებით.

წვიმის წყალში მათი კონცენტრაციები, საშუალოდ, დაახლოებით, 1 - 2 რიგით მეტია, ვიდრე თოვლის სინჯებში, რაც ატმოსფეროს თვითგასუფთავების პროცესებში წვიმის ნალექების უფრო მეტ ეფექტურობაზე მიუთითებს.

მიუხედავად ჰიგიენური თვალსაზრისით ამ მონაცემების მაღალი მნიშვნელობისა, მათი გამოყენების არეალი შეზღუდულია, ვინაიდან არ შეიცავენ ამომწურავ ინფორმაციას ბუნებრივი გარემოს ტექნოგენური დატვირთვის შესახებ.

კერძოდ, ისინი, აგრარულ მეურნეობაში ეკოლოგიურად სუფთა სასურსათო პროდუქტების მისაღებად, ტოქსიკური მინარევებით ნიადაგის ზედაპირის ეკოლოგიური დატვირთვის შესახებ ძალზე მნიშვნელოვან ინფორმაციის მიღებას ვერ უზუნველყოფენ. მაგრამ ფორმულა (7.1)-ის დახმარებით, ამისათვის საჭირო პარამეტრის პირველი მიახლოებით განსაზღვრის შესაძლებლობა იქმნება.

განსახილველი ცხრილის №2-ის სტრიქონებში მიცემულია, ამ ფორმულის დახმარებით გაანგარიშებული, საკვლევი რაიონების ქვეყნილი ზედაპირის ერთეულ ფართობზე ატმოსფერული ნალექებით ჩამორეცხილი მეტალური მინარევების საშუალო წლიური რაოდენობები წონით ერთეულში.

ცხრილიდან კარგად ირკვევა, რომ ამ ელემენტების საკმაოდ მნიშვნელოვანი რაოდენობა მიწის წედაპირზე წვიმიან ამინდებში იღექება. გარდა ამისა, განსახილველი მონაცემები, ატმოსფეროდან მიწის ზედაპირზე დიდი რაოდენობის მეტალური მინარევების ჩამორეცხვის შედეგად, საკვლევი



არეალების ნიადაგების მნიშვნელოვან ანთროპოგენურ დატვირთვის შესახებ მეტყველებენ.

## 7.2. ნიადაგის ფენებში მეტალური მიკრომინარევების ვერტიკალური მიგრაცია

გაერო-ს ბუნებრივი გარემოს პრობლემების სამეცნიერო კომიტეტის (SCOPE) რეკომენდაციებში მითითებულია, რომ გარემოს ეკოლოგიური მონიტორინგი, სხვა ნივთიერებათა კრიტიკულ ჯგუფებთან ერთად - განსაკუთრებული საშიშროების მატარებელ მეტალების (Hg, As, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn) მიკრომინარევებს უნდა მოიცავდეს. ამ აბიოტური ნივთიერებათა ანთროპოგენური წარმოშობის ნაკადების ბიოსფეროში თანდათანობითი შეღწევის გრძელვადიანი შედეგების აღრიცხვის აუცილებლობა მნიშვნელოვან ამოცანად არის მიჩნეული. ასეთი ნივთიერებებით ბიოსფეროს დატვირთვის ნიშნები ნაკლებად არის თვალსაჩინო და ზოგჯერ ზომიერადაც კი გამოიყურება. მაგრამ მათი უარყოფითი ზემოქმედება გრძელვადიანი და გლობალურია თავისი მასშტაბებით. ამით მათ დედამიწის მთელი ცოცხალი არსებებისთვის საშიშროება მოაქვთ უკიდურესად განუსაზღვრელი შედეგებით.

ამ ელემენტების შეღწევა მცენარეულობაში და, შესაბამისად, ადამიანთა და ცხოველთა ორგანიზმში მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ნიადაგის პროფილებში მეტალური ელემენტების მინარევთა განაწილების ხასიათზე.

მათი იონური ფორმა, ორგანიზმში შეღწევის შემთხვევაში კარგად ხსნადი მარილების სახით, მათ სწრაფ რეზორბციას განაპირობებს შეღწევის ყველა გზებისთვის, მათ შორის სასუნთქ გზებში და კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში.

მიკროელემენტთა ვერტიკალური მიგრაცია ნიადაგში ცვლის დამაბინძურებელ ნივთიერებათა განაწილების ხასიათს, რაც ნიადაგის ფენებში მეტალურ მინარევთა შეღწევის ცვლილების ერთ-ერთი მიზეზია. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე ნათელია, რომ მიწის ჰორიზონტში მოხვედრილი ანთროპოგენური წარმოშობის მეტალური მინარევების ნიადაგის პროფილებში განაწილების დადგენა, აქტუალურ საკითხს უნდა წარმოადგენდეს.

ამ საკითხის გაშუქება, ქვემოთ მოტანილი, სპეციალურად შესრულებული კვლევის შედეგად მიღებული მონაცემების დახმარებით არის შესაძლებელი.

ზემოაღნიშნულის მიზნით ადრე გაზაფხულზე, მიწის ნაკვეთში გარკვეული რაოდენობის ტყვიისა და ვერცხლისწყლის სულფატების მარილების ( $PbSO_4$  და  $HgSO_4$ ) შეტანიდან ექვსი თვის გავლის შემდეგ, ნაკვეთის სხვადასხვა სიღრმიდან (0–10; 10–20; 20–30; 30–40 სმ) ნიადაგის სინჯები იქნა აღებული.

ნიადაგის ფენების სინჯების ანალიზი ტყვიისა და ვერცხლისწყლის შემცველობაზე ატომურ-აბსორბციული მეთოდის დახმარებით სრულდებოდა (ცხრ.7.3). ამასთან, განსაზღვრის საშუალო სტანდარტული ცდომილება 5%-ს არ აღემატებოდა.

ცხრილი 7.3. ტყვიისა და ვერცხლისწყლის განაწილება ნიადაგის ფენებში

მიწის ფენის სიღრმე (სმ)	მიკროელემენტები, %	
	ტყვია	ვერცხლისწყალი
0–10	74,4	57,2
10–20	18,2	20,5
20–30	3,4	13,7
30–40	3,4	8,6

როგორც ცხრ.7.3-დან ირკვევა, ექვსი თვის განმავლობაში ტყვიისა და ვერცხლისწყლის უდიდესი ნაწილი -74 და 57%, შესაბამისად, 0–10 სმ ფენაში დარჩა. 20 სმ სიღრმემდე - ტყვიის 18%-მა და ვერცხლისწყლის 21%-მა შეადწია, ტოქსიკანტების 3,4% და 8,6% - 30–40 სმ მიწის ფენამდე მოახდინა მიგრირება. ამასთან, ყველაზე საუკეთესო პირობებში, ტყვიის 1,5% და ვერცხლისწყლის, დაახლოებით, არა უმეტეს 9%-სა გამოიტანება ნიადაგის ზედაპირიდან.

ნიადაგის პროფილებში საკვლევი მეტალების განაწილების შედარებისას უნდა აღინიშნოს, რომ ვერცხლისწყალი უფრო ღრმად მიგრირებს მიწის ფენაში, ვიდრე ტყვია, რაც ვერცხლისწყლის სულფატის შედარებით მაღალი ხსნადობით აიხსნება.

ზემომოტანილი მონაცემების განზოგადების გზით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ დედამიწის ზედაპირზე მოხვედრილი ტოქსიკანტების მინარევები, ძირითადად, ნიადაგის აქტიურ ზონაში გროვდებიან, სადაც ხარობენ აგრარული კულტურები და მათ ეკოლოგიური სისუფთავის ხარისხს საფრთხეს უქმნიან.

გარდა ამისა, გარემოს დაბინძურება მეტალური მინარევებით არის გაუდაბნოების ხელშემწყობი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი, განსაკუთრებით, საქართველოს გვაღვიან რაიონებში.

ამ მონიტორინგის განხილული მიდგომები, ტოქსიკური აბიოტური მინარევებით ბუნებრივი გარემოს ეკოლოგიური დატვირთვის შესაფასებლად, ყველაზე უკეთეს საშუალებას იძლევიან. ამასთან, როგორც ნაჩვენებია, აღნიშნულ საკითხში მნიშვნელოვანი როლი ატმოსფერულ ჰაერს ენიჭება, ვინაიდან სისტემაში "ატმოსფერო - ქვეფენილი ზედაპირი - მცენარეულობა - ადამიანი" ნივთიერებათა ეფექტურ გადატანაში მას ეკუთვნის პრიორიტეტი.

### **7.3. მძიმე მეტალების მინარევები ადამიანის ორგანიზმში**

მძიმე მეტალები, ადამიანის ორგანიზმში, სხვადასხვა მექანიზმების საშუალებით შეიძლება მოხვდეს. ბივალენტურ კათიონებს უჯრედში შესაღწევად სატრანსპორტო ცილების გამოყენება შეუძლიათ. კადმიუმი, უჯრედში შედის კალციუმის არხების საშუალებით. წყალში უხსნადი მძიმე მეტალები, უჯრედში შეიძლება მოხვდეს ფაგოციტოზის გზით.

უნდა აღინიშნოს რომ, მძიმე მეტალებს ადამიანები, ძირითადად, სასურსათო პროდუქტებიდან შეითვისებენ, რის გამოც როგორც საერთაშორისო, ისე ნაციონალური კანონმდებლობის დონეზე განსაზღვრული, მძიმე მეტალების დასაშვები ნორმები არსებობს.

თანამედროვე სამეცნიერო ლიტერატურაში ბევრი ტოქსიკური მეტალის თავისებურების შესწავლის შედეგები ფართოდ არის გაშუქებული.

ზოგიერთი მათგანისთვის დადგენილია ადამიანის ორგანიზმში მათი ჭარბი რაოდენობის აკუმულაციით გამოწვეული უარყოფითი ეფექტები.

კადმიუმი, ტყვია, ვერცხლისწყალი და დარიშხანი, მაღალი რისკის შემცველ ტოქსიკურ ელემენტებს მიეკუთვნება და მათი შედარებით მცირე კონცენტრაციასაც შესაძლოა ძლიერ ტოქსიკური გავლენა ჰქონდეს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. მაშინ, როცა, ისეთი ელემენტები, როგორებიცაა, მაგალითად, რკინა, თუთია, სპილენძი დაბალი რისკის შემცველი მეტალები არიან და ტოქსიკური თვისებების გამო-საველენად, ორგანიზმში მათი დიდი კონცენტრაციების აკუმულაციაა საჭირო.

ყურძენში მძიმე მეტალები ძირითადად ხვდებიან ნიადაგიდან, თუმცა სავარაუდო დაბინძურების წყარო შესაძლოა იყოს ყურძნის შესაწამლად გამოყენებული ფუნგიციდები, ძლიერ დაბინძურებული ატმოსფერო, ან ღვინის ფერმენტაციისას, დაბინძურებული საფუარების გამოყენება.

კვლევებით დადგინდა, რომ ყურძნის სხვადასხვა ნაწილები განსხვავებული რაოდენობით შეიცავენ მძიმე მეტალებს. მაგალითად, რკინის კონცენტრაცია ყურძნის თესლში - 352 მკგ/კგ, კანში - 90 მკგ/კგ, მის რბილობში კი, მხოლოდ 3 მკგ/კგ უდრიდა.

ევროპის ქვეყნებში ღვინოებში ამ ნივთიერებათა შემცველობის ზუსტი განსაზღვრისა და კონტროლის აუცილებლობაზე აქტიურად დაიწყო საუბარი მას შემდეგ, რაც სამეცნიერო ჟურნალებში გამოქვეყნდა კვლევები, რომელთა მიხედვითაც, უმეტესობა ევროპული ქვეყნების ღვინოებისა, სულ მცირე, შვიდი მძიმე მეტალის პოტენციურად საშიშდოზებს შეიცავდნენ.

ვინაიდან, მეტალის იონები მონაწილეობენ ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში, ისინი გავლენას ახდენენ ღვინის ხარისხზე. ამასთან, ამ ელემენტებს შეუძლიათ ადამიანის ჯანმრთელობაზე განსხვავებული ხასიათის გავლენა მოახდინონ. მაგალითად, ღვინოების საშუალებით შესაძლებელია აუცილებელი მეტალების შეთვისება, ხოლო, ნორმაზე მეტი კონცენტრაციით მიღებას, შეუძლია ადამიანზე ტოქსიკური გავლენა იქონიოს. ამის შედეგად, ღვინის წარმოების პროცესში, მეტალური მიკრომინარეგების შემცველობის კონტროლის წარმოება მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს.

ზემოაღნიშნულთან დაკავშირებით ადამიანის ჯანმრთელობაზე ვერცხლის მიკრომინარეგების გავლენის განხილვა

იწვევს მკვლევართა ინტერესს, რაც კახეთის რეგიონში სექტყვის საწინააღმდეგო მიზნით ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების წარმოებისთვის ვერცხლის საფუძველზე დამზადებული მაკრისტალიზებული რეაგენტების (AgI) გამოყენებით არის განპირობებული.

ამრიგად, როგორც ჩანს, გარემოს დაბინძურების კონტროლის საქმიანობაში, ინტენსიური სექტყვის საწინააღმდეგო ზემოქმედების რაიონებში, მძიმე მეტალების (PbI<sub>2</sub>, AgI) საფუძველზე დამზადებული, სხვადასხვა მაკრისტალიზებული რეაგენტების ღრუბლებში დათესვით, ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების შედეგების მონიტორინგი აქტუალურ მნიშვნელობას იძენს.

ვერცხლი, თავისი ოქსიდებისა და მარილების უმეტესობის უხსნადობის გამო, დაუბინძურებელ ზედაპირულ წყლებში ძალზე მცირე, სუბმიკრონულ (0.2-0.3 მკგ/ლ), რაოდენობით გვხვდება. ძალზე იშვიათად მისმა შემცველობამ ზედაპირულ და სასმელ წყლებში შეიძლება 5 მკგ/ლ მიაღწიოს. ზღვის წყალში ვერცხლის კონცენტრაცია 0,3-1,0 მკგ/ლ შეადგენს. დაბინძურებულ მიწისქვეშა წყლებში ვერცხლი შეიძლება ერთეულიდან ათეულ მგ/ლ კონცენტრაციით მოიპოვებოდეს.

ორგანიზმში ვერცხლის შემოსვლის ძირითადი ბუნებრივი გზა არის - საკვები პროდუქტები. ის ორგანიზმისთვის ძნელად ასათვისებელი ელემენტია. შემოსული ვერცხლის 90%-ზე მეტი გამოიტანება ორგანიზმიდან, ძირითადად, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის მეშვეობით. მიუხედავად ამისა, ვერცხლის ნაწილი აბსორბირდება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში, ადვილად უერთდებიან ცილებს (სისხლის გლობულინისა და ჰემოგლობინის დახმარებით და ა.შ.) და მთელ ორგანიზმში გადაიტანებიან.

ორგანიზმში ვერცხლის მთავარ “შესანახ” ადვილად ღვიძლია მიჩნეული. ასევე, ღვიძლია ორგანიზმიდან ვერცხლის გამოყვანაზე ძირითადო პასუხისმგებელი ორგანო.

როგორც ყველა მძიმე მეტალი, ვერცხლი საკმაოდ ნელა გამოიტანება ორგანიზმიდან, თუმცა არც ისე დიდ ხანს, როგორც ბევრი სხვა მათგანი. ღვიძლიდან მისი “ნახევრად-გამოტანის” პერიოდმა შეიძლება 50 დღე გასტანოს. მაგრამ

ვერცხლის გამუდმებითი შეღწევისას ორგანიზმში მაინც მისი თანდათანობითი დაგროვების ტენდენცია დაიკვირვება.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ (WHO) განსაზღვრა ვერცხლის მაქსიმალური დოზა, რომელიც ადამიანის ჯანმრთელობაზე შესაძენვე მავნე ზემოქმედებას არ ავლენს (ეგრეთ წოდებული დონე NOAEL – No Observable Adverse Effect Level-10 გრამი).

როგორც ირკვევა, WHO -ს მეთოდური სახელმძღვანელოს თანახმად, ადამიანს, რომელმაც თავისი ცხოვრების მანძილზე (საშუალოდ, 70 წელი) “ჭამა” ან “დალია” ჯამურად 10 გრამი ვერცხლი, ამის გამო ჯანმრთელობასთან, გარანტირებულად, არავითარი პრობლემები არ უნდა ჰქონდეს.

ამ სიდიდის მიხედვით იყო მიღებული რეკომენდაციები სასმელ წყალში 100 მკგ/ლ-ის კონცენტრაციით ვერცხლის ტოლერანტული შემცველობის შესახებ. ასეთი კონცენტრაციები 70 წლის სიცოცხლის მანძილზე NOAEL - ის დონის ნახევარს იძლევა, რაც ჯანმრთელობისთვის საფრთხილი უნებელია.

ამჟამად ვერცხლი განიხილება არა როგორც უბრალოდ ლითონი, რომელსაც მიკრობების ხოცვა შეუძლია, არამედ როგორც მიკროელემენტი, რომელიც ნებისმიერი ცხოველთა და მცენარეთა ორგანიზმების ქსოვილების აუცილებელი და მუდმივი შემადგენელი ნაწილია. მკურნალობის მიზნით ვერცხლის მაღალი დოზების (კონცენტრაციით 30-50 მგ/ლ) ხანგრძლივმა (7-8 წლის განმავლობაში) მიღებამ და, აგრეთვე, ვერცხლის ნაერთებთან მუშაობამ საწარმოო პირობებში, შეიძლება ვერცხლის დაღეჟვა ადამიანის კანში და მისი შეფერილობის ცვლილება - არგირია ("კანის გარუჯვა") გამოიწვიოს, რომელიც ვერცხლის იონების ფოტოქიმიური აღდგენის შედეგებით არის განპირობებული.

არგირიის მოვლენით დაავადებულ პაციენტთა შემოწმებისას, ყველა პაციენტს არგირიის ნიშნით უმეტესი ვირუსული და ბაქტერიული ინფექციების მიმართ მაღალი წინააღმდეგობა დაეკვირვებოდა.

ამრიგად, თანამედროვე შეხედულებების ჭრილში, ვერცხლი განიხილება როგორც შინაგანი ორგანოებისა და სისტემების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის აუცილებელი მიკროელემენტი და, ასევე, როგორც იმუნიტეტის ასამაღლე-

ბელი და პათოგენურ ბაქტერიებზე და ვირუსებზე აქტიურად მოქმედი, ძლიერი საშუალება.

ვერცხლის ანტიმიკრობული მოქმედების ფართო სპექტრი, უმეტეს პათოგენურ მიკროორგანიზმების მასთან მდგრადობის უქონლობა, დაბალი ტოქსიკურობა, ვერცხლის ალერგიული თვისებების შესახებ ლიტერატურაში ცნობების უქონლობა და, ასევე, ავადმყოფების მიერ მისი კარგი ამტანობა - მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ვერცხლის მიმართ გადიდებულ ინტერესს უწყობს ხელს.

## VIII. ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის მონიტორინგის საკითხები

### 8.1. ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობა - გარემოს დაბინძურების ინდიკატორი

უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში ეკოლოგიური მონიტორინგის სფეროში მიმართულებამ - ატმოსფეროს ქიმია - მყარი საფუძველი დაიმკვიდრა. მისი კვლევის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საგანს, ანთროპოგენური წარმოშობის, აეროზოლური შემადგენლით გარემოს დაბინძურების შესწავლა წარმოადგენს.

ზემომოტანილთან დაკავშირებით აღსანიშნავია, რომ ატმოსფერული ნალექების შედგენილობა იმ აეროზოლების კონცენტრაციითა და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით არის განპირობებული, რომლებშიც როგორც ჰაერის მასათა ურთიერთშერევის პროცესში ღრუბლის წვეთების მიერ მიტაცებული, ისე მათი კონდენსაციის ბირთვებად წარდგენილი ნაწილაკები იგულისხმება.

ამრიგად, ნალექების მინერალიზაციისა და მძიმე ლითონების ხსნადი შენაერთების კონცენტრაციების კვლევის შედეგებით, სამრეწველო აეროზოლების მაკრომასშტაბურ გადატანებზე და ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირის დაბინძურებაში, მათი წვლილის შეფასებაზე შეიძლება მსჯელობა.

ჰაერში დანაწევრებულ ნაწილაკებზე წყლის ორთქლის კონდენსაციის, ჯერ კიდევ პირველმა ცდებმა აჩვენა, რომ ოდნავ გადაჯერებულ ჰაერში წვის პროდუქტების შეტანის შემდეგ ღრუბლების სიმკვრივე მნიშვნელოვნად მატულობს. ეს გამოწვეულია ღრუბლების, ნისლებისა და ბურუსის წვეთების ზრდით აეროზოლური ნაწილაკების - კონდენსაციის ბირთვების გარშემო. ასეთებად გვევლინებიან, როგორც ბუნებრივი, წყალში ხსნადი, ნაწილაკები, მაგალითად ზღვის მარილები, ისე ანთროპოგენური წარმოშობის ჰიგროსკოპიული და არაჰიგროსკოპიული ნაწილაკები.

სამრეწველო წარმოშობის კონდენსაციის ბირთვების საუკეთესო მაგალითს ქლორის, გოგირდის, ბრომისა და ლითონური მინარეგების შემცველი აეროზოლები წარმოადგენენ. გარდა ამისა, ამ ელემენტების მიერთებით, ინერტუ-



ლი მინერალური მტვრის ნაწილაკები აქტიურ კონდენსაცი-  
ის ბირთვებათ გარდაიქმნებიან.

ამ ნაწილაკების კონცენტრაციების ცვლილებები ატმოსფეროში ღრუბლების ჩამოყალიბების პროცესებზე და ნალექების რეჟიმზე მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენენ. ამასთან, არა მარტო აიტკენისა და მსხვილი ბირთვების სახით წარმოდგენილ ნაწილაკთა ზომების სპექტრის მაღალდისპერსულ აეროზოლთა ნაწილს, არამედ 10-30 და 31-200 მკმ დიამეტრის მქონე, გიგანტურ და ზეგიგანტურ ნაწილაკებსაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭებათ. ასეთ ნაწილაკთა რაოდენობა ატმოსფეროში ფართო დიაპაზონში იცვლება და მათი რიცხობრივი კონცენტრაციები ჰაერში 0.1-30 ნაწ/ლ ფარგლებში მერყეობს, რაც დამოკიდებულია მიწისპირა საფარზე, აეროზოლების წყაროებზე და მიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროს ზონდირების სიმაღლეზე.

ამ ნაწილაკთა კონცენტრაციები, რომელთა შორის ორგანული წარმოშობის ნაწილაკები, დაახლოებით, 30% შეადგენენ, ღრუბლებს ზევით გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე მათ ქვემო ნაწილში, რაც, ძირითადად, ჩამორეცხვის მექანიზმის მოქმედებითაა განპირობებული.

ამრიგად, როგორც ირკვევა, ატმოსფერული ნალექები მნიშვნელოვნად უწყობენ ხელს ნივთიერებათა მიმოქცევას ბუნებაში და ატმოსფეროს თვითგასუფთავების ძირითად მექანიზმს წარმოადგენენ.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის შესწავლა გარემოს ეკოლოგიური მონიტორინგის ერთ-ერთ უმთავრეს საგანს წარმოადგენს. ამასთან, შესაძლებელია გამოყენება ინფორმაციისა, როგორც მათი მინერალიზაციის, ისე ლითონური მიკრომინარეგების შემცველობის შესახებ.

მაგალითად, ამერიკის შეერთებული შტატებისა და წყნარი ოკეანეს ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში მოსულ ნალექებში ლითონური მიკრომინარეგების შემცველობის კვლევებით გამოვლინდა სამრეწველო აეროზოლების გადატანა შორ მანძილზე - მთებში და ღია ოკეანეში, რაც სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ჰაერის საერთო ფონის შექმნას უწყობს ხელს (ცხრ.8.1).

ცხრილი 8.1. ლითონური მიკრომინარეგების შემცველობა აშშ-სა და წყნარი ოკეანეს დასავლეთ ნაწილში მოსულ ატმოსფერულ ნალექებში

რაიონები	მინარეგები, (მკგ/ლ)							
	Cu	Pb	Zn	Cd	Al	Ti	Mn	Fe
1	2.6	12.7	-	-	50.0	3.7	7.8	77.0
2	5.5	17.0	2.5	-	47.0	1.2	5.0	67.0
3	31.0	323.0	248.0	33.0	158.0	23.0	127.0	152.0

განსახილველ ცხრილში მოცემულია საკვლევ რაიონებში მოსულ ნალექებში მიკროელემენტების გასაშუალოებული კონცენტრაციები. ამასთან, 1 რაიონი - ფიჯის, ტონგას, და კუკის კუნძულებთან, ეკვატორის სამხრეთით მდებარეობს. მე-2-რე - ციმბირის ანტიციკლონის სამხრეთ-აღმოსავლეთის პერიფერიის რაიონებს მოიცავს, ხოლო მე-3-მე - კონტინენტის ჩრდილო-დასავლეთის იმ ნაწილს, რომელიც აზიური კონტინენტის სანაპიროსა და იაპონიის კუნძულებისკენ განიცდის მიზიდულობას.

მიუხედავად იმისა, რომ მე-3-ე სტრიქონის სინჯები მე-2-სთან გენეტიკურ მთლიან ერთობლიობას ქმნიან, როგორც ვხედავთ, მასში მოტანილი კონცენტრაციები მაღალი მნიშვნელობებით განსხვავდებიან, რაც, ტექნოგენური ნარჩენების დიდი რაოდენობით შემცველ, კონტინენტალური აეროზოლების ფართომასშტაბურ გადატანასთან არის დაკავშირებული. გარდა ამისა, აშშ-ს ტერიტორიის ზღვისა და მთაგორიან რაიონებში მოსული წვიმის წყლისა და თოვლის სინჯებში ლითონური მიკრომინარეგების შემცველობაზე მიღებული ცნობები, საკვლევ რაიონების ატმოსფეროს აუზის, სამრეწველო გამონაბოლქვების გადატანის შედეგად, დაბინძურების შეფასების საშუალებას იძლევა.

გარემოს დაბინძურების შეფასების მიზნით ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის კვლევის შემდეგ მაგალითს ცხრ.8.2-ში მოტანილი მონაცემები წარმოადგენენ.

ამ ცხრილში მოცემული, ცენტრალურ ინდოეთსა და ვენესუელას ჩრდილოეთ ნაწილში (დასავლური ანდების მთები - 2300 მ ზ.დ.), მოსული წვიმის წყლის ქიმიური შედგენი-

ღობის კვლევის მონაცემები, ატმოსფერული ჰაერის ნაკადების საშუალებით სამრეწველო გამონაბოლქვთა პროდუქტების ფართომასშტაბური ტრანზიტული გადატანების შესახებ მსჯელობის საშუალებას გვაძლევს.

ცხრილი 8.2. ინდოეთსა და ვენესუელაში დედამიწის ზედაპირზე ნალექებით ჩამორეცხილი მინარევთა გასაშუალოებული მნიშვნელობები

ელემენტები, ( $10^{-4}$ კგ/მ <sup>2</sup> )										
N	P	S	Cl	Na	K	Ca	Mg	Al	H	
ცენტრალური ინდოეთი										
7.96	0.39	-	-	26.83	4.42	4.89	-	-	-	
დასავლური ანდეზი										
9.90	1.10	11.8	59.4	3.26	2.6	5.6	5.23	2.43	0.81	

ინტერესს იმსახურებს, აგრეთვე, სხვადასხვა რაიონებში მოსულ ნალექებში ლითონური მინარევების განაწილების შედეგები, რომლებშიც გამოვლენილია საკვლევი მინარევების კონცენტრაციათა სიდიდეების მნიშვნელოვანი დამოკიდებულება ატმოსფეროს დაბინძურების წყაროების მდებარეობაზე და მეტეოროლოგიური პარამეტრების განაწილებაზე.

მაგალითად, აღმოსავლეთ ევროპის ტერიტორიის ჩრდილოეთი, ჩრდილო-დასავლეთი და ცენტრალური ნაწილების სამრეწველო ცენტრებსა და მსხვილ ქალაქებში მოსულ ნალექებში Al, Fe, Mn, Cu, Ni და Pb მაქსიმალური კონცენტრაციები ზამთრის თვეებში აღინიშნება. ეს აიხსნება წელიწადის ამ პერიოდში გამონაბოლქვთა რაოდენობის მატებით, ხშირი ნისლიანობით და ტემპერატურული ინვერსიებით, რომლებიც ჰაერის მასების შეგუბების მოვლენათა განვითარებას და ატმოსფეროში მინარევების დაგროვების პროცესებს უწყობენ ხელს.

რიგ შემთხვევაში, სამრეწველო ცენტრებიდან და ქალაქებიდან დაშორებულ რაიონებში მოსულ ატმოსფერულ ნალექებში ლითონური მინარევების შემოსვლა, გარდა სამრეწველო გამონაბოლქვების გადმოტანის შედეგად მიღებულისა, მიწის ზედაპირიდან ეოლური წარმოშობის ბუნებრივი მტვრის შემადგენლობაში მყოფ მინარევ ნივთიერებათა წვლილის ხარჯზე აღინიშნება.

### 8.1.1. ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის მონიტორინგი

მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის მონიტორინგის მიზნით, მისი მინერალიზაციის კვლევას ეთმობა დიდი ყურადღება, რამაც საერთაშორისო გეოფიზიკური წლის (1957-1958წწ) შემდეგ სისტემატური ხასიათი მიიღო.

აღნიშნული პერიოდიდან მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის მონიტორინგის სადგურთა ქსელი იყო დაფუძნებული, რომელიც, გარემოს დაბინძურების პერმანენტულ ზრდასთან და მისი კონტროლის აუცილებლობასთან დაკავშირებით, ყოველწლიურად ფართოვდება. ამ მიზნით შესრულებული მონიტორინგის მაგალითს, ცხრ.8.3-ში მოცემული, კ. ტრინიდადზე (ატლანტის ოკეანე) მოსული ნალექების მინერალიზაციის კვლევის შედეგები წარმოადგენენ.

ცხრილი 8.3. კ. ტრინიდადზე მოსული წვიმის წყალში მინერალური ნივთიერებათა შემცველობა

ნივთიერებათა იონები, მგ/ლ								
Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	შარდოვანა	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Σi
მაქსიმალური კონცენტრაცია								
3.93	1.24	0.5	1.13	2.57	3.27	0.99	4.52	35.3
მინიმალური კონცენტრაცია								
2.1	0.41	0.15	0.41	1.92	1.21	0.33	1.88	10.3
საშუალო კონცენტრაცია								
3.02	0.83	0.33	0.77	2.25	2.24	0.66	3.20	23.12

ამ ცხრილში მოტანილი საშუალო სიდიდეების შეპირისპირება საქართველოს ტერიტორიისთვის მიღებულ საკვლევო პარამეტრების მნიშვნელობებთან, საკმაოდ კარგი თანხვედომის შესახებ მსჯელობის საშუალებას გვაძლევს.

განსახილველი საკითხის კვლევის ზემოაღნიშნული შედეგები, ატმოსფერული ჰაერის ნაკადების დინების პროცესში, ღრუბლების დახმარებით მინარევების ტრანსსასაზღვრო გადატანებზე მიუთითებენ, რაც დაბინძურებული ატმოსფერული

რული ჰაერის გლობალური ფონის შექმნას უწყობს ხელს. მისი შეფასება, როგორც ვხედავთ, ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის მონიტორინგის საშუალებით არის შესაძლებელი. ამასთან, მონიტორინგის ორივე ზემოგანხილული მიდგომის (მეტალური მიკრომინარევებისა და მინერალიზაციის განსაზღვრის) გამოყენება, ანთროპოგენური და ბუნებრივი წარმოშობის პროდუქტების შემცველი აეროზოლებით, გარემოს დაბინძურების შესახებ ინფორმაციის მიღების მნიშვნელოვან გაფართოების შესაძლებლობას ქმნის.

## **8.2. ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის მონაცემთა საიმედოობის შეფასების საკითხები**

როგორც აღინიშნა, ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობა ბევრად არის განპირობებული იმ აეროზოლების შედგენილობით, რომელთა წყაროდ შეიძლება განხილული იყოს ბუნებრივი წარმოშობის პროდუქტები, მათ შორის: მიწის ზედაპირის გამოფიტვის შედეგად მიღებული ნივთიერებები, ვულკანების ამონაფრქვევები, ზღვის შხეფების აორთქლების შედეგად მიღებული მარილები და კოსმოსური მტკერი. ამათ ემატებათ ანთროპოგენური წარმოშობის სამრეწველო და ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვთა პროდუქტები, რომელთა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები ძალზე რთულია, ხოლო წილი ატმოსფეროს დაბინძურებაში მზარდი ტემპებით მატულობს. გარდა ამისა, დიდი მნიშვნელობა მეტეოროლოგიურ პირობებს ენიჭება, რომლებიც არა მარტო ატმოსფერული ნალექების რაოდენობაზე, ხასიათსა და განაწილებაზე, არამედ მავნე მინარევების შემცველი ჰაერის მასების გადატანის სიჩქარეზე და მიმართულებაზეც ახდენენ მნიშვნელოვან გავლენას.

ზემოაღნიშნულის გამო აეროზოლურ ნაწილაკთა კონცენტრაციები, ბუნება და ყოფაქცევა უცვლელი არ რჩება. მნიშვნელოვნად იცვლება, აგრეთვე, მათი ინტეგრალური მახასიათებლები ატმოსფეროს სვეტში და გეოგრაფიული განაწილება. ყველაფერი ეს ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შემცველობის მნიშვნელოვან ცვალებადობას განაპირობებს და მათი მინერალიზაციის განმსაზღვრელი ძირითადი ნივთიერებების კონცენტრაციები, ერთსა და იმავე რაიონის

შიგნითაც კი, სინჯიდან - სინჯამდე, საკმაოდ ფართო ფარგლებში მერყეობენ. აღნიშნულით აიხსნება ცხრ.8.4-ში მოტანილი ერთჯერადი სინჯების ანალიზის მონაცემთა საშუალო კვადრატული გადახრების გაანგარიშებების შედეგები, რომლებიც, საშუალოდ, დაახლოებით 80%-ის ფარგლებში მდებარე გაზომვის ცდომილების არსებობაზე მიუთითებენ.

ცხრილი 8.4. ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის მონაცემთა საშუალო კვადრატული გადახრები -  $\sigma$  %, გასაშუალოების პერიოდზე დამოკიდებულებით

ძირითადი იონები	გასაშუალოების პერიოდები		
	ერთჯერადი, $\sigma$ %	მრავალ-თვიური, $\sigma$ %	მრავალ-წლიური, $\sigma$ %
$\text{SO}_4^{2-}$	95	47	14
$\text{Cl}^-$	98	40	12
$\text{NO}_3^-$	35	35	11
$\text{HCO}_3^-$	79	42	12
$\text{NH}_4^+$	99	49	15
$\text{Na}^+$	80	40	12
$\text{K}^+$	89	53	16
$\text{Mg}^{2+}$	98	49	14
$\text{Ca}^{2+}$	61	28	8
$\Sigma_1$	58	30	9

როგორც ცხრილიდან ჩანს, გასაშუალოების პერიოდების ზრდასთან ერთად მცირდება საშუალო სიდიდეების კვადრატული გადახრების მნიშვნელობები. ამიტომ მონაცემთა საიმედოობის გაზრდის მიზნით, მათი გასაშუალოების პერიოდის გადიდება არის აუცილებელი. მაგალითად, მრავალწლიური საშუალო თვიური კონცენტრაციების ცდომილებები 30-50% ფარგლებში მერყეობენ, ხოლო მათი მრავალწლიური საშუალო წლიურების ცდომილება 15-8%-ის მნიშვნელობებამდე მცირდება.

ამასთან, ატმოსფეროს მინარევთა კონცენტრაციების ნაწილების საიმედო შეფასებისა და მეცნიერულად დასაბუ-

თებული დასკვნების გასაკეთებლად არანაკლებ 5-10 წლის დაკვირვებათა მასალის ფლობაა საჭირო.

### 8.3. ნალექებში შემავალი მინერალურ ნივთიერებათა წყაროს განსაზღვრის პრინციპები

ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის შეფასებისას, მკვლევარები რიგი მახასიათებლებით სარგებლობენ, რომლებიც ნალექებში შემავალი მინერალურ ნივთიერებათა გენეტიკურად განსასხვავებლადაც შეიძლება იქნენ გამოყენებული.

მაგალითად, ცხრ.8.5-ში მოტანილი პარამეტრების მნიშვნელობები მათი გენეტიკურად დაყოფის საშუალებას იძლევიან, მათ შორის: - ქალაქის (თბილისი, სტავროპოლი, ციმლიანსკი); მთის (აბასთუმანი, გუდაური, სევანი); ზღვისპირა (სოხუმი, ჩაქვი).

როგორც განსახილველი ცხრილის მონაცემებიდან გამომდინარეობს, თითქმის ყველა განსახილველი პარამეტრის სიდიდე კლებულობს ქალაქის, მთისა და ზღვისპირა რეგიონების ჩამონათვალის თანმიმდევრობით. ამასთან,  $\text{Cl}^-$ -სა და  $\text{Na}^+$ -ს იონთა კონცენტრაციების შეფარდების მნიშვნელობები ამის საპირისპირო მსვლელობით ხასიათდებიან.

ჩატარებული შეფასებებით, კავკასიის განსახილველი რეგიონებისთვის გაანგარიშებული  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Na}^+$  და  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$  განაყოფების სიდიდეები ბევრად აღემატება ამ პარამეტრების ოკეანეთა წყლებისთვის მიღებულ მნიშვნელობებს. ეს კი, ამ რაიონებში აეროზოლების სულფატებით გამდიდრებაზე მეტყველებს, რაც სამრეწველო საწარმოების  $\text{SO}_2$  -ის ემისიების  $\text{SO}_4$  - მდე დაჟანგვით შეიძლება აიხსნას.

ამასთან, მიუხედავად სულფატ-იონების კონცენტრაციების მაღალი მნიშვნელობებისა, ნალექების ამჟავება არ აღინიშნება, რაც, როგორც ჩანს, სინჯებში მჟავიანი გარემოს მანეიტრალიზებელი, კალციუმისა და ჰიდროკარბონატული იონების სიმრავლით უნდა აიხსნას. მთლიანად საკვლევ ტერიტორიაზე pH-ის მნიშვნელობა ნალექებში საკმაოდ მყარია და მათ, როგორც, მიახლოებით, გაწონასწორებულ ხსნარებს ახასიათებს. აღსანიშნავია, რომ კავკასიის ყველა რეგიონში  $\text{Cl}^-$  და  $\text{Na}^+$  იონთა კონცენტრაციების შეფარდების

სიდიდეები, პრაქტიკულად, მცირედ განსხვავდებიან მისი ოკეანეების წყლისათვის მიღებულ მნიშვნელობისაგან, რაც ამ ნივთიერებათა ზღვიური წარმოშობაზე მიუთითებს.

ცხრილი 8.5. კავკასიის რეგიონებში და ოკეანეს ზედაპირზე მოსული ნალექებისა და ოკეანეს წყლის მინერალიზაციის მახასიათებლების მნიშვნელობები

მახასიათებლები	რეგიონები				
	ქალაქის	მთის	ზღვისპირა	ოკეანეს ზედაპირზე მოსული ნალექები	ოკეანეს წყალი
$SO_4^{2-}/Na^+$	6,24	5,11	4,27	0,60	0,25
$SO_4^{2-}/Cl^-$	4,18	3,29	2,59	0,49	0,14
$Cl^-/Na^+$	1,47	1,56	1,74	1,22	1,78
$\Sigma i$ , მგ/ლ	35,84	23,71	19,19		
$\kappa$ , მკომი <sup>-1</sup> სმ <sup>-1</sup>	65,38	38,85	32,18		
pH	6,48	6,38	5,85		
$\Sigma i_G$	37,50	21,28	19,03		
$\Sigma i_m$	34,36	26,12	19,30		

საინტერესოა, აგრეთვე, საკვლევ რეგიონებში იონების ჯამთა განაწილების შეფასებები თბილსა და ცივ პერიოდებში. თანახმად განსახილველი მონაცემებისა (ცხრ.8.5):

- ზღვისპირა რაიონებში ეს მაჩვენებლები წელიწადის ორივე პერიოდში პრაქტიკულად უცვლელია;
- მთის რეგიონებში მათი მნიშვნელობა ცივ პერიოდში -  $\Sigma i_G$  ნაკლებია, ვიდრე თბილში;
- ქალაქებში ამ პარამეტრებს მთიან რეგიონებში აღნიშნულის საწინააღმდეგო სვლა გააჩნია. მათი სიდიდე ცივ პერიოდში შესამჩნევად მეტია ვიდრე თბილში.

ატმოსფერულ ნალექებში საკვლევ ნივთიერებათა იონების ჯამთა შემოადნიშნული განაწილება, როგორც ჩანს, ატმოსფეროს მინარევ აეროზოლების გენეტიკური სხვაობებით აიხსნება.



მაგალითად, ზღვისპირა რაიონებში, როგორც აღინიშნა, ნალექების მინერალიზაციის ფორმირება, ძირითადად, წარმოებს ზღვის მარილების ხარჯზე. ამასთან, ატმოსფეროში შემოსული მათი საერთო რაოდენობა, როგორც ჩანს, ორივე განსახილველ სეზონში ერთნაირი სიდიდის არის.

მთიან რაიონებში, ვინაიდან ცივ პერიოდში ქვეყნილი ზედაპირი თოვლის საფარითაა დაფარული, ადგილობრივ ნალექთა მინერალიზაციის წყაროდ, უმთავრესად, სამრეწველო და ზღვისპირა რაიონებიდან ჰაერის ნაკადით გადმოტანილი “ტრანზიტული” აეროზოლები გვევლინებიან. ხოლო, თბილ პერიოდში იონთა ჯამის მომატება - ამ პერიოდში აეროზოლების დამატებითი წყაროს - ელური წარმოშობის ბუნებრივი, მიწის ზედაპირის ეროზიის პროდუქტებისაგან შემდგარი, აეროზოლების არსებობით აიხსნება.

ქალაქების გარემოში ნალექების მინერალიზაცია, ძირითადად, სამრეწველო აეროზოლების წილით უნდა იყოს განპირობებული. მას, როგორც ვიცით, წელიწადის ცივ პერიოდში გათბობის სისტემების გამონაბოლქვი მინარევეები ემატება, რაც, როგორც ჩანს, ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის მომატებას უწყობს ხელს.

## IX. ატმოსფეროს გამტვრიანების ეკოლოგიური მონიტორინგი

### 9.1. ატმოსფერული მტვერი და მისი თავისებურებანი

გერმანელი მეცნიერის ვ. გიბსის მიერ შემოთავაზებული მცნება “აეროზოლი” (Gibbs W. Clouds and Smoke. – N.Y. Blakiston, 1924) მოიცავს აეროდისპერსული სისტემების ფართო ნაირსახეობას, რომელთა შორის მტვერი, ნისლი და ბოლი არიან.

ატმოსფერული ჰაერის ერთ-ერთ ფართოდ გავრცელებულ მინარევს წარმოადგენს მტვერი, რომლის მახასიათებლები უკვე კარგადაა ცნობილი და შეშფოთებასაც იწვევენ. უმთავრესად ეს ქვედა ატმოსფეროსა და ჰაერის მიწისპირა ფენაში გავრცელებულ მტვრის ნაწილს ეხება.

ცნობილია, რომ ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად ატმოსფეროში ამ მინარევის რაოდენობის მნიშვნელოვანი მატება აღინიშნება, რამაც უკვე არა მარტო სამრეწველო ცენტრებსა და ქალაქებში, არამედ მათგან მნიშვნელოვნად დაშორებულ რაიონებშიც კი საშიშ სიდიდეებს მიაღწია.

ზოგადი შეფასებებით, მთელი მსოფლიოს ქალაქებში ერთი წლის განმავლობაში ატმოსფეროში გაფრქვეული ანთროპოგენური წარმოშობის მყარი ნაწილაკების რაოდენობა დაახლოებით 1 მლრდ. ტ. შეადგენს. ამის შედეგად ატმოსფეროს დაბინძურების მკვეთრი მატების ტენდენციის მქონე სამრეწველო რაიონებსა და ქალაქებში, მათგან საკმაოდ დაშორებულ რაიონებთან შედარებით, ჰაერის 2-3 რიგით უფრო მაღალი გამტვრიანება აღინიშნება. ამიტომ ამ მინარევის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების, წარმოშობისა და სივრცულ-დროითი განაწილების კანონზომიერებათა გამოვლენა, შესწავლა და დაზუსტება მნიშვნელოვან ამოცანას წარმოადგენს, რომელსაც დიდი მეცნიერული და პრაქტიკული ღირებულება გააჩნია.

ხშირად ატმოსფერული მტვრის დაყოფას თავისი თვისებების მიხედვით აწარმოებენ, მათ შორის: ჰიგიენურად - ბიოლოგიური ზემოქმედებით; მეტეოროლოგიურად - ატმოსფეროში განაწილებით; ტექნიკურად - ადამიანის სამეურნეო და სამრეწველო ქმედებით.

გარდა ამისა, ჰაერში დანაწილებული ნაწილაკების მიერ სინათლის სხივების გაფანტვის თვისება, მათი ტალღის სიგრძისაგან დამოუკიდებლად, მეტეოროლოგიურ ოპტიკაში გამოიყენება მტვრის ნაწილაკების გამოსაყოფად ნაწილაკების იმ რიცხვიდან, რომელთა ზომები მოლეკულათა ზომებს უახლოვდება. ამასთან, მტვრის ნაწილაკებად მიიღება ისეთი ნაწილაკები, რომელთა სინათლის გაფანტვის ინტენსიობა -  $I$  მნიშვნელოვნად გადაიხრება რელეის კანონიდან, რომლის თანახმად  $I$  პროპორციულია  $\lambda^{-4}$ -სა. მაგალითად, წვრილი მტვრის მიერ გაფანტული სინათლის ინტენსიობის ცვალებადობა სინათლის ნაკადის ტალღის სიგრძის კვადრატის უკუპროპორციულია, ანუ  $I \sim \lambda^{-2}$  (ვულკანური წარმოშობის მტვერი). უფრო მსხვილდისპერსული მტვერი სხვადასხვა ტალღის სიგრძის მქონე სინათლის ნაკადს თითქმის ერთნაირად ფანტავს, ანუ  $I$  პროპორციულია  $\lambda^0$ -ის (ნახშირის მტვერი). ეს, ატმოსფეროში მყოფი 0.1 მკმ-ზე მეტი ზომის ის ნაწილაკებია, რომელთა ზომები საკმარისია რელეის კანონიდან შესამჩნევი გადახრების გამოსავლენად და მეტეოროლოგიაში მტვრის ნაწილაკებად მიიღებიან.

ხშირად მტვრის ნაწილაკები ელექტროდამუხტვისა და რადიოაქტიურობის მიხედვითაც იყოფიან. ნაწილაკები, რომლებიც მთლიანად ან ნაწილობრივ რადიოაქტიური ნივთიერებისაგან შედგებიან, რადიოაქტიურ მტვერად იწოდებიან.

ატმოსფერული მტვრის მნიშვნელოვან თავისებურებას მისი ელექტრული თვისებები წარმოადგენენ. ჰაერში დანაწევრებულ წვრილდისპერსულ მტვერზე ელექტრული მუხტის არსებობა შეიძლება იყოს გამოწვეული, როგორც ატმოსფერული იონების პირდაპირი მიტაცებით, ისე მტვრის ნაკადში ურთიერთხახუნით, იმ შემთხვევაშიც კი, როცა აეროზოლი თავდაპირველად არც კი იყო დამუხტული. ამასთან, მიღებული მუხტის სიდიდე ურთიერთმოქმედ ნაწილაკთა ზომებისა და მასების სხვაობებზეა დამოკიდებული.

მეცნიერების მიერ დამტკიცებულია, რომ მტვრის ნაწილაკების ელექტრიზაცია იზრდება მათი ნაკადის სიჩქარის, ტენპერატურისა და არსებობის ხანგრძლივობის მატებასთან ერთად, ხოლო ტენიანობის მატება მის შემცირებას იწვევს.

ბევრი მეცნიერი მიიჩნევს უმთავრესად აეროდისპერსული სისტემების კლასიფიცირებას დისპერსიის მიხედვით. ეს გამოწვეულია იმით, რომ დედამიწის ზედაპირზე ნაწილაკების დალექვის (სელიმენტაციის) სიჩქარეები დაკავშირებულია მათ ზომებთან. ამასთან, სელიმენტაციის სიჩქარეების ოთხი ძირითადი საანგარიშო ფორმულაა მიღებული, რომელთა გამოყენების დიაპაზონის მკაცრად განსაზღვრა საკმაოდ რთულია. მაგალითად, 1500 მკმ-ზე უფრო დიდი დიამეტრის მქონე სფერული ნაწილაკებისთვის მოღებულია **ნიუტონის** ფორმულა:

$$V = 174 \sqrt{\frac{gd(\rho_a - \rho)}{\rho}} \quad , \quad (9.1)$$

სადაც  $V$  - მარცვლის ვარდნის სიჩქარე,  $g$  - სიმძიმის ძალის აჩქარება,  $d$  - ნაწილაკის დიამეტრი,  $\rho_a$  - კი მისი სიმკვრივე, ხოლო  $\rho$  - გარემოს სიმკვრევეა.

1 - 100 მკმ დიამეტრის მქონე ნაწილაკების სელიმენტაციის სიჩქარის (ჰაერში შეტივტივებული მყარი ნაწილაკების დალექვის სიჩქარის) გასაანგარიშებლად **სტოქსის** ფორმულა არის მიღებული:

$$V = \frac{(\rho_a - \rho)d^2}{18\eta} g \quad , \quad (9.2)$$

სადაც  $\eta$  - ჰაერის დინამიკური სიბლანტეა, ხოლო დანარჩენი აღნიშვნები ისეთივეა, როგორც ზემომოცემულ ფორმულაში.

სელიმენტაციის სიჩქარეებს 0.1-3 მკმ ზომების ნაწილაკებისთვის სტოქსის ფორმულაში **კენინგჰემის** მიერ შემოტანილი შესწორებებით ანგარიშობენ:

$$V = V' \left(1 + k \frac{\lambda_m}{d}\right) \quad , \quad (9.3)$$

სადაც  $V'$  - სტოქსის ფორმულით გაანგარიშებული სელიმენტაციის სიჩქარე,  $\lambda_m$  - ნაწილაკთა თავისუფალი გარბენის მანძილი, ხოლო  $k$  - მუდმივი სიდიდეა, რომელიც 1.3-2.3 შორის მერყეობს.

იმის გათვალისწინებით, რომ 1 მკმ-ზე ნაკლები ზომების ნაწილაკები, ბროუნის მოძრაობის მსგავს,  $x$  - ამპლიტუდ-

ის რხევებს ასრულებენ, სედიმენტაციის სიჩქარის საანგარიშოდ მიღებულია აინშტაინის ფორმულა:

$$x = \sqrt{\frac{4RTt}{3N\pi\eta d}} \quad , \quad (9.4)$$

სადაც  $R$  - გაზური მუდმივი სიდიდე,  $T$  - აბსოლუტური ტემპერატურა,  $N$  - ნაწილაკთა რაოდენობა მოლელებში, ხოლო  $t$  - დაკვირვების დროა.

როგორც წესი, ეს ფორმულები მხოლოდ მდგრადი ატმოსფეროს პირობებში შეიძლება იქნენ გამოყენებული. ამასთან ერთად სხვა ემპირიული და რიგი თეორიული მოსაზრებებით მიღებული ფორმულებიც არსებობს, მაგრამ ისინი იშვიათად მოიხმარებიან პრაქტიკაში.

ატმოსფერული მტვრის ზომების განსაზღვრას, გარდა ზემოაღნიშნულისა, ქვეფენილი ზედაპირის დაბინძურებასა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე ზემოქმედების საკითხების შესწავლისას ენიჭება დიდი მნიშვნელობა. მაგალითად, გამოვლენილია, რომ ადამიანის ფილტვებში, უმთავრესად, ისეთი ნაწილაკები ხვდებიან, რომელთა ზომები 5 მკმ-ს არ აღემატება. 10 მკმ-ზე უფრო მსხვილი ნაწილაკები მთლიანად ცხვირის ღრუში იღეკებიან, ხოლო, პირით სუნთქვისას, ისინი ზედა ბრონქების იქით არ შედიან. 5 მკმ-ს ტოლი ნაწილაკების მცირე რაოდენობისა და მათი უფრო დიდი ზომის უმეტესი ნაწილის დაკავება ხდება ცხვირში, ხოლო დანარჩენი ნაწილი კი, სედიმენტაციის ხარჯზე ბრონქებში იღეკება და მხოლოდ მათი მცირე ნაწილი აღწევს ალვეოლებს. მტვრის ნაწილაკები 0.8-1.6 მკმ-ს დიამეტრით, ძირითადად ბრონქებსა და ალვეოლებში იღეკებიან, ხოლო 0.2-0.3 მკმ-ს დიამეტრის მქონე ნაწილაკების, დაახლოებით 80% ისევ უკან ამოისუნთქებიან. ამ ზომებზე უფრო მცირე სიდიდის ნაწილაკების დაღეკვა ფილტვებში დიფუზიის ხარჯზე არის შესაძლებელი.

გამოკვლევებით დადგინდა, რომ სუნთქვის პროცესში ელექტრული მუხტების მატარებელი ატმოსფერული მტვრის ნაწილაკები გაცილებით უფრო დიდი რაოდენობით დაიკავება, ვიდრე ნეიტრალური. ამასთან, ელექტროდამუხტული ნაწილაკების დაკავება 54%-ს შეადგენს, ხოლო ნეიტრალურ-

ბისა კი, მხოლოდ -18%-ს. არსებული კვლევების მონაცემების ანალიზის შედეგად გააკეთებულია დასკვნა იმის თაობაზე, რომ ეკოლოგიური თვალსაზრისით ატმოსფერული მტვერი, ნაწილაკების დისპერსიულობის მიხედვით, საჭიროა დაიყოს ოთხ ჯგუფად:

- I ჯგუფს, ატმოსფეროში მუდმივად დისპერგირებული 15 მკმ-მდე ზომების, წვრილდისპერსიული ნაწილაკები შეადგენენ.

ჰიგიენური თვალსაზრისით, ამ ჯგუფში 5 მკმ-მდე ზომების ფრაქციის გამოყოფა არის შესაძლებელი, როგორც სასუნთქი ორგანოებისათვის განსაკუთრებით მავნე ნაწილაკებისა;

- II-ე ჯგუფში 15-40 მკმ დიაპაზონის ზომების მტვრის ნაწილაკებია გაერთიანებული, რომლებიც გამუდმებით მოიპოვებიან სამრეწველო ცენტრებისა და მსხვილი ქალაქების ატმოსფერულ ჰაერში. ხელშემწყობი მეტეოროლოგიური პირობების არსებობას, ისინი ჰაერის ნაკადით ამ რაიონებიდან რამდენიმე ასეულ კილომეტრზეც კი გადაიტანებიან.

- III-ე ჯგუფს 40-100 მკმ ზომების მსხვილდისპერსიული ნაწილაკები შეადგენენ, რომლებიც სამრეწველო ობიექტებიდან 2-3 კმ დაშორებით და აგრეთვე მტვრიანი ქარბუქის პირობებში დაიკვირვებიან.

- IV-ე ჯგუფს 100 მკმ-ზე უფრო დიდი ზომების ნაწილაკები შეადგენენ. ამ სახის ნაწილაკები სამრეწველო ცენტრების საჰაერო აუზში და მტვრიანი ქარბუქის პირობებში დაიკვირვებიან.

ცხრ. 9.1-ში ცემენტისა და ალუმინის საწარმოთა და თიხამიწის გადამამუშავებელი კომბინატის მიმდებარე რაიონებში, ემისიების წყაროებიდან სხვადასხვა მანძილზე ჰაერის ერთეულ მოცულობაში, მტვრის ნაწილაკთა ზომების მიხედვით რიცხვითი განაწილების კვლევათა გასაშუალოებული შედეგებია მოცემული, პროცენტებში.

როგორც მოცემული ცხრილიდან ჩანს, მინარევთა ემისიების წყაროებიდან 4-12 კმ მანძილის დაშორებით შესამჩნევად ჭარბობს 3 მკმ-მდე დიამეტრის მქონე ნაწილაკები.

ზომების 6 მკმ-მდე გადიდებისას მათი რიცხვითი კონცენტრაციების მაქსიმალური სიდიდეების გადანაცვლება გამონაბოლქვების წყაროდან 0,5-2 კმ-ით დაშორებულ რაიონ-

ებში შეინიშნება. ამასთან, უფრო მეტ მანძილებზე ასეთი ნაწილაკების განაწილებას კლებადი ხასიათი გააჩნია.

ცხრილი 9.1. მტვრის ნაწილაკთა ზომების მიხედვით რიცხვითი განაწილება %-ში, ემისიების წყაროებიდან სხვადასხვა მანძილზე

ნაწილაკთა ზომები, მკმ	მანძილი გამონაბოლქვთა წყაროდან, კმ					
	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	12.0
0 – 3	26.3	20.2	21.2	44.5	37.0	45.8
3 – 6	41.5	39.0	40.0	35.2	24.0	25.1
6 – 9	10.9	14.6	12.7	7.2	10.4	11.4
9 – 12	9.9	11.2	10.5	6.4	8.4	11.8
12 – 15	3.6	4.1	4.4	2.6	6.2	3.4
15 – 18	3.5	3.5	4.4	1.5	3.2	1.9
18 – 21	1.4	1.9	2.4	0.9	4.5	0.2
21 – 24	1.2	1.6	2.3	0.8	2.5	0.1
24 – 27	0.5	1.3	0.4	0.4	1.9	0.1
27 – 30	0.5	0.6	0.4	0.3	1.4	0.1
30 – 33	0.1	0.8	0.6	0.1	0.3	0.1
33 – 40	0.1	0.6	0.6	0.1	0.1	-
40 – 100	0.3	0.6	0.1	-	-	-
100 და მეტი	0.2	-	-	-	-	-

უფრო დიდი ზომის ნაწილაკები დაახლოებით თანაბრადაა განაწილებული დისპერსიულობის მიხედვით გამონაბოლქვთა ჩირადნის თითქმის მთელ სიგრძეზე. ამის გამო გაძნელებულია ფრაქციების მიხედვით მათი დაგროვების რაიონების გამოყოფა.

ატმოსფეროს გამტვრიანების შესწავლისას, უნდა განვასხვაოთ ერთმანეთისაგან ბუნებრივი - “ფონური” და სამრეწველო წარმოშობის აეროზოლური მინარევები, რომლებიც, გარდა ამისა, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის პროდუქტებსაც შეიცავენ.

ბუნებრივი აეროზოლები, უმთავრესად, ზღვის მარილებისაგან, ტყის ხანძრის ბოლისაგან, ვულკანური წარმოშობის მინერალური მტვრისა და ქარის მიერ მიწის ზედაპირის

ეროზიის პროდუქტების შემცველი (ეოლური მტვერი) ნაწილაკებისაგან შედგება.

გარდა ამისა, ისინი შეიცავენ: მცენარეთა ლპობის პროცესში წარმოქმნილ ორგანულ ნივთიერებებს; ცოცხალ ორგანიზმებს, როგორცაა, მაგალითად, ბაქტერიები; მცენარეთა სპორებს; ყვავილების მტვერს და, ნაწილობრივ, სამრეწველო რაიონებიდან ჰაერის ნაკადით გადმოტანილ ნივთიერებებს.

სამრეწველო რაიონების ჰაერი ძალზე დიდი რაოდენობის რთული ქიმიური შედგენილობის მტვერის ნაწილაკებს შეიცავს. მისი განსაზღვრა, ყველა შემადგენელი ქიმიური კომპონენტის გათვალისწინებით, თითქმის შეუძლებელია.

ამ სახის მტვერში ორგანული წარმოშობის ნაწილაკთა შორის ფენოლისა და კარბოქსილის შემცველი, დიდი მოლექულარული წონის შენაერთები ჭარბობენ, ანტრაცენების, პირენებისა და ნაფთოლების ჩათვლით, რომელთა ზოგადი ბუნება ყველა სამრეწველო რაიონისათვის, ალბათ, ერთნაირი უნდა იყოს, ხოლო არაორგანული ნივთიერებებიდან ლითონური შენაერთების დიდი რიცხვია აღმოჩენილი. აღნიშნული საკითხის შესწავლის მიზნით, მრავალი წლის განმავლობაში სრულდებოდა სპეციალური გამოკვლევები ემისიური სპექტრალური ანალიზისა და ატომურ-აბსორბციული მეთოდების გამოყენებით. ამ კვლევების ზოგიერთი შედეგი ცხრ. 9.2-შია მოტანილი, სადაც საკვლევი ელემენტების სიდიდეები წარმოდგენილია მათი მთლიანი ჯამის წილების სახით, პროცენტებში.

ცხრილი 9.2. მეტალური მიკრომინარევების შემცველობა ქალაქის ატმოსფერულ ჰაერში

მიკრომინარევები, (%)									
Pb	Cr	Sn	Mn	Cu	Ni	Mo	V	Ti	Ba
16.2	11.7	0.8	21.7	8.7	11.0	0.5	1.2	11.1	17.1

როგორც საანალიზო ცხრილიდან ჩანს, ატმოსფერულ მტვერში დიდი რაოდენობით არის ისეთი მიკრომინარევები, რომელთა რიცხვს ტოქსიკური ელემენტები - მანგანუმი, ბარიუმი, ტყვია, ქრომი, და სხვ. მიეკუთვნება.



ამ მინარევების კონცენტრაციები ატმოსფეროში ძირითადი სამრეწველო წარმოებათა გამონაბოლქვების სახეობაზე, მეტეოროლოგიურ პირობებზე და საკვლევი რეგიონის ოროგრაფიაზე არის დამოკიდებული.

აეროზოლების ქიმიური შედგენილობა ერთი და იმავე რაიონისათვისაც კი გამუდმებით იცვლება ამ პარამეტრებზე დამოკიდებულებით. ასე მაგალითად, შენიშნულია, რომ ლითონური ელემენტების კონცენტრაციების სეზონური ცვლილება ზამთარში მაქსიმუმით და ზაფხულში კი, მინიმუმით ხასიათდება. ამასთან, მთიან რაიონებში, როგორც ეს ატმოსფერული ნალექების მინერალიზაციის განხილვისას აღინიშნა, საკვლევი მინარევების სეზონურ სვლას საწინააღმდეგო ხასიათი გააჩნია. გარდა ამისა, ნალექიან დღეებში, მიწისპირა ჰაერში მტვრის არაორგანული ფრაქცია მკვეთრად მატულობს.

ატმოსფერული მტვრის თავისებურებანი მარტო აღნიშნულით არ შემოიფარგლება. მაგრამ, ატმოსფეროს დაბინძურების მონიტორინგის წარმოებისას, ზემოთ განხილულ მახასიათებლებს განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა. ისინი მიეკუთვნებიან ამ მინარევის ძირითად განმასხვავებელ თვისებებს და ატმოსფეროს აეროდისპერსიული სისტემების დიდი რიცხვიდან მისი გამოყოფის საშუალებას იძლევიან.

## **9.2. მტვრის მინარევთა წყაროები და ატმოსფეროს დაბინძურებაში მათი წვლილის შეფასებები**

მტვრის მინარევით ატმოსფეროს დაბინძურებაში მისი ცალკეული წყაროების გავლენის შესწავლის პროცესში, მეცნიერ-მკვლევარები ამ მინარევს, თავისი წარმოშობის მიხედვით - კოსმოსურ, ვულკანურ, ეოლურსა და სამრეწველო მტვრებად დაყოფენ.

*კოსმოსური მტვერი* და მისი შემცველობა ატმოსფეროში ნაკლებად შეისწავლებოდა. მაგრამ, თანამედროვე პირობებში, დიდ სიმაღლეზე მფრენი თვითმფრინავები, მეტეოროლოგიური რაკეტები და თანამგზავრები საჭირო ინფორმაციის მიღების დიდ საშუალებას იძლევიან.

მრავალი კვლევის შედეგების ანალიზით დადგენილია, რომ ატმოსფერული მტვრის შემადგენლობაში კოსმოსური

წარმოშობის მტვრის წილი ძალზე მცირეა და მისი კონცენტრაცია წლების განმავლობაში პრაქტიკულად არ იცვლება.

მთელ ატმოსფეროში კოსმოსური მტვრის შემცველობა, დაახლოებით,  $10^6$  ტ-ს უტოლდება, რაც ამ მინარევის საერთო რაოდენობის 1%-ზე ნაკლებს შეადგენს. ამასთან, შეფასებებმა გვიჩვენა, რომ დედამიწის მთელ ზედაპირზე 24 საათის განმავლობაში მისი  $10^4$  ტ მოდის, რაც, დაახლოებით,  $0.2 \cdot 10^{-4}$  ტ/კმ<sup>2</sup> -ს შეადგენს ერთ დღე-ღამეში.

კოსმოსური მტვრის ძირითადი ზომები 0.1-1.0 მკმ-ს ფარგლებში მერყეობს, თუმცა, ხშირად 40 მკმ-ზე მეტი ზომის ნაწილაკებიც აღირიცხება. დედამიწიდან 20 კმ-ით დაშორებულ სიმაღლეზე ამ სახეობის მტვრის ნაწილაკთა კონცენტრაცია, საშუალოდ, 0.03 ნაწ/სმ<sup>3</sup>-ს შეადგენს.

*ზღვისა და ოკეანეების* როლი ატმოსფერული მტვრის წარმოქმნაში, კონტინენტებისაგან განსხვავებით, არც ისე შესაძინევიან. ამაში მათ შეუძლიან მიიღონ მონაწილეობა მხოლოდ მარილების დალექვის სახით. ეს მოვლენა იშვიათად შეიმჩნევა და ისიც ნაპირებიდან მცირე დაშორებით.

ტროპოსფეროში აეროზოლების ვერტიკალური განაწილების გამოკვლევებმა გვაჩვენა, რომ საშუალო და ზედა ტროპოსფეროს აეროზოლების 90%-ზე მეტი კონტინენტური წარმოშობისაა, ხოლო დანარჩენი ნაწილი ზღვის წარმოშობის ნივთიერებებისაგან შედგება.

კონტინენტისა და წყნარი ოკეანეს ზედაპირებიდან დაშორებულ სიმაღლეებზე აეროზოლების ნაწილაკთა რიცხობრივი განაწილების კვლევის შედეგები საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, რომ ზღვის შხეფების აორთქლების შედეგად, ოკეანეების ზედაპირზე 0.5კმ სიმაღლეზე, კონტინენტის ატმოსფერულ ჰაერში არსებული ბუნებრივი აეროზოლების რიცხვზე უფრო მეტი ნაწილაკები წარმოიქმნებიან. ამასთან, ატმოსფეროს უფრო მაღალ ფენებში, უშუალოდ 7-9 კმ სიმაღლეებამდე, ბუნებრივი წარმოშობის კონტინენტური აეროზოლები ჭარბობენ. ხოლო, კონტინენტისა და ოკეანეს ზევით, ამის მომდევნო სიმაღლეებზე, ნაწილაკთა კონცენტრაციები დაახლოებით თანაბრად არის განაწილებული.

ოკეანეს ზედაპირიდან 15 მ-ზე აეროზოლების ნაწილაკთა ზომები 10 მკმ-ს არ აღემატება, ხოლო 9 კმ სიმაღლეზე, მათი ზომების განაწილების მაქსიმუმი 0.1 მკმ ნაწილაკებზე

მოდის. ამასთან, ნაწილაკთა რაოდენობის ძირითად მასას 0.3 მკმ-ზე უფრო მცირე ზომები ახასიათებთ.

ზღვისა და კონტინენტის ზედაპირების ზევით ატმოსფერული მტვრის ქიმიური შედგენილობის ვერტიკალური განაწილების შედარებები გვიჩვენებენ, რომ კონტინენტზე 9 კმ სიმაღლეამდე ის პრაქტიკულად ერთგვაროვანია, ხოლო ოკეანეს ზევით კი მას ორგვაროვანი ხასიათი გააჩნია. ამასთან, ზღვის გაველენა აეროზოლების შედგენილობაზე 1-2 კმ სიმაღლეამდე ვრცელდება, ხოლო უფრო ზევით აეროზოლების შედგენილობა ახლოსაა სამრეწველო რაიონებიდან საკმაოდ დაშორებულ კონტინენტის ტროპოსფეროსათვის დამახასიათებელ შედგენილობასთან.

მრავალი მეცნიერის გამოკვლევათა შედეგების შეფასების თანახმად, ვულკანური ამოფრქვევები ატმოსფეროს დაბინძურების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან წყაროდ გვევლინება.

გრძელვადიანი დაკვირვებების საშუალებით მეცნიერების მიერ რაოდენობრივად იქნა შეფასებული ამ სახის ატმოსფერული მტვრის ბევრი მახასიათებელი. ამასთან, ვულკანური მტვრის ნაწილაკების მიერ მზის მოსული გამოსხივების შემცირებით გამოწვეულ რადიაციული რეჟიმის ცვლილებების შეფასებებს და ვულკანური ამოფრქვევების თანმხლებ ბუნდოვან განათებაზე დაკვირვებებს ენიჭება არსებითი მნიშვნელობა. ამ მონაცემების ანალიზის შედეგები, დედამიწაზე ვულკანური ფერფლისა და ლავის ნალექების შეფასებების მონაცემებთან ერთად, ვულკანური მტვრის გავრცელების მასშტაბებისა და ატმოსფეროს დაბინძურებაში მისი წილის დადგენის საშუალებას იძლევა.

*ვულკანური მტვრის* ბუნებას დიდ სიმაღლეებზე გავრცელებული და იქ გარკვეული ვადით დამკვიდრებული ნაცროვანი ფენა და, მასთან ერთად, უფრო მეტად სიცოცხლისუნარიანი აეროზოლური ფენები წარმოადგენენ.

უკანასკნელთა შორის, ნაცროვანი წარმოშობის აეროზოლების რიცხვს, ქიმიური წარმოშობის აეროზოლები ჭარბობენ. ისინი ატმოსფერული ოზონისა და ვულკანური ამოფრქვევების პროდუქტის - გოგირდის ორჟანგის ურთიერთქმედების შედეგად წარმოიქმნებიან.

ატმოსფეროში ნაწილაკების სიცოცხლის ვადა შეზღუდულია და დამოკიდებულია მათი სედიმენტაციის სიჩქარე-

ებზე, რომლებიც (9.3) ფორმულის დახმარებით გამოითვლებიან. ამასთან, ვულკანური მტვრის ნაწილაკთა ზომები დედამიწის ზედაპირიდან სხვადასხვა სიმაღლეებზე, ამოფრქვევების შედეგად მათი შეღწევის ადგილებში, საშუალოდ, 0.5-5.0 მკმ ფარგლებში მერყეობს, ხოლო სიმკვრივე კი, დაახლოებით, 2.3 გ/სმ<sup>3</sup> ტოლად არის მიჩნეული.

აღნიშნული გაანგარიშებების შედეგები ცხრ.9.3-შია მოცემული.

ცხრილი 9.3. ატმოსფეროს ფენებში ვულკანური მტვრის ნაწილაკთა სედიმენტაციის სიჩქარეები -  $V_{სმ/წმ}$  და  $1კმ$  მანძილის გავლის დრო -  $t$

H, კმ	ნაწილაკთა ზომები							
	5მკმ		2მკმ		1მკმ		0,5მკმ	
	V, სმ/წმ	t	V, სმ/წმ	t	V, სმ/წმ	t	V, სმ/წმ	t
40	2,2	13 სთ	1,0	28 სთ	0,25	4,7 დ.-დ	0,063	19 დ.-დ
30	0,51	54 სთ	0,24	5 დ.-დ	0,06	20 დ.-დ.	0,015	11,5 კვირა
20	0,17	7 დ.-დ.	0,08	15 დ.-დ.	0,02	8,6 კვირა	0,005	34,4 კვირა
15	0,12	10 დ.-დ.	0,055	21 დ.-დ.	0,014	12 კვირა	0,004	48 კვირა
10	0,12	12,5 დ.-დ.	0,04 5	27 დ.-დ.	0,011	15,5 კვირა	0,003	62 კვირა

მოცემულ ცხრილში არ არის მოტანილი საკვლევი პარამეტრების მნიშვნელობები 10კმ-ზე ნაკლები სიმაღლეებისათვის, ვინაიდან ამ არეში ატმოსფერო არამდგრადია. გარდა ამისა, როგორც ზემოთ აღინიშნა, ამ სიმაღლეებზე ატმოსფერული ნალექების მიერ აეროზოლების ნაწილაკთა ჩამორეცხვის ეფექტიც მოქმედებს. მაგრამ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ ტროპოსფეროში ნაწილაკთა ყოფნის დრო ამ არეში წყლის მოლეკულების არსებობის დროს უტოლდება, რომელსაც ეკვატორულ ნაწილში, დაახლოებით, 9 დღე-ღამეს, ხოლო მთელ სივრცეში, საშუალოდ, 11 დღე-ღამეს უტოლებენ.

მიუხედავად იმისა, რომ ვულკანური მტვერი დიდ გავლენას ახდენს პლანეტის კლიმატსა და რადიაციულ რეჟიმზე, იგი ატმოსფერული მტვრის მთლიანი რაოდენობის უმნიშვნელო ნაწილს შეადგენს. მაგალითად, აღნიშნულია, რომ 1963 წ-ის 17 მარტს ვულკანი აგუნგის (კ.ბალი) ამოფრქვევის შემდეგ ავსტრალიისა და ახალი ზელანდიის თავზე ვულკანური მტვერი, ამ მინარევის საერთო რაოდენობის, მხოლოდ 14%-ს შეადგენდა.

ცნობილი ვულკანების ამოფრქვევების ქრონოლოგიურ მასალასა და მათზე დაკვირვებების შედეგებზე დაყრდნობით, გაანგარიშებულია ატმოსფეროში მოხვედრილი და დედამიწის ზედაპირზე დაღეჭილი ვულკანური მტვრის წონითი რაოდენობა, რისთვისაც გამოყენებულია თანაფარდობა:

$$P = \rho_m V \quad , \quad (9.5)$$

სადაც  $P$  - მტვრის წონა, ხოლო  $\rho_m$  და  $V$  - შესაბამისად, მისი სიმკვრივე და მოცულობაა.

აღნიშნულმა გაანგარიშებებმა აჩვენა, რომ მე XX-ე საუკუნის 70-იან წლებამდე ატმოსფეროში  $1150 \cdot 10^9$  ტ ვულკანური მტვერი გაიფრქვა, რომელიც დედამიწის ზედაპირზე, მისი თანაბარი განაწილების პირობებში,  $2,3 \cdot 10^3$  ტ/კმ<sup>2</sup> ფენით დაიფარებოდა. ამასთან, მე XIX-ე საუკუნეში ამ მინარევის  $230$  კმ<sup>3</sup>-ის ტოლი მოცულობა მოხვდა ატმოსფეროში, რაც წონით განზომილებაში  $520 \cdot 10^9$  ტ შედგენს, ხოლო მე XX-ე საუკუნის პირველი 70 წლის განმავლობაში კი, მისი, დაახლოებით,  $30$  კმ<sup>3</sup>, ანუ  $70 \cdot 10^9$  ტ, გაიფრქვა გარემოში.

მოტანილი შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ვულკანების ამოფრქვევებს ძალზე დიდი რაოდენობის მტვერი შეაქვთ ატმოსფეროში. მაგრამ, როგორც ვხედავთ (ცხრ.9.3), ამ სახის აეროზოლებით მის დაბინძურებას დროებითი ხასიათი აქვს. ამას, ძირითადად, განაპირობებს ის გარემოება, რომ ცალკეულ ამოფრქვევათა შორის საკმაოდ დიდი დრო გადის, რაც წინა ამოფრქვევების მინარევიდან ატმოსფეროს თვითგასუფთავებას ხელს უწყობს.

*კოლური მტვერი* ატმოსფეროს ამ მინარევის მომდევნო შემადგენელი ნაწილია. ის, როგორც აღვნიშნეთ, მიწის ზედაპირის გამოფიტვისა და მტვრიანი ქარბუქისას წარმოიქმნება. დედამიწის ზედაპირიდან ჰაერის ნაკადით ატაცებული,

ფართო დიაპაზონის ზომების ნაწილაკები ატმოსფეროს მაღალ ფენებში ხვდებიან, სადაც ისინი მაღალი სიდიდის კონცენტრაციებს აღწევენ. ამასთან, მტვრის ნაწილაკები თავისი წარმოშობის ადგილიდან ასეული და, ხშირად, ათასეული კილომეტრის მანძილზე გადაიტანებიან. ასე, მაგალითად, 40 მკმ-მდე ზომის ნაწილაკები ევროპის, აზიისა და ცენტრალური ამერიკის ნაპირებიდან კუნძულ ბარბადოსზე, ატლანტისა და წყნარი ოკეანეების ზედაპირზე (სამეცნიერო კვლევითი გემების დახმარებით) იყო რეგისტრირებული.

როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებენ, ეოლური მტვერი, დაახლოებით 70%-ის ოდენობით, ატმოსფერული მტვრის უდიდეს ნაწილს შეადგენს და მას ათეული წლების განმავლობაში მკვეთრი მატების ტენდენცია გააჩნია. ამას ყაშირი და ნასვენი მიწების სულ უფრო გაძლიერებული ხენა და ტყეების განეხვა უწყობს ხელს. ეს, თავის მხრივ, ტყის ზონაში სტეპების შემოჭრას, ხოლო სტეპებისა კი, გაუდაბნოებას განაპირობებს.

ეოლური მტვერი წარმოიქმნება, უმთავრესად, იქ, სადაც ღარიბულია მცენარეული საფარი, რომელიც უშლის მიწის ზედაპირის ჩქარ გამოფიტვას. მის წარმოქმნას, აგრეთვე, ხელს უწყობს ჰაერის სიმშრალე და ძლიერი ქარები. ამიტომაც ამ სახის ატმოსფერული მტვრის ძირითად წყაროდ უდაბნოები და ნახევრად უდაბნოები გვევლინებიან.

ამ რეგიონების ატმოსფერულ ჰაერში ინტენსიური ქარბუქისას, ქარის 10-15 მ/წ სიჩქარეებით, 200 მკმ-ზე მეტი დიამეტრის მქონე მსხვილი ნაწილაკებით ჰაერის გაჯერების შედეგად მტვრის კონცენტრაციების მკვეთრ მატებას აქვს ადგილი. ამასთან ნაწილაკების უფრო წვრილი ფრაქციის მატებაც აღინიშნება.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში, კანზასის დასავლეთისა და კოლორადოს აღმოსავლეთ ნაწილებში, 1949-1955 წ-ის გაზაფხულის სეზონებში ჩატარებული გაზომვების თანახმად: დედამიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე, 8 მ/წმ ქარის სიჩქარის პირობებში, მტვრის მაქსიმალური კონცენტრაცია 218 მგ/მ<sup>3</sup> უტოლდებოდა, ხოლო მისმა საშუალო მნიშვნელობამ 66 მგ/მ<sup>3</sup> შეადგინა. ამასთან, მტვრის ვერტიკალურმა გადატანამ საათში 4ტ/კმ<sup>2</sup> შეადგინა.

ეოლური მტვრის კონცენტრაციების ვერტიკალური გან-

აწილების თვალსაჩინო მაგალითს ცხრ.9.4-ში მოტანილი მონაცემები წარმოადგენენ.

ცხრილი 9.4. ეოლური მტვრის მახასიათებლების განაწილება მიწის ზედაპირიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე მტვრიანი ქარბუქის პირობებში

სიმაღლე მიწის ზედაპირიდან, მ	ნაწილაკთა საშუალო ზომები, მკმ	მტვრის საშუალო კონცენტრაცია, მგ/მ <sup>3</sup>
0.30	70	305.0
0.61	65	305.0
1.83	50	240.0
6.10	50	152.0
12.20	45	145.0
24.40	40	130.0
61.00	35	107.0
122.00	30	100.0
305.00	30	70.0
610.00	25	65.0
1220.00	25	40.0
1830.00	20	35.0

როგორც მოცემული ცხრილიდან ჩანს, დედამიწის ზედაპირიდან სიმაღლის მატებასთან, ნაწილაკთა საშუალო ზომები და წონითი კონცენტრაციები შესამჩნევად მცირდებიან და მათ განაწილებებს, მიახლოებით, ექსპონენციალური ხასიათი გააჩნიათ.

ქალაქებისა და სამრეწველო რაიონების ატმოსფერული ჰაერის ერთ-ერთ ძირითად მინარევად სამრეწველო წარმოშობის მტვერს მიიჩნევენ.

ატმოსფეროში მისი შემცველობა განპირობებულია მრეწველობისა და ტრანსპორტის განვითარებით, რომელთაც, როგორც ცნობილია, მზარდი ტემპით მატების ტენდენცია გააჩნიათ. მსოფლიოს მრავალ ქალაქსა და სამრეწველო ცენტრში, მტვრის ნაწილაკების შემცველი, სამრეწველო გამონაბოლქვებით ატმოსფეროს მაღალი დაბინძურების შედეგად ადამიანთა ჯანმრთელობისთვის სახიფათო მდგომარეობაა შექმნილი.

უკანასკნელი წლების განმავლობაში ამ რეგიონებში ატმოსფეროს გამტვრიანებამ 30%-ზე უფრო დიდად მოიმატა. გასაშუალოებული მნიშვნელობებით, ატმოსფეროდან ჩამოცვენილი მტვრის რაოდენობა მათში 400 ტ/კმ<sup>2</sup> წლ სიდიდეს აღწევს, ხოლო ამ მინარევის კონცენტრაციები ჰაერში, ხშირად, ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობას აღემატება.

უნდა აღინიშნოს, რომ, ჰაერის ნაკადით ამ მინარევის შორ მანძილებზე გადატანის შედეგად, აღნიშნული ვითარება უარყოფით გავლენას ახდენს მცენარეულ საფარზე და სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე. გარდა ამისა, მიწის ზედაპირზე დაღეკვის შედეგად, პლანეტარული ალბედოს ცვლილებით, დედამიწის რადიაციულ რეჟიმზე არასასურველ ზემოქმედებას ახდენს.

ატმოსფეროს დაბინძურებაში ინდუსტრიული და ბუნებრივი წარმოშობის მტვრის წილების შეფასებებმა გვიჩვენა, რომ ინდუსტრიული მტვერი ატმოსფეროს ამ მინარევის მთელი რაოდენობის, დაახლოებით, 15%-ს შეადგენს, ხოლო მისი ყოველწლიური ნამატი, დაახლოებით, 0,4% აღწევს.

აღსანიშნავია, რომ კაცობრიობას დედამიწის ხმელეთის, დაახლოებით, მხოლოდ 56% აქვს ათვისებული, შედარებით უფრო ინტენსიურ ექსპლუატაციას კი, სულ 15%-ს უწევს. აქედან 2%-ტი შენობა-ნაგებობებით დაკავებულ ფართობზე მოდის, დედამიწის მოსახლეობის 40%-ით, რომელსაც, ძირითადად, სამრეწველო ქალაქების ბინადარი შეადგენენ.

თუ მხედველობაში მივიღებთ იმას, რომ არსებული სამრეწველო ქალაქები იზრდებიან და ვითარდებიან ურბანიზაციის შედეგად, ხოლო მათ რიცხვს ბევრი სხვა ახალიც ემატება, ნათელი ხდება აღნიშნული ნეგატიური ეკოლოგიური მდგომარეობის მოსალოდნელი გაუარესება. ეს კი, ამ რთული ფიზიკური და ქიმიური თვისებების მქონე მინარევის, უფრო დეტალურ, ყოველმხრივ შესწავლას მოითხოვს.

### **9.3. ატმოსფეროს გამტვრიანების მონიტორინგის მონაცემთა ბაზის შეგროვების საკითხები**

#### **9.3.1. მტვრის მინარევის დისპერსიული განაწილებისა და რიცხვითი კონცენტრაციის მონიტორინგი**

ატმოსფეროს გამტვრიანების შესწავლა, მტვრის მინარევის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებურებათა სირთულის გამო,



მნიშვნელოვან სიძნელეს წარმოადგენს. ამასთან, ატმოსფეროში განუწყვეტლივ მიმდინარე კოაგულაციის, დიფუზიისა და დალექვის პროცესების გამო, ამ მინარევის კონცენტრაცია და ნაწილაკთა ზომების განაწილება ჰაერში მუდმივად იცვლება. აგრეთვე ცვალებადი ხასიათი აქვს მტვრის გამოყოფასაც მისი წყაროებიდან. ამის გამო, გასაზომი სიდიდე - მტვრის კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად იცვლება დროში.

გაძნელებულია, აგრეთვე, სინჯების აღებისა და ანალიზის პროცესში, მათი თავდაპირველი დისპერსიული შედგენილობისა და წონის უცვლელად შენარჩუნება.

ზემოაღნიშნული მნიშვნელოვნად აფერხებს ატმოსფეროს გამტვრიანების მახასიათებელი პარამეტრების საზომი უნიფიცირებული აპარატურის შექმნას.

მიუხედავად ზემოაღნიშნულისა, ატმოსფეროს მტვრის მინარევის შესწავლისადმი დიდმა ინტერესმა რიგი, ხშირად, ერთმანეთის შემავსებელი, მეთოდების შექმნა გამოიწვია, რომლებიც აღნიშნული სიძნელების გადალახვის შესაძლებლობას ქმნიან.

ატმოსფეროს გამტვრიანების კვლევისას, მეტნაწილად, მისი შეფასების რიცხვითი და წონითი მეთოდები გამოიყენება. კვლევის რიცხვითი მეთოდის ერთ-ერთ ძირითად უპირატესობად დროის მცირე მონაკვეთში ატმოსფეროს გამტვრიანების დინამიკის შესწავლის შესაძლებლობაა მიჩნეული. ამ მეთოდით, აგრეთვე, ნაწილაკების დისპერსიულობა და ფორმა შეისწავლება და, აგრეთვე, შესაძლებელი ხდება მათი ქიმიური შემცველობის დადგენა. აღნიშნული ამოცანების გადასაჭრელად გარემოს დაბინძურების კონტროლის ქსელში ნაწილაკთა მრიცხველ აპარატურამ - იმპაქტორმა ფართო გამოყენება ჰპოვა.

ამ ტიპის ხელსაწყოების მოქმედება დაფუძნებულია გამჭვირვალე ფირფიტაზე აეროზოლების ინერციული დალექვის პრინციპზე. ამისათვის გამოიყენება ნაწილაკების კინეტიკური ენერგია, რომელსაც ისინი ხელსაწყოს ხვრელში, ჰაერის წვრილი ნაკადით გასვლის შედეგად, სიჩქარის მატებით იძენენ. ამ პროცესის თეორიული და პრაქტიკული გამოკვლევები კ. მეის მიერაა შესრულებული (May K.R., 1945).

უფრო მოგვიანებით კი, მათ მეცნიერთა ფართო წრის ყურადღება მიიპყრეს. ამ გამოკვლევების თანახმად, რაიმე

ჰაერმწოვის საშუალებით ატმოსფერულ ჰაერთან ერთად შეწოვილი აეროზოლები, იმპაქტორის ხვრელში დიდი სიჩქარით, 10-100 მ/წმ ფარგლებში, მოძრაობის შედეგად გაიშვიათებულ გარემოში ხვდება, სადაც ჰაერის ნაკადის სიჩქარე და მიმართულება მკვეთრ ცვლილებას განიცდის. ხოლო, აეროზოლები კი, როგორც შედარებით უფრო ინერციული ფრაქცია, ჰაერის ნაკადის პირველადი ტრაექტორიის გასწვრივ განაგრძობს მოძრაობას და მიღში დინების პერპენდიკულარულად განლაგებულ სინჯის ასაღებ ღობურას ეჯახება.

ხშირად, აღნიშნული სახის კვლევებისას გამოიყენება კასკადური იმპაქტორი, რომელიც რამდენიმე იმპაქტორის შენაერთს წარმოადგენს, თანმიმდევრულად შემცირებული ჰაერის შესაწოვი ხვრელებით.

იმპაქტორის კასკადებში ნაწილაკთა ინერციული დაღეჭვის ეფექტიანობა სტოქსის პარამეტრის ფუნქციაა და იგი გამოითვლება ქვემოთმოცემული ფორმულით:

$$St = \frac{V\rho d^2}{\eta l} k \quad , \quad (9.6)$$

სადაც  $V$  - ჰაერის ნაკადის სიჩქარე,  $\rho$  - ნაწილაკთა სიმკვრივე,  $d$  - მათი დიამეტრი,  $\eta$  - ჰაერის სიბლანტე,  $l$  - სისტემის მახასიათებელი სიგრძე, ხოლო  $k$  - მუდმივი სიდიდეა.

დადგენილია, რომ იმპაქტორის კასკადებში ნაწილაკთა განაწილება ზომების მიხედვით ლოგარითმულ - ნორმალურ კანონს ექვემდებარება. ამასთან, მიღებული სინჯების დამუშავება, რომელიც მიკროსკოპის საშუალებით წარმოებს, თითოეულ კასკადში ნაწილაკთა საშუალო ზომებისა და რიცხვის დადგენას ითვალისწინებს.

ნაწილაკთა რაოდენობის დადგენა, აგრეთვე, მიკროსკოპის ქვეშ სინჯის სხვადასხვა მონაკვეთის ფოტოგრაფირებითაც ხორციელდება, შემდგომ მათი რიცხვის დათვლის მიზნით. ამასთან, ნაწილაკთა რიცხვითი კონცენტრაციის გამოსათვლელად გამოიყენება ფორმულა:

$$n = \frac{aS}{Vb} \quad , \quad (9.7)$$

სადაც  $a$  - ნაწილაკთა საშუალო რიცხვია მიკროსკოპის ხედვის არეში,  $n$  - ოკულარის თითოეულ ბადეში,  $S$  - აეროზოლის კვალის ფართობი,  $b$  - მიკროსკოპის ხედვის,  $n$  - ოკულარის ბადის ფართობი, ხოლო  $V$  - გამოტუმბული ჰაერის მოცულობაა.

ამასთან აღსანიშნავია, რომ, მიუხედავად ჰაერში დანაწევრებული ნაწილაკების საკვლევი მახასიათებლების განსაზღვრის მიკროსკოპული მეთოდის საკმაოდ დიდი შრომატევადობისა, ის წარმოადგენს ერთადერთ პირდაპირ მეთოდს.

მიუხედავად მისთვის ჩვეული გაზომვის სუბიექტური ცდომილებისა, მისი საშუალებით, მიიღება უტყუარი შედეგები. სწორედ ამიტომაც ამ მეთოდის დახმარებით ხდება აღნიშნული კვლევებისათვის გამიზნული სხვადასხვა ავტომატიზირებული ხელსაწყოების დაკალიბრება.

ინერციული დალექვის პრინციპი გამოიყენება აგრეთვე სხვა ტიპის ხელსაწყოებშიც: იმპიურებში, ცენტრიფუგებში, კონიფუგებში და სხვ. მაგრამ მათ ვერ ჰპოვეს ფართო გამოყენება, ვინაიდან საკმაოდ დიდი შერჩევითი უნარიანობა გააჩნიათ აეროზოლების ზომების მიმართ და, ამასთან, რიგი სხვა უარყოფითი მხარეც ახასიათებთ.

ხემოგანხილულის გარდა, აგრეთვე, არსებობს სხვა ბევრი ხელსაწყო, რომელთა მოქმედება ფოტოელექტრულ პრინციპზე არის დამყარებული. მათი ოპტიკური სქემა ნაწილაკების მიერ გაბნეული სინათლის ნაკადის ინტენსიობის გაზომვის სამ მეთოდზეა აგებული:

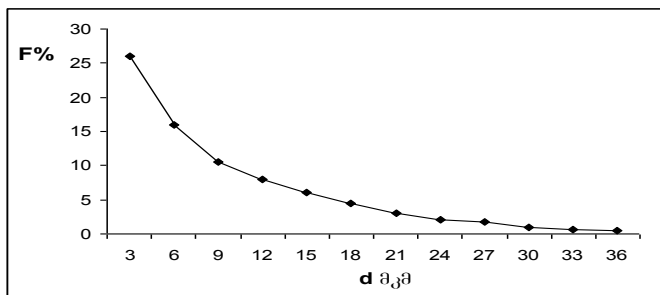
- ერთ-ერთ მათგანში გამოიყენება მოვლენა, რომლის დროსაც ნაწილაკების მიერ გაბნეული სინათლის ნაკადი ფოტოელექტრულ გამამრავლებლის ფოტოკათოდზე მაქსიმალურად შესაძლებელი ფართოსხეულოვანი კუთხიდან გროვდება;
- მეორეში კი, ნაწილაკების მიერ გაბნეული სინათლის ნაკადის ინტენსიობა ვიწროსხეულოვან კუთხეში, სინათლის სხივის გავრცელების ახლო არეში იზომება;
- აგრეთვე გამოიყენება მეთოდი, რომელშიც საკვლევი აეროზოლების მიერ გაბნეული სინათლის ნაკადი განათების მიმართულებასთან  $90^\circ$  კუთხით ხელსაწყოს ფოტოკათოდზე გროვდება.

ამ ხელსაწყოების ძირითად ნაკლთა შორის აღინიშნება:  
 - ნაწილაკების ზომების არჩევითობა; - ქიმიური ანალიზის ჩატარების შეუძლებლობა; - ხელსაწყოს გამოსავალზე მიღებული იმპულსისა და საკვლევი ობიექტის სიდიდეების ურთიერთდაკავშირების სირთულე.

აღსანიშნავია, რომ აეროზოლების ნაწილაკთა შესასწავლად არსებული მეთოდები და ხელსაწყოები არ შეიძლება იქნენ მიხნეულნი უნივერსალურად, ვინაიდან თითოეული მათგანი იძლევა მხოლოდ გარკვეული სიდიდის ნაწილაკების ანალიზის საშუალებას. ამჟამად არ მოგვეპოვება ისეთი ხელსაწყო, რომელიც უზრუნველყოფდა ატმოსფეროში დანაწევრებული მტვრის ნაწილაკების მთელი სპექტრის გაზომვებს. მიუხედავად ამისა, მათი დახმარებით შესაძლებელია დაკვირვებების წარმოება ატმოსფეროს გამტვრიანებაზე და აეროზოლური ნაწილაკების შესწავლა ზომების სხვადასხვა დიაპაზონში, რაც ატმოსფეროს გამტვრიანებაზე საჭირო ინფორმაციის მიღების საშუალებას იძლევა.

### 9.3.2. ბუნებრივ გარემოში აეროზოლურ ნაწილაკთა განაწილების მახასიათებლების მონიტორინგი

აღნიშნული საკითხის გაშუქების მიზნით, სამრეწველო ქალაქში, გამონაბოლქვთა წყაროებიდან სხვადასხვა მანძილებზე შეგროვილ სინჯებში, ჰაერში დანაწევრებულ ნაწილაკთა ზომების მიხედვით გაანგარიშებული ფარდობითი რიცხვების განაწილების კვლევის ერთ-ერთი სერიის გასაშუალოებული შედეგი ნახ.9.1 - ზეა მოცემული.



ნახ.9.1. ემისიების წყაროდან 2კმ დაშორებით, ზომების მიხედვით მტვრის ნაწილაკთა ფარდობითი რიცხვის განაწილება

განსახილველ ნახაზზე  $d$  - ნაწილაკთა დიამეტრი, მკმ-ში, ხოლო  $F\%$  -  $i$  ზომის ნაწილაკთა ფარდობითი რიცხვია, მათი ემისიების წყაროდან 2კმ მანძილის დაშორებით, რომელიც (9.8) ფორმულის დახმარებით არის გაანგარიშებული:

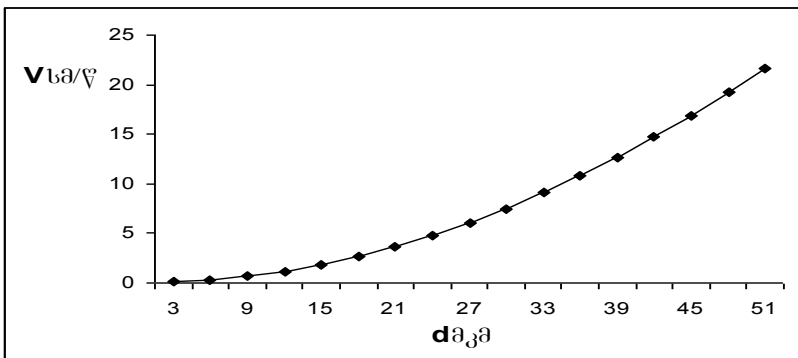
$$F_i = \frac{N_i}{N} 100\% \quad , \quad (9.8)$$

სადაც  $N_i$  -  $i$ -ური ზომების დიაპაზონის ნაწილაკთა რიცხვი, ხოლო  $N$  - ყველა ზომის ნაწილაკთა საერთო რიცხვია.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, მტვრის ნაწილაკთა მაქსიმალური რაოდენობა, დაახლოებით, 50% -ზე მეტი, 0-9 მკმ-ს ფარგლებში მდებარე დიამეტრის მქონე ნაწილაკებზე მოდის. ამასთან, ზომების მატებასთან ერთად მათი რიცხვი მკვეთრად ეცემა და საერთო ჯამის მხოლოდ მცირე ნაწილს შეადგენს.

ნახ.9.1 -ზე მოცემული ნაწილაკებისთვის იქნა გაანგარიშებული სელიმენტაციის სიჩქარეები სტოქსის (9.2) ფორმულის დახმარებით. ამასთან, მტვრის ნაწილაკთა სიმკვრივე, ტოლი  $\rho = 2,782 \cdot 10^6$  გ/მ<sup>3</sup> - სა, ქიმიური ანალიზის გზით იქნა განსაზღვრული.

აღნიშნული გაანგარიშების შედეგებით ნახ.9.2-ზე მოცემული გრაფიკია აგებული.



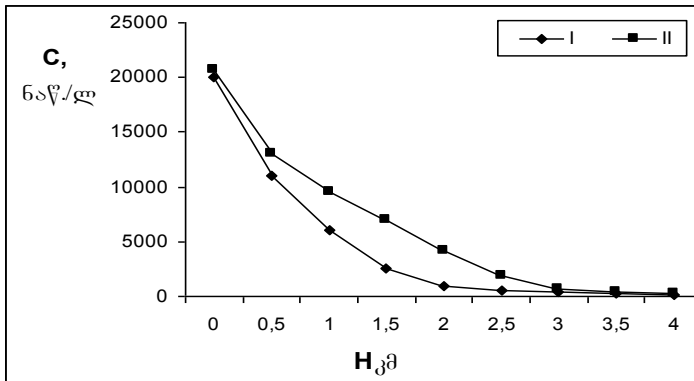
ნახ.9.2. მტვრის ნაწილაკთა სელიმენტაციის სიჩქარეები

როგორც განსახილველი ნახაზიდან ჩანს, ნაწილაკთა ზომების მატებასთან ერთად შესამჩნევად მატულობს მათი სედიმენტაციის სიჩქარეებიც. ამასთან, მათი მინიმალური მნიშვნელობები ნაწილაკთა 0 - 9 მკმ ზომებისათვის აღინიშნება, რომელთა რიცხვი ჰაერში, ნახ.9.1 - ის თანახმად, მაქსიმალურს უტოლდება. ამრიგად, თეორიული გათვლებით იქნა დადასტურებული პრაქტიკული მასალებით მიღებული შედეგები.

იმპაქტორებმა, აგრეთვე, თვითმფრინავების დახმარებით დედამიწის ზედაპირიდან სხვადასხვა სიმაღლეზე მტვრის ნაწილაკთა ვერტიკალური განაწილების კვლევებში ფართო გამოყენება ჰპოვეს.

აღნიშნული საკითხის დამუშავების მიზნით, სპეციალიზირებულ თვითმფრინავზე განთავსებული იმპაქტორის დახმარებით დედამიწის ზედაპირიდან ყოველ 500 მ-ში, 4000 მ-ს სიმაღლემდე, ატმოსფერული მტვრის მინარევის სინჯები იქნა აღებული.

ამასთან, კვლევა ითვალისწინებდა სამრეწველო ქალაქის რაიონში მტვრის ნაწილაკთა რიცხოვრივი კონცენტრაციების ვერტიკალური განაწილების დადგენას, დედამიწის ზედაპირიდან სიმაღლის ცვლილებაზე და ატმოსფეროს სტრატოფიკაციაზე დამოკიდებულებით. ამ კვლევის გასაშუალოებული შედეგები ნახ.9.3-ის გრაფიკებზეა მოცემული.



ნახ.9.3. მტვრის ნაწილაკთა რიცხვითი კონცენტრაციების ვერტიკალური განაწილება ატმოსფეროში: I-სუსტი და II-ძლიერი ინვერსიების პირობებში

კვლევის შედეგად მიღებული მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სხვადასხვა სიმაღლეებზე აღებულ ატმოსფერული ჰაერის სინჯებში, მტვრის ნაწილაკთა რიცხვითი კონცენტრაციის განაწილება გაბატონებულ მეტეოროლოგიურ პირობებზეა დამოკიდებული. ამასთან, ტემპერატურულ ინვერსიებს მნიშვნელოვანი როლი გააჩნიათ.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ნორმალურ პირობებში დედამიწიდან ტროპოსფეროს ზედა საზღვრამდე სიმაღლის ყოველი 100 მ-ით მატებასთან ატმოსფერული ჰაერის ტემპერატურას, საშუალოდ, 0.6° კლების ხასიათი გააჩნია. მაგრამ, ხშირად, ჰაერის რომელიმე ფენაში ეს კანონზომიერება ირღვევა და ტემპერატურის კლების მაგივრად მისი მატება შეინიშნება, ანუ ტემპერატურულ ინვერსიას აქვს ადგილი. ამასთან, თავისუფალ ატმოსფეროში ინვერსიების ფენების სიმძლავრემ შესაძლოა ასეულ მეტრებს მიაღწიოს.

აღსანიშნავია, რომ ტემპერატურული ინვერსიები ხელს უშლიან ჰაერის ნაკადების მიმოქცევას და სმოგის, ბურუსის, ნისლის, ღებლების წარმოშობისა და მავნე მინარევთა დაგროვების ხელსაყრელ პირობებს ქმნიან. აქედან გამომდინარე, მტვრის ნაწილაკთა კონცენტრაციების განაწილება ინვერსიების არსებობის პირობებში იწვევს დიდ ინტერესს.

როგორც საანალიზო ნახ. 9.3-დან ჩანს, მოცემულ კვლევებში ნაწილაკთა განაწილება ორ ჯგუფად დაიყოფა:

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება შემთხვევათა რიგი, რომელშიც ნაწილაკთა კონცენტრაციების განაწილება სიმაღლის მიხედვით ექსპონენციალურ კანონზომიერებას ექვემდებარება, კარგი მიახლოებით;

მეორეში კი - მოცემულია კონცენტრაციათა რიგი, რომელშიც მათი განაწილება, დაახლოებით, 3კმ სიმაღლემდე აღნიშნულ კანონზომიერებიდან მნიშვნელოვნად გადაიხრება. ნაწილაკთა კონცენტრაციების განაწილების პირველ ჯგუფში შემავალი სინჯების 40%-ს შეადგენენ სინჯები, რომელთა აღებისას აღინიშნებოდა 1-3 საათის ხანგრძლივობის სუსტი ინვერსიები.

მეორე ჯგუფს შეადგენენ სინჯები, რომელთა აღებისას, ძირითადად, აღინიშნებოდა რამდენიმე საათიდან - 3-ზე მეტი დღეღამის ხანგრძლივობის ძლიერი ინვერსიები.

ნახაზიდან ჩანს, რომ უკანასკნელი ჯგუფის მონაცემებში 0-3კმ სიმაღლის ინტერვალში მტვრის ნაწილაკთა კონცენტრაციების შესამჩნევი მატება დაიკვირვება. ეს კი, განპირობებულია აღნიშნულ სიმაღლეებზე ჰაერის მასების ვერტიკალური განაწილების ხელისშემშლელ, ტემპერატურის ინვერსიების არსებობით, რითაც, თავის მხრივ, ჰაერის ამ ფენებში მინარევების დაგროვების პირობები იქმნება.

### 9.3.3. ატმოსფეროს გამტვრიანების კონტროლის მეთოდები

ატმოსფეროს გამტვრიანების კონტროლის მსოფლიო პრაქტიკაში მისი განსაზღვრა, ძირითადად, წონით ერთეულებში სრულდება. ეს განპირობებულია იმით, რომ წონითი მეთოდი მიღებულია სტანდარტულად და აღნიშნული გაზომვების წარმოებისას, მისი გამოყენება არის აუცილებელი.

ამასთან, ორი მიდგომით სარგებლობენ. ერთ-ერთი მათგანი მტვრის სინჯის შეგროვების მეტად გავრცელებული ასპირაციული მეთოდისაგან შედგება, ხოლო მეორე კი, სექლიმენტაციურ პრინციპს ემყარება.

აღსანიშნავია, რომ სექლიმენტაციური ანალიზი ატმოსფეროს გამტვრიანების კონტროლის მეთოდების ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი ნაწილია, ვინაიდან მტვრის მინარევის მსხვილდისპერსიული ნაწილის შეგროვება, პრაქტიკულად, მხოლოდ ამ მეთოდის გამოყენებით ხდება.

შეგროვილი სინჯების შესაბამისი ანალიზის შემდეგ, მიიღება საჭირო ინფორმაცია ჰაერის ნაკადის დინებებზე, მტვრის მინარევის ქიმიურ შედგენილობაზე, მშრალ დალექვასა და ნალექებით მის ჩამორეცხვაზე ატმოსფეროდან და სხვ.

*სექლიმენტაციური მეთოდი* აეროზოლთა მყარი ფრაქციის სინჯების შეგროვების ერთ-ერთ უძველეს და უმარტივეს საშუალებას წარმოადგენს. მას ორი ნაირსახეობა გააჩნია:

- პირველ შემთხვევაში საკვლევი ჰაერი თავსდება გარკვეულ იზოლირებულ მოცულობაში, სადაც წარმოებს ნაწილაკთა დალექვა გრავიტაციული ძალის მოქმედებით. ამისათვის სხვადასხვა სექლიმენტაციური უჯრედები გამოიყენება, რომელთა შორის ყველაზე ცნობილია ოუენსის მტვერსახოში და გრინის სექლიმენტატორი.



- მეორე შემთხვევაში ნაწილაკთა სელიმენტაცია უცნობი მოცულობის მქონე, შეუზღუდავი სივრციდან (ატმოსფეროდან) წარმოებს.

განსახილველი მეთოდით მიღებული შედეგები შეიძლება გამოისახოს მოცემული დროის განმავლობაში ერთეულ ფართობზე დალექილ ნაწილაკთა რიცხვში ან მათ წონაში. იგი ამჟამად ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში, ატმოსფეროს დაბინძურების განსაზღვრის შედეგების წონით ერთეულებში გამოსახვის მიზნით.

მეთოდის ძირითად ნაკლოვანებას სინჯის ასაღები მოწყობილობის საკმაოდ ხანგრძლივი ექსპონირება (რამდენიმე საათიდან რამდენიმე დღემდე) მიეკუთვნება, რომელიც ატმოსფეროში მტვრის კონცენტრაციაზე არის დამოკიდებული. გარდა ამისა, ნაწილაკთა წვრილდისპერსიული ფრაქციის დაჭერა საკმაოდ ძნელად ხორციელდება.

მიუხედავად აღნიშნულისა, დედამიწის ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული მტვრის რაოდენობის განსაზღვრის დიდი მნიშვნელობა, პრაქტიკაში ამ უკანასკნელი მეთოდის გამოყენების აუცილებლობას იწვევს. ამასთან, მისი გამოყენება გაცილებით მარტივია, ვიდრე ჰაერში მტვრის კონცენტრაციის განსაზღვრა ასპირაციული მეთოდით, რასაც სპეციალური აპარატურა სჭირდება.

კოლექტორით აღებული სინჯის შესაბამისი დამუშავების შედეგად შეიძლება ვიმსჯელოთ გარემოს დაბინძურების ისეთ მნიშვნელოვან მახასიათებლებზე, როგორებიც არის: - ატმოსფეროს საერთო გამტვრიანება; რადიოაქტიური დაბინძურება; ქიმიური შედგენილობა; ჰაერის ნაკადით მტვრის ნაწილაკთა რეგიონალური და ტრანსსასაზღვრო გადატანების განსაზღვრის შესაძლებლობა და სხ.

### **ატმოსფერული მტვრის წონითი კონცენტრაციების**

20 წუთიანი გასაშუალოებული, დისკრეტული მნიშვნელობების მისაღებად, რაც განპირობებულია გარკვეული ჰიგიენური მოთხოვნებით, ფართოდ გამოიყენება ასპირაციული მეთოდი. იგი უკვე დიდი ხანია გამოიყენება პრაქტიკაში და წარმოადგენს ძირითად მეთოდს საიმედო შედეგების მისაღებად. ამასთან, არაპირდაპირ მეთოდებზე დაფუძნებული ყველა ასპირაციული პრინციპის გამოყენებით მოქმედი ავტომა-

ტური ხელსაწყოს კალიბრება ამ მეთოდის დახმარებით წარმოებს.

ამის გარდა, ასპირაციული მეთოდის ღირსებას მიეკუთვნება აღებული სინჯების რეპრეზენტატიულობა და მათი დისპერსიული, ქიმიური და სხვა ანალიზის ჩატარების შესაძლებლობა.

### **9.3.4. ატმოსფეროს გამტვრიანების კონტროლის ექსპრესმეთოდების მოქმედების პრინციპები**

როგორც აღვნიშნეთ, ატმოსფეროს გამტვრიანების რეგულარული კონტროლის მიზნით, ასპირაციულ პრინციპზე დაფუძნებული მეთოდი გამოიყენება. ამასთან, საკვლევი ჰაერის გატუმბვისას ბოჭკოვანი ფილტრის გავლით, უკანასკნელზე მტვრის ნალექი მიიღება.

ჰაერის გაფილტვრამდე და გაფილტვრის შემდეგ ფილტრის წონათა სხვაობით განისაზღვრება მტვრის სინჯის წონა. მტვრის კონცენტრაცია კი - უკანასკნელის ფილტრში გასული ჰაერის მოცულობასთან შეფარდებით გაითვლება.

ამ მეთოდის ძირითად ნაკლს სინჯის აღების შრომატევადობა და ფილტრის ბევრჯერადი აწონვის აუცილებლობა შეადგენს. გარდა ამისა, სინჯის აღებასა და გაზომვის შედეგის მიღებას შორის არსებული დროითი მონაკვეთის დიდი წყვეტილობა ვერ უზრუნველყოფს საჭირო ინფორმაციის მიღების ოპერატიულობას.

ჯერჯერობით შეუძლებელია ზემოაღნიშნული მეთოდით მტვრის კონცენტრაციის პირდაპირი გაზომვის ავტომატიზირება. მაგრამ არსებობს მისი გაზომვის რიგი არაპირდაპირი ექსპრესმეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია ოპტიკურ, რადიომეტრულ, ელექტრონულ და სითბურ პრინციპებზე.

როგორც გამოკვლევებმა აჩვენა, ნაწილაკთა ელექტროული მუხტები და მტვრის თერმული თვისებები ყოველთვის არაა მისი წონის პროპორციული. ამიტომ, მტვრის ამ ფიზიკური თვისებების არაპირდაპირი გაზომვების სიზუსტე დამოკიდებულია აეროზოლების ნაწილაკთა მახასიათებლების ცვალებადობაზე. მაგალითად, მტვრის ელექტრიზაცია ჰაერის ტენიანობაზე და, განსაკუთრებით, მის ხნოვანობაზეა დამოკიდებული. დროთა განმავლობაში მისი ელექტრული თვისებები ძლიერდება, ხოლო ტენიანობის მატებასთან კი, -

მცირდება. ამის გამო, გაზომვების პირობებზე დამოკიდებულებით, ყოველთვის იქმნება ხელსაწყოთა ხელახალი დაკალიბრების აუცილებლობა, რაც მის მნიშვნელოვან ნაკლს წარმოადგენს.

ცნობილია, რომ თერმოფერული ძალები, რომლებიც აეროზოლებისა და საკვლევი მოცულობის ჰაერის სათავსო გარემოს არათანაბარი გათბობით წარმოიქმნებიან, თერმოპრეციპიტატორებში მტვრის კონცენტრაციის გასაზომად გამოიყენებიან. მაგრამ, 20 მკმ-ზე მეტი ზომის ნაწილაკთა შეგროვების მცირე ეფექტიანობის გამო, თერმოპრეციპიტაციამ პრაქტიკაში ვერ ჰპოვა ფართო გამოყენება. ამასთან, საკვლევი ჰაერის უმნიშვნელო მოცულობის გატუმბვის შედეგად, მიღებული სინჯები არარეპრეზენტატულია. გარდა ამისა, ეს მეთოდი ითხოვს სინჯების შრომატევად დამუშავებას სასწორზე და მიკროსკოპის ქვეშ.

ხემაღლიშნულის გათვალისწინებით, ატმოსფეროს გამტვრიანების კონტროლის ავტომატური ხელსაწყოების შესაქმნელად ყველაზე უფრო პერსპექტიულად ფოტომეტრული და რადიომეტრული მეთოდები იქნა მიჩნეული.

***ფოტომეტრული მეთოდის ძირითადი პრინციპები:***

*ფოტომეტრული მეთოდის* გამოყენებისას ჰაერიდან ფილტრზე დაღეჭილი მტვრის მიერ შთანთქმული და სითეთრის ეტალონში გასული სინათლის ნაკადის ურთიერთშეჯერება ხდება.

ბუგერ-ლამბერტ-ბერის კანონის თანახმად, მტვრის სინჯში და სუფთა ფილტრში გასული სინათლის ნაკადებს შორის (შესაბამისად,  $I$  და  $I_0$ ) მართებულია ტოლობა:

$$I = I_0 e^{-kl} \quad , \quad (9.9)$$

სადაც  $k$  -სინათლის შთანთქმის კოეფიციენტი, ხოლო  $l$  -მისი გზის სიგრძეა მოცემულ გარემოში.

აღნიშნული მეთოდი გამოიყენება, როგორც უშფოთველ გარემოში საკვლევი მინარევის კონცენტრაციების უშუალო გაზომვისას, ისე, მტვრის სინჯის აღების შემდეგ, გამტვრიანებული ფილტრის ფოტომეტრირებისას.

გამტვრიანებული ფილტრის ოპტიკური სიმკვრივე განისაზღვრება განტოლებით:

$$D = \lg \frac{I_0}{I} \quad , \quad (9.10)$$

ან

$$D = \varepsilon \ell \quad , \quad (9.11)$$

სადაც  $\varepsilon = 0,4343k$ .

ფილტრზე დაღეკილი მყარი აეროზოლის წონა შემდეგი განტოლებით განისაზღვრება:

$$\Delta P = P - P_0 = S \ell \rho_a \quad , \quad (9.12)$$

სადაც  $P$  და  $P_0$  - შესაბამისად, გამტვრიანებული და სუფთა ფილტრის წონებია,  $S$  და  $\ell$  - შესაბამისად, ფილტრის გამტვრიანებული ნაწილის ფართობი და სისქეა,  $\rho_a$  - მტვრის კუთრი წონაა.

მოცემული განტოლებებიდან გამომდინარეობს, რომ:

$$D = \varepsilon \frac{\Delta P}{S \rho_a} \quad , \quad (9.13)$$

ამრიგად, განსახილველი მეთოდით წონითი კონცენტრაციის მნიშვნელობა  $q = \frac{\Delta P}{V}$  განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებიდან:

$$D = \varepsilon \frac{Vq}{S \rho_a} \quad , \quad (9.14)$$

და იგი გვაძლევს:

$$q = \frac{1}{0.4343} D \frac{S \rho_a}{\kappa V} \quad , \quad (9.15)$$

სადაც  $V$  - ფილტრში გატუმბული საცდელი ჰაერის მოცულობითი რაოდენობაა.

მიუხედავად ფოტომეტრული მეთოდის რიგი უპირატესობისა, მან ვერ ჰპოვა ფართო გამოყენება პრაქტიკაში. ძირითადად ეს გამოწვეულია იმით, რომ ხელსაწყოს ჩვენებაზე მტვრის დისპერსიულობა და შეფერილობა ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას. ხოლო აქედან გამომდინარეობს ხელსაწყოს ხშირი დაკალიბრების აუცილებლობა.

ზოგ შემთხვევაში აუცილებელია მაღალი კონცენტრაციების არსებობა. ხოლო ზოგშიც კი, საჭიროა სინჯის ხშირი აწონვა ლაბორატორიულ პირობებში.

**რადიომეტრული მეთოდის ძირითადი პრინციპები:**

ატმოსფერული მტვრის კონცენტრაციის განსაზღვრისადმი უფრო მაღალი მოთხოვნების წაყენებისას, რადიომეტრული მეთოდის გამოყენება არის მიზანშეწონილი.

იგი ფოტომეტრული მეთოდის წინაშე იმ უპირატესობით სარგებლობს, რომ გაცილებით ნაკლებადაა დამოკიდებული მტვრის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე. პრაქტიკაში ფართოდ იხმარება ხელსაწყოები, რომელთა მოქმედება, ნივთიერებაში დეტექტორის მიმართულებით β-ნაწილაკთა გავლისას, მათი შთანთქმის გაზომვას ემყარება.

როგორც ცნობილია, გამოსხივების წყაროსა და დეტექტორს შორის β-ნაწილაკთა შთანთქმა, ძირითადად, ნივთიერების ატომის გარსის ელექტრონთან მისი ურთიერთქმედებითაა გამოწვეული. აქედან გამომდინარე, ამ ნაწილაკთა შთანთქმა, უმთავრესად, საკვლევი ნივთიერების ერთეულის ტოლ ფართობზე მოსულ ელექტრონთა რიცხვზეა დამოკიდებული. რადგან ელექტრონთა რიცხვი ატომში დაახლოებით მისი მასის პროპორციულია, შეიძლება ჩაითვალოს, რომ β-ნაწილაკთა შთანთქმა საკვლევი ნივთიერების ერთეულ ფართობზე მოსული მასის ფუნქციაა. ამასთან, მტვრის ნივთიერებრივი შედგენილობის სირთულის უგულვებელოფაა შესაძლებელი, ვინაიდან მიღებული შედეგები თითქმის არაა დამოკიდებული შემადგენელ ნივთიერებათა სიმკვრივეზე ან ატომურ წონაზე. ზოგიერთი გადახრები შეიძლება აღინიშნოს მძიმე და მსუბუქ ელემენტებს შორის ელექტრონთა რიცხვისა და ატომური წონის შეფარდების მნიშვნელობათა შესამჩნევი სხვაობისა და, აგრეთვე, ბირთვული გაბნევის მოვლენის შედეგად.

გამტვრიანების კონტროლის პრაქტიკაში რადიომეტრული მეთოდის გამოყენების პრინციპული შესაძლებლობები კარგა ხანია ცნობილია.

ვინაიდან რადიოაქტიური გამოსხივების შესუსტება გარემოს აღიტიური თვისებაა, მოცემული გამოსხივების წყაროს არსებობის პირობებში, ნივთიერების ისეთი მრავალკომ-

პონენტური ნარევისათვის, როგორსაც ატმოსფერული მტვერი წარმოადგენს,  $\beta$ -გამოსხივების შესუსტების ეფექტური კოეფიციენტი, ტოლი მტვრის ფენაში გასული  $I$  გამოსხივების შეფარდებისა ამ ფენაზე მოსულ  $I_0$  გამოსხივებასთან, შეიძლება იქნეს წარმოდგენილი ქვემოთ მოცემული ფორმულით:

$$K = \frac{I}{I_0} = e^{-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{ფვ}} R_{\Sigma}} \quad , \quad (9.16)$$

სადაც  $\beta$ -გამოსხივების შესუსტების ეფექტური მასური კოეფიციენტი მოცემულია ჯამის სახით:

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{ფვ}} = \frac{1}{100} \sum S_i \frac{\mu_i}{\rho_i} \quad , \quad (9.17)$$

ამ ფორმულაში  $S_i$  - ნარევი  $i$ -ური კომპონენტის წონითი სიდიდის ფარდობითი მნიშვნელობაა (%),  $\mu_i / \rho_i$  - მტვრის  $i$ -ური კომპონენტის შესუსტების მასური კოეფიციენტი (სმ<sup>2</sup>/მგ), ხოლო  $R_{\Sigma}$  - მტვრის ფენის საერთო რაოდენობაა (მგ/სმ<sup>2</sup>).

აღსანიშნავია, რომ მტვერში ტყვიისა (30%-ზე მეტი) და ორგანულ ნივთიერებათა დიდი რაოდენობის არსებობა, გარკვეულად ზღუდავს განსახილველი მეთოდის გამოყენებას. მაგრამ ატმოსფერულ მტვერში აღნიშნული ელემენტების არსებობა ასეთი დიდი რაოდენობით ისე იშვიათია, რომ იგი პრაქტიკულად არ დაიკვირვება და მისი უგულებელყოფა სავსებით არის შესაძლებელი, რაც რადიომეტრული მეთოდის გამოყენების კარგ შესაძლებლობაზე მეტყველებს.

### 9.3.5. მეტალური მიკრომინარევების განსაზღვრის ემისიური სპექტრო-ფოტომეტრიული და ატომურ-აბსორბციული მეთოდები

ატმოსფეროს ერთ-ერთი ძირითადი მინარევის - მტვრის კომპონენტის ქიმიური შედგენილობის ცოდნის დიდმა აუცილებლობამ მისი კვლევის მეთოდების შექმნა განაპირობა.

ატმოსფერულ მტვერში ლითონთა მიკრომინარევების კონცენტრაცია  $10^{-10}$  -  $6 \cdot 10^{-5}$  გ/მ<sup>3</sup> ფარგლებში იცვლება. ამას-

თან, საანალიზო სინჯი ხშირად ძალიან მცირე სიდიდისაა, რომელიც რამდენიმე მილიგრამიდან მის მეასედ ნაწილს შეადგენს. ეს გარემოება მტვრის ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრისას დამატებითი სიძნელეებს იწვევს, ვინაიდან ასეთ შემთხვევებში ქიმიური ანალიზის ჩვეულებრივი მეთოდები არაეფექტურნი არიან.

ნივთიერების შედგენილობის განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდებს შორის ემისიური სპექტრალური ანალიზის მეთოდებს უჭირავს მნიშვნელოვანი ადგილი. მათი დახმარებით სხვადასხვა შედგენილობისა და წარმოშობის ობიექტებში ნივთიერებათა ფართო წრის პირდაპირი განსაზღვრა და დროის მცირე მონაკვეთში მიკრომინარევთა შედგენილობაზე ოპერატიული ინფორმაციის მიღება არის შესაძლებელი.

ამასთან, ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად, ატმოსფეროს მინარევთა მიკროშედგენილობის ცვლილებების დადგენისა და მეტეოროლოგიური პირობების გათვალისწინებით საკვლევ ელემენტთა ტრანსსასაზღვრო გადატანის შეფასების საშუალებას იძლევა.

რიგ შემთხვევაში მინარევთა შედგენილობისა და კონცენტრაციების შესახებ უფრო ზუსტი ინფორმაციის მისაღებად, მათი ცვლილებების მიზეზების გამოვლენისა და პროგნოზების დამუშავების მიზნით და სხვ., საჭიროა გექონდეს ანალიზის უფრო სრული მეთოდი. ამასთან დაკავშირებით, იქნა შემუშავებული აღნიშნული საკითხის კვლევის მეტად მგრძობიარე მეთოდი, რომელიც, პირველ რიგში, ითვალისწინებს, როგორც განსაზღვრის სიზუსტისა და მგრძობიარობის ამაღლებას, ისე ატმოსფეროს დაბინძურების კონტროლის პრაქტიკაში მის შედარებით მარტივად გამოყენებას.

ანალიზის უფრო მაღალი სიზუსტით ჩატარება მოითხოვს წინასწარ ოპერაციებს ფონის გავლენის ასაცილებლად. ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნას საანალიზო ნიმუშების ქიმიური დამუშავების მეთოდები, რომლებიც წინასწარ კონცენტრირებასა და ძირითადი კომპონენტებიდან მცირე ელემენტთა კვალის მოცილებას შეიცავენ.

დღეისათვის შემუშავებულია ელემენტთა კონცენტრირების რიგი მეთოდი ხელატწარმომქმნელი სორბენტების გამოყენებით, რომლებიც სულ უფრო მეტ გამოყენებას პოულობენ ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების კვლევის პრაქტიკაში.

აღსანიშნავია, რომ სორბციული კონცენტრირებისა და დაყოფის მიზნით გამოყენებული პრაქტიკული მიდგომები საკმაოდ მარტივებად ხასიათდებიან და, იონთა ცვლის მეთოდებში ხმარებული, კონცენტრირებისა და დაყოფის ხერხების მსგავსნი არიან. ამასთან, ამ ოპერაციების შესრულების ხარისხი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სორბენტის სწორად შერჩევაზე, მის მომზადებაზე გამოსაყენებლად, სამუშაოს შესრულების ხერხებისა და პროცესების მსვლელობის პირობების შერჩევაზე და, ასევე, ელემენტთა კონცენტრირებისა და დაყოფის შემდეგ მათი განსაზღვრის მეთოდებზე. რიგ შემთხვევაში მიკროელემენტების ჯგუფური კონცენტრირების ამოცანა ისმევა, მათი მაკროკომპონენტებიდან გამოყოფით. ამასთან, უკანასკნელ პროცესს მთლიანად ან ნაწილობრივ ასრულებენ, იმაზე დამოკიდებულებით, თუ როგორი მეთოდი არის ნავარაუდები კონცენტრირებული მიკროელემენტების განსაზღვრის მიზნით.

ვინაიდან ხელატწარმოქმნელ სორბენტებს შეუძლიათ ურთიერთქმედება რამოდენიმე ან მრავალ ქიმიურ ელემენტებთან, სხვადასხვა ელემენტების კონცენტრირებისა და დაყოფის მიზნით იხმარება ერთი და იგივე სორბენტი.

ხელატწარმოქმნელ სორბენტზე მიკროელემენტების კონცენტრირების შემდეგ მათი განსაზღვრა სხვსდასხვა მეთოდით არის შესაძლებელი, მათ შორის ატომურ-აბსორბციულით, რომელიც ანალიზური ქიმიის ერთ-ერთ წამყვან მეთოდად არის მიჩნეული.

ამრიგად, კვლევის შედეგების მაღალი სიზუსტით მიღების მიზნით საჭიროა ბუნებრივი გარემოს ობიექტების სინჯებში მძიმე ტოქსიკური ლითონების მინარევების გამოყოფა ხელატწარმოქმნელი ბოჭკოვანი სორბენტის POLIORGS-VII M-ის დახმარებით და შემდეგ მათი კონცენტრაციების განსაზღვრა ატომურ-აბსორბციული მეთოდით. ამასთან, მეთოდის მაქსიმალური ცდომილება 10-15% არ აღემატება.

როგორც ირკვევა, ოპერატიული ინფორმაციის მისაღებად, ატმოსფეროს მეტალური მიკრომინარევების ფართო სპექტრის ერთდროული განსაზღვრა ემისიური სპექტრო-ფოტომეტრიული მეთოდის გამოყენებითაა მიზანშეწონილი. ხოლო, მიღებული შედეგების დაზუსტება, ზოგიერთი პრაქტი-



კული და სამეცნიერო მიზნებისათვის, ატომურ-აბსორბციული მეთოდის გამოყენებით არის შესაძლებელი.

#### **9.4. კავკასიის რეგიონებში დედამიწის ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული მტვრის მიკროელემენტური შედგენილობა**

დედამიწის ქვეყნილ ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული მტვრის მინარევის ქიმიური შედგენილობის შესწავლას, დიდი პრაქტიკული და მეცნიერული მნიშვნელობა გააჩნია. განსაკუთრებით ეს მტვრის შემადგენლობაში შემავალი ლითონების ჯგუფს ეხება.

დაბინძურების წყაროებიდან ამ მინარევების გავრცელების კანონზომიერების შესწავლას, ატმოსფეროში მათი კონცენტრაციების დონის განსაზღვრასა და ქვეყნილ ზედაპირზე მოსული რაოდენობის შეფასებას დიდი ეკოლოგიური, ეკონომიკური, გეოფიზიკური, ჰიგიენური და ბიოლოგიური მნიშვნელობა გააჩნია.

განსახილველი საკითხის გაშუქების მიზნით, კავკასიის სხვადასხვა რეგიონში მრავალი წლის განმავლობაში ქვეყნილ ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული მტვრის სინჯების ფიზიკო-ქიმიური ანალიზის შედეგად მიღებული მიკრომინარევათა შემცველობა შესწავლილი და შეფასებული (ცხრ.9.5) იქნა. ამასთან, დედამიწის ზედაპირზე მოსული აეროზოლების სინჯების შეგროვება ხორციელდება სელიმენტაციის მეთოდის დახმარებით, ხოლო მიღებულ სინჯებში მიკრომინარევების განსაზღვრა კი, ამ მიზნებისათვის შემუშავებული ემისიური სპექტრალური ანალიზის მეთოდის გამოყენებით სრულდებოდა.

აღნიშნული მეთოდი ემყარება პლატინის ათსაფეხურიანი შემასუსტებლის გამოყენებას, რომლის საშუალებითაც სპექტრალური ხაზების ინტენსიობა მცირდება საფეხურებით, თავდაპირველი სიდიდიდან სამი რიგით. საანალიზო სინჯებში ელემენტების კონცენტრაციაზე დამოკიდებულებით, სპექტრალური ხაზები შემასუსტებლის ამა თუ იმ რაოდენობის საფეხურზე აღწევენ და სპექტროგრამაზე ინტენსიობის თანდათანობით შემცირებულ მონაკვეთებად იყოფიან. მეთოდის ფარდობითი ცდომილება 30%-ს არ აღემატება,

ხოლო მგრძობიარობა, ელემენტების ფართო წრის განსაზღვრისას (40 ელემენტამდე),  $10^{-4}$ – $10^{-7}$ გ-ს შეადგენს.

ცხრილი 9.5. ქვეფენილ ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული მტვრის სინჯებში ლითონური მიკრომინარეგების შემცველობა, % -ში

მინარევი	სინჯების შეგროვების პუნქტები							
	საქართველო			აზერბაიჯანი		სომხეთი		ჩრდილოეთ კავკასია
	ქალაქის	ზღვისპირა	საქართ. მთიანი	ქალაქის	აზერბ. მთიანი	ქალაქის	სომხეთი მთიანი	
Si	10.1	16.7	15.4	15.8	13.1	9.2	3.6	
Ca	8.9	12.9	31.8	13.4	13.1	29.3	16.0	13.9
Al	2.8	5.7	5.8	2.9	2.1	3.2	2.4	2.7
Mg	3.0	3.3	1.9	3.8	3.5	2.3	5.9	3.1
Fe	2.3	2.4	3.9	1.0	1.1	1.4	1.2	0.8
Mn	0.4	0.2	0.7	0.1	0.2	0.3	0.4	0.1
Sr	0.4	0.2	0.2	0.8	0.5	0.8	0.6	0.2
Ti	0.4	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	0.03	0.2
Ni	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	0.01	0.001
Pb	0.04	0.02	0.04	0.02	0.09	0.02	0.02	0.02
Cr	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.03	-	0.01
V	0.01	0.01	0.01	0.003	0.003	0.004	-	0.004
Zr	0.02	0.003	0.06	0.02	0.003	0.1	-	0.03
Sn	0.01	0.01	0.01	0.003	0.01	0.01	0.001	0.01
Ag	0.01	0.001	0.001	0.001	0.003	-	0.0002	-
Ga	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	-	0.001	0.001
Be	0.001	0.0003	0.0004	0.0002	0.0001	0.0003	0.0002	-

აღნიშნული კვლევების ზოგიერთი მონაცემთა გასაშუალოებული შედეგი ცხრ.9.5-შია მოცემული.

როგორც საანალიზო ცხრილის მონაცემებიდან ირკვევა განსახილველი რეგიონის სხვადასხვა ადგილებში მტვრის ერთი და იგივე მიკრომინარევის შემცველობა პრაქტიკულად ერთნაირი ხარისხისაა, ხოლო დედამიწის ზედაპირზე მოსუ-

ლი მათი აბსოლუტური რაოდენობები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან სინჯების აღების ადგილმდებარეობისაგან დამოკიდებულებით.

მაგალითად, ცხრ.9.6-ში მოტანილი მასალიდან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ საქართველოს სამრეწველო ქალაქებში, აღნიშნული მინარეგების ატმოსფეროდან მოსული რაოდენობა, საშუალოდ, რამოდენიმეჯერ აღემატება ზღვისპირა და მთიან რაიონებში აღრიცხულ მათ სიდიდეებს.

ამაზე განსახილველი ცხრილის ბოლო ორ სვეტში, შესაბამის მონაცემთა შეფარდებების სახით, მოტანილი შეფასებები საკმაოდ მკაფიოდ მეტყველებენ.

ზემომოცემულიდან კარგად ჩანს, რომ ატმოსფერული მტვერი ქიმიური ელემენტების საკმაოდ ფართო სპექტრს შეიცავს, რაც მისი მიკროსტრუქტურის სირთულეზე მეტყველებს. გარდა ამისა, სხვადასხვა რეგიონებიდან მიღებული სინჯების, მიახლოებით, მსგავსი ქიმიური შედგენილობა სამრეწველო წარმოშობის მტვრის ნაწილაკების ჰაერის ნაკადით ერთი ქვეყნიდან მეორეში, ტარანსსასაზღვრო გადატანის არსებობაზე მიუთითებს (ცხრ.9.5). ეს კი, აღნიშნული პროცესების შედეგად, ატმოსფერული ჰაერისა და ქვეფენილი ზედაპირის ფიზიკურ-ქიმიური, ბიოლოგიური და სხვა თვისებების ფართომასშტაბური ცვლილებების შესაძლებლობაზე მეტყველებს.

ამრიგად, შესრულებულ კვლევათა შედეგების თანახმად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ლითონების შემცველობა ნიადაგში ბუნებრივი წარმოშობის “ფონისა” - *ნიადაგის კლარკები* (Clarke F. W., Washington H. S. The Composition of the Earth's Crust // U.S. Dep. Interior, Geol. Surv. 770,518, 1924) და სამრეწველო რაიონებიდან ჰაერის ნაკადით გადმოტანილი და, დალექვის შედეგად ნიადაგში დაგროვილი, სამრეწველო გამოწარმოების პროდუქტებისაგან იქმნება.

ცხრილი 9.6. საქართველოს რეგიონებში მიწის ზედაპირზე მოსული მიკრომინარეკვების რაოდენობა, ტ/კმ<sup>2</sup>წლ

მინარეკვები	რეგიონები			ქაღაქი/ზღვე-პირა	ქაღაქი/საქ.მოი.
	ქაღაქი	ზღვისპირა რაიონები	საქ.მოიანი რაიონები		
Si	14.1	11.7	6.2	1.2	2.3
Ca	12.5	9.0	12.7	1.4	1.0
Al	4.0	4.0	2.3	1.0	1.7
Mg	4.2	2.3	0.8	1.8	5.3
Fe	3.2	1.7	1.6	1.8	2.0
Mn	0.6	0.1	0.3	6.0	2.0
Ti	0.6	0.1	0.1	6.0	6.0
Sr	0.6	0.1	0.1	6.0	6.0
V	0.01	0.01	0.004	1.0	2.5
Cr	0.01	0.01	0.01	1.0	1.0
Zr	0.03	0.002	0.02	15.0	1.5
Pb	0.06	0.01	0.02	6.0	3.0
Ag	0.01	0.001	0.0004	10.0	25.0
Sn	0.01	0.01	0.004	1.0	2.5
Ni	0.04	0.01	0.01	4.0	4.0
Ga	0.004	0.001	0.001	4.0	4.0
Be	0.002	0.0002	0.0002	10.0	10.0

## X. გლობალური ეკოლოგიური მონიტორინგის ასპექტები

### 10.1. გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე ატმოსფეროს დაბინძურების ეფექტების თავისებურებანი

ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენით გამოწვეული კლიმატური ცვლილებების შესწავლა ჯერ კიდევ გასული საუკუნის დასაწყისში გერმანელი მეცნიერის რ. ჰეიგერის მიერ იყო წამოწყებული, რომელმაც მიკროკლიმატისა და ქალაქის კლიმატის ცნებები შემოიღო. ხოლო, დაახლოებით, 1930 წლიდან, კლიმატზე გლობალური ზემოქმედების შესაძლებლობის საშიშროებაზე იქნა მითითებული.

სხვადასხვა რეგიონის კლიმატი ურთიერთკავშირშია და ისინი არა მარტო ლოკალურ, არამედ მაკრომასშტაბურ ფარგლებშიც განიცდიან ანთროპოგენურ ზემოქმედებას.

ამრიგად, მომავალი კლიმატი ბევრად არის დამოკიდებული როგორც ბუნებრივ, ისე ანთროპოგენურ ფაქტორებზე. მეტიც, თანამედროვე ადამიანი ლოკალურ და რეგიონალურ მასშტაბებში ცვლის კლიმატს და არსებობს სერიოზული გამოკვლევები ამ მოვლენის გლობალური ხასიათის შესახებ.

აღნიშნული, უმთავრესად, ნახშირორჟანგისა და მტვრის კონცენტრაციების და ადამიანის სხვადასხვა სამეურნეო საქმიანობის დროს გამოყოფილი სითბური ენერჯის მატებითაა განპირობებული. უკანასკნელს, მსხვილ ქალაქებსა და სამრეწველო რაიონებში გამთბარი შენობების, ქუჩებისა და მოედნების ასფალტის სახით არსებული სითბოს დამატებითი წყაროები ერთვის, რაც ადგილობრივი სითბური “კუნძულების” არსებობას განაპირობებს.

ამის შედეგად ჰაერის ტემპერატურა ქალაქებში მნიშვნელოვნად აღემატება მათ სიდიდეებს გარეუბნებსა და მიმდებარე რაიონებში.

უკანასკნელი წლების განმავლობაში ნახშირორჟანგის გავლენა პლანეტის კლიმატზე მეცნიერთა ფართო მსჯელობის საგანს წარმოადგენს. ცნობილია, რომ ეს გავლენა გამოიხატება ე.წ. “სათბურის ეფექტის” წარმოქმნაში, რის შედეგად მნიშვნელოვანი ზემოქმედება ხდება ჰაერის გლობალური ტემპერატურის მატებაზე.

სხვადასხვა მოდელის დახმარებით, რიგი მეცნიერის მიერ წარმოებული შეფასებები მეტყველებენ იმაზე, რომ ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის 2-დან 25%-მდე მატების შედეგად პლანეტის საშუალო ტემპერატურა  $0.5-2.5^{\circ}\text{C}$  -ით გაიზრდება. ხოლო ამ მინარევის არსებული კონცენტრაციის გარკვევებისას, რასაც 2100 წლისათვის უნდა ველოდოთ, აღნიშნული ტემპერატურის მატება  $1.5-6^{\circ}\text{C}$ -ს მიაღწევს.

ნახშირორჟანგის მინარევებისაგან განსხვავებით, აეროზოლების კონცენტრაციების მატება ატმოსფეროში ტროპოსფეროსა და ქვეფენილი ზედაპირის ჰაერის გაცივებას იწვევს. არსებული კვლევების შედეგებმა შექმნა საერთო აზრი იმის თაობაზე, რომ მტვრის კონცენტრაციის მომატებამ ატმოსფეროში ჩვენი პლანეტის გაცივების პროცესები შეიძლება გამოიწვიოს.

დადგენილია, რომ ატმოსფეროს გამტვრიანების მატება იწვევს პლანეტარული ალბედოს ზრდას, რაც, თავის მხრივ, მზის შთანთქმული რადიაციისა და, მაშასადამე, საშუალო გლობალური ტემპერატურის შემცირებას განაპირობებს.

გამოკვლევებმა გამოავლინა, რომ 1950-1970 წლებში ანთროპოგენური აეროზოლების კონცენტრაციების მატებამ ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში, საშუალო გლობალური პირობისთვის, პირდაპირი რადიაცია დაახლოებით 6%-ით, ხოლო ჯამური რადიაცია 0.5% - ით შეამცირა. აღნიშნულია, რომ ჯამური რადიაციის ასეთი შემცირება, შთანთქმის ეფექტის გათვალისწინებით, მიწისპირა საშუალო გლობალური ტემპერატურის, დაახლოებით,  $0.5^{\circ}\text{C}$  -ით შემცირებას იწვევს. ამან კი, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ჰაერის ტემპერატურა, დაახლოებით,  $0.3^{\circ}\text{C}$ -ით შეამცირა. მაგრამ ატმოსფეროს დაბინძურების გავლენა უფრო მწვავედ ქალაქებისა და მისი გარეუბნების კლიმატზე აღინიშნება.

ნახშირორჟანგისაგან განსხვავებით, გამტვრიანების მატება არა მარტო მოსული რადიაციის ცვლილებებს იწვევს, არამედ იგი რეგიონულ მასშტაბში ნალექების წარმოქმნის პროცესებზე და მათ რეჟიმზე, ნისლიანობისა და ღრუბლიანობის განმეორებადობაზე ახდენს მნიშვნელოვან გავლენას.

ურბანიზაციის გავლენით რიგი მეტეოროლოგიური ელემენტების განმეორებადობის ცვლილებების კვლევის შედეგები საშუალებას იძლევიან დავასკვნათ, რომ ამინდის გაუ-

არესების სიხშირის მკვეთრი მატება ძირითადად გამოწვეულია ატმოსფეროს დაბინძურების ნეგატიური გავლენით.

მაგალითად, ქ. ბომბეში (ინდოეთი) და მის შემოგარენში მრეწველობის სწრაფ ზრდას ნალექების, დაახლოებით, 15% მატება მოჰყვა, ხოლო აშშ-ს ქალაქების სენტლუისის, ჩიკაგოს, კლივლენდის, დეტროიტის, ვაშინგტონის, ჰიუსტონის, ინდიეპოლისის, ტალსისა და ნიუ-ორლეანის ქარხურგარეონებსა და შემოგარენში ნალექების წლიურმა ჯამმა 5 - 30% -ით მოიმატა. ამასთან, 15-30% -ით გაიზარდა ელექტიანი და სეტყვიან დღეთა რიცხვიც. გარდა ამისა, აღსანიშნავია, რომ ატმოსფეროს ძლიერად დამაბინძურებელ სამრეწველო წყაროების გავლენა ამინდზე, მათგან ქარის მიმართულებით 500კმ-ის დაშორებითაც კი, მკაფიოდ აღინიშნებოდა.

ამრიგად, ნათელია, რომ ქალაქების საჰაერო აუზის დაბინძურებით გამოწვეული კლიმატის ლოკალური და რეგიონული ცვლილებები სულ უფრო მატულობენ და დებულობენ მრავალსახოვან ხასიათს, რაც მის კვლევას აქტუალურ პრობლემად ხდის.

## **10.2. ატმოსფეროს გლობალური გამტვრიანების შეფასების ძირითადი მეთოდები**

ატმოსფეროს გლობალური გამტვრიანების უშუალო შესწავლა მნიშვნელოვან სიძნელეებთანაა დაკავშირებული. ეს გამოწვეულია ძირითადად იმით, რომ მტვრის კონცენტრაციისა და მისი დედამიწის ზედაპირზე მოსული რაოდენობის გაზომვის მასალები ატმოსფეროს გამტვრიანების გლობალური ეფექტების შეფასების საშუალებას არ იძლევიან, ვინაიდან მიწისპირა გაზომვები, ძირითადად, ლოკალური ფაქტორებითაა განპირობებული.

სიმაღლის მიხედვით აეროზოლების განაწილების მასალები, განსაკუთრებით კი მათი წონითი სიდიდეების შესახებ ძალზე მწირია, ხოლო გაზომვის სიზუსტე დაბალი მნიშვნელობისაა. ამიტომ, ატმოსფეროს გლობალური გამტვრიანების შესასწავლად ატმოსფეროს ვერტიკალურ სვეტში აეროზოლების ინტეგრალური შემცველობის განსაზღვრის არაპირდაპირ მეთოდებს ენიჭებათ დიდი მნიშვნელობა.

ატმოსფეროს ელექტროგამტარობის გაზომვა ერთ-ერთ ასეთ მეთოდს წარმოადგენს.

ცნობილია, რომ  $2 \cdot 10^{-3}$  -10 მკმ ზომების ნაწილაკთა რაოდენობის მატება ატმოსფეროში მის ელექტროგამტარობას უნდა ამცირებდეს.

ამასთან დაკავშირებით, მე XX-ე საუკუნის დასაწყისში (1910-1929წწ) და 1967 წელს, დედამიწის ორივე ნახევარსფეროში: ატლანტის, ინდოეთისა და წყნარი ოკეანეების სხვადასხვა რაიონში ატმოსფერული ჰაერის გამტარობის გაზომვათა შედეგების ურთიერთშედარების მონაცემები განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებენ. ამ მონაცემების შეპირისპირებით, ჩრდილო ატლანტაში და ინდოეთის ოკეანეში, განსახილველ პერიოდში, ჰაერის გამტარობის შემცირება 20 და 40%-ით, შესაბამისად, იქნა გამოვლენილი. ამასთან, ჰაერის ელექტროგამტარობა ჩრდილო ატლანტაში 40%-ით ნაკლები აღმოჩნდა ვიდრე წყნარი ოკეანეს სამხრეთ ნაწილში. გარდა ამისა, ადამიანის მოღვაწეობასთან დაკავშირებული, ატმოსფეროს დაბინძურების მძლავრი წყაროების ქარზურგა მხარეებში ჩატარებული გაზომვების შედეგები საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ ისეთი არეების არსებობაზე, სადაც პირველი გაზომვებიდან 50 წლის შემდეგ ჰაერის გამტარობა 2-3 ჯერ შემცირდა. ასეთი არეებია: ჩრდილო ატლანტა, აშშ-დან ჩრდილო-აღმოსავლეთით; იაპონიიდან აღმოსავლეთით მდებარე, წყნარი ოკეანეს ჩრდილოეთი ნაწილი და აზიის კონტინენტიდან სამხრეთით მდებარე, ინდოეთის ოკეანეს ჩრდილოეთი ნაწილი.

წარმოდგენილი მონაცემები მოწმობენ იმაზე, რომ აეროზოლების ბალანსი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მნიშვნელოვნად მატულობს და ამაში, ძირითადად ადამიანის სულ უფრო გაძლიერებული სამეურნეო მოღვაწეობის შედეგად, მთავარი როლი კონტინენტს ეკუთვნის.

კარგადაა ცნობილი, რომ ატმოსფეროს მტვრის მინარევით დაბინძურების შეფასებისას, დედამიწის ზედაპირამდე მოღწეული სხივური ენერგიის რაოდენობის ცვლილება, როგორც ატმოსფეროს გამტვრიაების ფუნქცია, მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს. ეს განპირობებულია ხილვადი სინათლის ტალღის სიგრძის ზომის მტვრის ნაწილაკების მიერ დედამიწის ზედაპირამდე მოღწეული სხივური ენერგიის



რაოდენობის შემცირებით, მათი გაბნევის შედეგად. გარდა ამისა, აღნიშნული ნაწილაკები გრძელტალღიან, ინფრაწითელ გამოსხივებაზეც გარკვეულ გავლენას ახდენენ.

მზის რადიაციაზე მრავალწლიურ დაკვირვებათა მასალის გამოყენებით, რიგ მეცნიერთა მიერ შესრულებულია ატმოსფეროს გლობალური გამტვრიანების შეფასება.

აღნიშნულ გამოკვლევებში მოცემულია ატმოსფეროს რადიაციულ და თერმულ რეჟიმზე აეროზოლთა გავლენის შეფასებების რაოდენობრივი კრიტერიუმები. მაგრამ, მათ მიერ მიღებული შედეგების ინტერპრეტაციაში გარკვეული სიძნელეები აღინიშნება. ისინი, უმთავრესად, დაკავშირებულია გამოყენებულ ფორმულებში, როგორც წესი, მხოლოდ ერთი ინტეგრალური პარამეტრის, მაგალითად, ატმოსფეროს გამჭვირვალობის კოეფიციენტის ან სიმღვრივის ფაქტორის არსებობით. ამასთან, რადიაციული გადატანის ძირითადი განმსაზღვრელი სუბსტანციის - აეროზოლებისა და წყლის ორთქლის გავლენათა დაყოფაც კი, მნიშვნელოვან სიძნელეს წარმოადგენს. ამასთან აღსანიშნავია, რომ მყარი აეროზოლებისათვის მნიშვნელოვანი გაბნევა, ხოლო წყლის ორთქლისა და გაზებისათვის კი, რადიაციის შთანთქმა არის დამახასიათებელი.

თუ განვიხილავთ მონაცემებს მხოლოდ გაბნეულ რადიაციაზე, რომელიც ატმოსფერულ მტვერთანაა შედარებით უფრო მჭიდროდ დაკავშირებული, ამ შემთხვევაშიც კი მხოლოდ ერთი ინტეგრალური პარამეტრის მოძიების შესაძლებლობა გვექნება. ამასთან, პირდაპირსა და გაბნეულ რადიაციებზე ერთდროულ დაკვირვებათა მონაცემების განხილვა, გამბნევი და შთანთქმელი კომპონენტების როლის შეფასებისა და დაყოფის უფრო უკეთეს შესაძლებლობას ქმნის.

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ პირდაპირი და გაბნეული რადიაციების თანაფარდობათა შესახებ მიღებული ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავების შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ატმოსფეროს სითბური რეჟიმისა და მასში რადიაციის გამბნევი და მშთანთქმელი სუბსტანციების შემცველობის შესაფასებლად.

აღნიშნული თანაფარდობა, აგრეთვე, შეიცავს ინფორმაციას, რომელიც სისტემის დედამიწა - ატმოსფერო საერთო

გაცივებაზე ან დათბობაზე მოქმედი ეფექტების შეფასების საშუალებას იძლევა.

### 10.3. გლობალური კლიმატის ცვლილებაზე სათბურის აირების ზემოქმედების საკითხები

ატმოსფერული ნახშირორჟანგი, მინის ან ცელოფანის ფენის მსგავსად, მზის მოკლეტალღიან გამოსხივებას დაუბრკოლებლად ატარებს, ხოლო დედამიწიდან არეკვლილ სითბურ - გრძელტალღიან გამოსხივებას აკავებს.

აღნიშნული მოვლენა, რომელიც “სითბური” ან “სათბური ეფექტის” სახელწოდებითაა ცნობილი, უშუალოდ ატმოსფეროს სითბურ ბალანსზე ახდენს ზემოქმედებას.

ამრიგად, დედამიწიდან არეკვლილი გრძელტალღიანი სითბური სხივების შეკავების შედეგად დედამიწის ატმოსფერო, როგორც მოდელური გაანგარიშებებით დასტურდება, დათბობას განიცდის.

ამაზე თანამედროვე მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მასალებიც მეტყველებენ.

ატმოსფერო ბუნებრივ პირობებში მთლიანად  $5,6 \cdot 10^{19}$  ტ ნიუთიერებას შეიცავს, რომელიც აირების, წყლის ორთქლის და სხვა აეროზოლური ნაწილაკებისაგან შედგება.

მათი 98% დედამიწის ზედაპირიდან 30კმ სიმაღლემდე მდებარეობს. ხოლო ატმოსფეროს მთელი მასის ნახევარზე მეტს მისი ქვედა 5-6 კმ ფენა შეიცავს. ამ არეში აირები კარგადაა შერეული და ძირითადად აზოტისაგან (მშრალი ატმოსფეროს 78%), ჟანგბადისაგან (21%), არგონისაგან (0,94%) და ნახშირორჟანგისაგან (0,03 %) შედგება. გარდა ამისა, ატმოსფერო, აგრეთვე, სხვა აირების მიკრომინარეებს და აეროზოლურ ნაწილაკებს შეიცავს.

მაგრამ დედამიწის ატმოსფერო ყოველთვის ასეთი არ ყოფილა. მისი ფორმირება, დაახლოებით, 4500 მილიონი წლის უკან დაიწყო და, დაახლოებით, 2000 მილიონი წლის შემდეგ, მწვანე მცენარეულობის, ფოტოსინთეზისა და ცხოველთა სამყაროს წარმოქმნის შედეგად, ნახშირორჟანგი, წყლის ორთქლთან ერთად, ატმოსფეროს შემადგენლობაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, როგორც დედამიწის სითბოს მარეგულირებელი აირი.

თანამედროვე გამოკვლევებით დადგინდა, რომ, დაახლოებით, უკანასკნელი 200 ათასი წლის განმავლობაში ამ აირის კონცენტრაცია ატმოსფეროში მოცულობის ერთეულის  $180 \cdot 10^{-6}$ -დან  $290 \cdot 10^{-6}$  ნაწილამდე მატულობდა, რომელსაც მან მე-XVIII საუკუნის ბოლოსათვის მიაღწია. ამასთან ჰაერის საშუალო გლობალური ტემპერატურაც, შესაბამისად, დაახლოებით,  $(-6,5) - 0,2^{\circ}\text{C}$  ფარგლებში იცვლებოდა.

უნდა ითქვას, რომ ეს ცვლილება არც თუ ისე გამართულად მიმდინარეობდა. ამ პერიოდის განმავლობაში ხშირი იყო  $\text{CO}_2$ -ის კონცენტრაციების მომატებისა და შემცირების ტენდენციების არსებობა, ჰაერის საშუალო გლობალური ტემპერატურის შესაბამისი ცვლილების თანხლებით.

აღსანიშნავია, რომ  $\text{CO}_2$  არის მთავარი, მაგრამ არა ერთადერთი სათბურის ეფექტის წყარო, ანუ დედამიწის სითბოს მარეგულირებელი აირი თანამედროვე ატმოსფეროში.

აღამიანთა გაძლიერებული სამეურნეო მოღვაწეობა უკანასკნელი საუკუნის განმავლობაში ატმოსფეროს შედგენილობის ცვლილების ძირითადი მიზეზი გახდა. ამასთან, ენერჯის წარმოებას და მის მოხმარებას ენიჭება მთავარი როლი. მსოფლიოში წარმოებული  $\text{CO}_2$ -ის რაოდენობის 2/3-ზე მეტი, მეთანის ემისიის დაახლოებით 1/3 ნაწილი და აზოტის ქვეჟანგის ემისიების 85%-ზე მეტი ენერჯის სექტორზე მოდის. ხოლო ატმოსფეროს ქვედა ფენაში ოზონის მატების ძირითად წყაროდ ავტოტრანსპორტში ბენზინის წვის შედეგად გამოყოფილი აირებია მიჩნეული.

ცხრ.10.1-ში მოცემულია სათბურის აირების ზოგიერთი მახასიათებლები, რომლებიც წინაინდუსტრიულ პერიოდთან შედარებით (დაახლოებით, 1750წ), ამ აირების კონცენტრაციების მნიშვნელოვან მატებაზე მეტყველებენ. მაგალითად, ნახშირორჟანგის საშუალო წლიური კონცენტრაციის სიდიდემ ატმოსფეროში მე XX-ე საუკუნის ბოლოსთვის მოცულობის ერთეულის  $354 \cdot 10^{-6}$  ნაწილის ტოლ სიდიდეს მიაღწია. ეს კი, განსახილველ პერიოდში ამ ნივთიერების, დაახლოებით, 30%-ით მატებაზე მეტყველებს, რაც, უმთავრესად, მსოფლიო ინდუსტრიის განვითარებით აიხსნება.

ასევე, აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ მნიშვნელოვნად მცირდება დედამიწაზე არსებული ტყისა და მინდვრის

მწვანე საფარის ფართობები, რომლებიც CO<sub>2</sub>-ის შთანთქმის ერთ-ერთ ძირითად წყაროდ გვევლინება.

ცხრილი 10.1 სათბურის ეფექტის მქონე აირების მახასიათებლების მნიშვნელობები

მახასიათებლები	აირები			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	O <sub>3</sub>
ატმოსფეროში სიცოცხლის ხანგრძლივობა	50-200წლ	7-10წლ	150წლ	საათ-ებ-დღეები
სათბურ ეფექტში მონაწილეობა, %	53	13	6-7	8
კონცენტრაცია: წინაინდუსტრ.; მე XX-ე ს. ბოლოს	275 ppmv 354 ppmv	0.7ppmv 1.7ppmv	228 ppbv 310 ppbv	15 ppbv 35 ppbv

შენიშვნა: ppmv-მოცულობის ერთეულის 10<sup>-6</sup> ნაწილი;  
ppbv-მოცულობის ერთეულის 10<sup>-9</sup> ნაწილი.

დადგენილია, რომ ყოველწლიურად ერთი ჰექტარის ფართობის ფოთლოვანი ტყე CO<sub>2</sub>-ის 2240კგ-ს გადაამუშავებს, ხოლო მთელი მსოფლიოს მწვანე საფარი ყოველწლიურად 550·10<sup>9</sup>ტ ნახშირორჟანგს შთანთქავს.

უნდა ითქვას, რომ ჯერ კიდევ არაა შემუშავებული საყოველთაოდ მიღებული საანგარიშო სქემა, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა საკმარისი სიზუსტით შეგვეფასებინა ანთროპოგენური ზემოქმედებით გამოწვეული გლობალური კლიმატის ცვლილებები. მიუხედავად ამისა, არსებული კვლევების შედეგებმა შექმნა საერთო აზრი იმის თაობაზე, რომ დედამიწა ამჟამად დათბობის პერიოდში იმყოფება.

ამრიგად, როგორც ჩანს, უკანასკნელ საუკუნეებში ადამიანის მოღვაწეობის გააქტიურება ატმოსფეროს შედგენილობის ცვლილების ძირითადი მიზეზი გახდა. ხოლო ეს თანდათანობით, წლების განმავლობაში, ატმოსფეროს შემადგენელი აირებისა და მისი მინარევების ახალი გლობალური ბალანსის წარმოქმნას უწყობს ხელს, რაც, თავის მხრივ, დედამიწის ახალი კლიმატურისა და ეკოლოგიური რეჟიმის შექმნას განაპირობებს.

#### 10.4. ოზონის ხვრელი

უკანასკნელ ათწლეულებში, სავარაუდოდ ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად, დედამიწის ატმოსფეროს ზედა ფენაში - სტრატოსფეროში, ოზონის შემცველობის მკვეთრი შემცირების ფენომენი გაძლიერდა. ამ მოვლენამ მეცნიერთა აღშფოთება გამოიწვია იმის გამო, რომ სტრატოსფერული ოზონი დედამიწის ზედაპირს მზის მოკლეტალღიანი - ულტრაიისფერი გამოსხივებისგან იცავს. ხოლო ოზონის საფარის შეთხელების შედეგად იზრდება დედამიწის ზედაპირზე მოხვედრილი ულტრაიისფერი გამოსხივების ინტენსიობა, რაც თავის მხრივ, უარყოფითად მოქმედებს როგორც არაცოცხალ, ისე ცოცხალ ბუნების სამყაროზე, ადამიანის ჩათვლით.

ოზონის ხვრელი დიამეტრით 1000 კმ პირველად აღმოაჩინეს 1986 წელს სამხრეთ ნახევარსფეროში ანტარქტიკის თავზე. იგი ჩნდებოდა ყოველ აგვისტოს, ხოლო დეკემბერში ან იანვარში კი ქრებოდა. ამასთან, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში არქტიკის თავზე ჩნდებოდა მეორე ხვრელი, თუმცა გაცილებით მცირე ზომებით.

დადგენილია, რომ სტრატოსფერული ოზონის დაშლა გამოწვეულია ჰალოგენების შემცველი ორგანული ნაერთების: ქლორ-ფტორ-ნახშირწყალბადების (ქფნ-ები), ქლორ-ბრომ-ნახშირწყალბადებისა და ჰალონების ატმოსფეროში მოხვედრით.

ამ ნივთიერებათა წარმოება მეოცე საუკუნის ოციანი წლებიდან დაიწყო. ისინი გამოიყენება როგორც იდეალურად უსაფრთხო მაცივარაგენტები, დეზოდორანტების შემავსებლები, ელექტრომოწყობილობის გამწმენდები, ცეცხლჩამქრობი ნივთიერებები, მცენარეთა დაცვის საშუალებები. ითვლება, რომ ატმოსფეროში მოხვედრილი მათი მოლეკულები ათწლეულების განმავლობაში არ იშლებიან და აღწევენ სტრატოსფერომდე, სადაც მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების ზეგავლენით იშლებიან და ქლორის ატომებს გამოყოფენ. ეს უკანასკნელი კი შემდგომ მუშაობს, როგორც ოზონის მოლეკულების დაშლის კატალიზატორი. ამასთან, ითვლება, რომ თითო მოლეკულა ქლორ-ფტორ-ნახშირბადი ასი ათასამდე ოზონის მოლეკულას შლის.

ოზონს - აირს, რომელიც განსაზღვრავს დედამიწის ატმოსფეროში მზის რადიაციის შთანთქმის ხასიათს, ატმოსფერო მცირე რაოდენობით შეიცავს. მისი ძირითადი მასა ატმოსფეროში მოთავსებულია ოზონსფეროში - ფენაში, რომელიც განლაგებულია 10-50 კმ სიმაღლეზე. ოზონის წარმოქმნა და ატმოსფეროში სიმაღლის მიხედვით მისი განაწილება კარგად აიხსნება ფოტოქიმიური თეორიით.

ოზონი ყველაზე მეტად 2900 Å -ზე უფრო მოკლე ტალღის სიგრძის მქონე რადიაციას შთანთქავს, ამიტომ რადიაციის ბიოლოგიურად ყველაზე აქტიური ნაწილი არ აღწევს დედამიწის ზედაპირს. რადიაციის შთანთქმის გამო ოზონის ფენის ტემპერატურა მატულობს, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ატმოსფეროს სითბურ რეჟიმზე.

ატმოსფეროს (ბერძულად „ἀτμός-ატმოს“- ორთქლი, ჰაერი, “σφαῖρα -სფერა“ - სფერო) - დედამიწის ჰაერის გარსის სისქე 3000 კილომეტრია. აქ გამოიყოფა 3 ფენა: ტროპოსფერო 7-18კმ; სტრატოსფერო - 50კმ-მდე; მეზოსფერო - 85 კმ-მდე; თერმოსფერო - 300კმ; 600-1000 კმ-ის ზემოთ კი, ეკზოსფეროა. 50კმ სიმაღლეზე ოზონის კონცენტრაცია შეინიშნება – ოზონოსფერო.

ატმოსფეროს შემადგენელი აირები კოსმოსიდან შეხედვისას დედამიწას ცისფერ შეფერილობას აძლევენ.

ატმოსფერო - დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობის უმთავრესი პირობაა. მისი ქვედა საზღვარი დედამიწის ზედაპირია, ხოლო ზედა, პირობითად, 2000-3000 კმ-მდე ვრცელდება. ასეთ სიმაღლეზე ჰაერი ძალზე გაიშვიათებულია.

სიმაღლეზე ტემპერატურის, სიმკვრივისა და სხვა თვისებების ცვალებადობის მიხედვით დედამიწის ჰაერის გარსი რამდენიმე ნაწილად იყოფა: ატმოსფეროს ქვედა ნაწილის - ტროპოსფეროს - სიმაღლე, საშუალოდ, 10-12 კილომეტრია. ატმოსფეროში არსებული აირების 80% ტროპოსფეროზე მოდის. ამიტომ ის ყველაზე მკვრივი ფენაა. სწორედ აქაა მოყრილი ატმოსფეროს მთელი წყლის ორთქლი. აქ წარმოიქმნება ღრუბლები, წვიმის წვეთები და თოვლის ფიფქები, ადგილი აქვს ჭექა-ქუხილს, ყალიბდება ამინდი და სხ.

სიმაღლის მატებასთან ერთად ტროპოსფეროში ჰაერის ტემპერატურა კლებულობს.

ტროპოსფეროს ზევით სტრატოსფერო (ლათინურად „stratum“- ფენა), რომელიც, დაახლოებით, 40-50 კმ-ის სიმაღლემდე ვრცელდება. აქ თავმოყრილია ატმოსფერული აირების მხოლოდ 20%. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ოზონის შრე (20-25 კილომეტრზე), რომელიც შთანთქავს სიცოცხლისათვის ძალზე საშიშ ულტრაიისფერ სხივებს.

როგორც აღინიშნა, ბოლო დროს შეინიშნება ოზონის შრის რღვევა, რაც დიდ საშიშროებას უქმნის ცოცხალ ორგანიზმებს და, ძირითადად, დაკავშირებულია ატმოსფეროს დაბინძურებასთან.

კიდევ უფრო ზედა ფენებს მეზოსფეროს უწოდებენ.

ატმოსფეროს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობისათვის. აირის ფენები დედამიწის ზედაპირზე არ უშვებს მეტეორიტებს, ოზონის ეკრანი იცავს გამოსხივებისაგან, ჟანგბადის გარეშე წარმოუდგენელია სიცოცხლის არსებობა და წვა. ნახშირორჟანგი სითბური ეკრანია, ის იკავებს დედამიწისგან გამოსხივებულ სითბოს და მცენარეებში მიმდინარე ფოტოსინთეზის პროცესებში აუცილებელ კომპონენტს წარმოადგენს. წყლის ორთქლი უზრუნველყოფს ნალექების წარმოშობას, მტვრის ნაწილაკები კი წყლის ორთქლის კონდენსაციის უმცირეს ბირთვებს წარმოადგენენ.

ულტრაიისფერი გამოსხივების დონე დღეს ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე 50 ან 100 წლის წინათ. ამას ოზონის შრის გამოფიტვა, ანუ ე.წ. “ოზონის ხვრელის” არსებობა იწვევს. ოზონის შრის შემცირების შედეგად მეტი ულტრაიისფერი გამოსხივება აღწევს დედამიწამდე.

ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ატმოსფეროში დაცულია ბალანსი ოზონის წარმოქმნასა და დაშლას შორის, რაც ოზონის შრის მუდმივობის შენარჩუნებას უწყობს ხელს. მაგრამ ისეთი გარეშე ფაქტორების ზემოქმედების გამო, როგორცაა ჰაერის დაბინძურება სამრეწველო გამონაბოლქვით, ეს ბალანსი ირღვევა და უფრო მეტი ოზონი იშლება, ვიდრე წარმოიქმნება, რასაც შედეგად ოზონის შრის გამოფიტვა სდევს.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ოზონის შრის სისქე ციკლურად იცვლება. პოლარული გაზაფხულის დაწყების პერიოდში ოზონის რაოდენობა - 10, ხანდახან 30%-ითაც კი,

მცირდება; მაგრამ ზაფხულის დადგომისას ოზონის შრე რეგულარულად მატულობს და მეტნაკლებად პირვანდელ, ნორმალურ მაჩვენებელს უბრუნდება.

სეზონური ცვლილებები ოზონის შრეში ყოველთვის დაიკვირვებოდა. ატმოსფეროს საკუთარი დინამიკა ახასიათებს. გარდა ამისა, განსხვავებულია ოზონის შრის სისქე განედების მიხედვითაც: ტროპიკებში ოზონის შრე ყოველთვის უფრო სქელია, ვიდრე პოლუსებზე.

ეს თავისებურება ოზონის შრის გამოფიტვის სურათზეც დაიკვირვება: ეკვატორის გასწვრივ ოზონის შრე ყველაზე ნაკლებადაა დაზიანებული, მაშინ როდესაც პოლუსებზე ის ყველაზე მნიშვნელოვნად არის შემცირებული.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ოზონის შრე ბუნებრივი ეკრანია და იცავს დედამიწას მავნე ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან. ოზონის შრის შემცირებისას პროპორციულად იზრდება ულტრაიისფერი გამოსხივების რაოდენობა, რომელიც დედამიწას აღწევს და მასზე არსებული სიცოცხლის ყველა ფორმისათვის არის სახიფათო. ასე მაგალითად, მომატებული ულტრაიისფერი გამოსხივება აზიანებს პლანქტონს, რომელიც თავის მხრივ თევზებისა და ზღვის ძუძუმწოვრების საკვებს წარმოადგენს და მათ არსებობას საფრთხეს უქმნის.

ულტრაიისფერი გამოსხივების გაზრდა საზიანოა თვალებისათვის და ადამიანებში კატარაქტას იწვევს. შეიძლება კიდევ მრავალი სხვა მაგალითის დასახელება, მაგრამ რადიაციის ყველაზე უფრო საფრთხის შემცველი შედეგია კანის სიმსივნე. სტატისტიკის მიხედვით, ოზონის შრის 10%-ით შემცირება კანის სიმსივნით დაავადებების 26%-ით მატებას იწვევს.

## **10.5. ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის შემცველობის მონიტორინგი**

მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის დაკვირვების სადგურებზე ნახშირორჟანგის კონცენტრაციების გაზომვის ორი მიდგომა გამოიყენება:

ერთ-ერთი მათგანი კონცენტრაციების გაზომვებს უშუალოდ საკვლევ პუნქტებზე ითვალისწინებს. მისი ძირითადი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ საანალიზო ჰაერის შეწოვა



მიღების საშუალებით პირდაპირ ინფრაწითელ გაზურ ანალიზატორში წარმოებს.

გარდა ამისა, არსებობს მიდგომა, რომელშიც საველე პირობებში არსებულ დიდი რაოდენობის სადგურებზე, საანალიზო ჰაერის სინჯებს სტანდარტულ მოცულობაში ათავსებენ, ლაბორატორიებში მათი შემდგომი ანალიზის მიზნით. ამასთან, შესაძარი მნიშვნელობების მისაღებად აუცილებელია დაკვირვებათა სადგურებზე CO<sub>2</sub>-ის ანალიზატორების რეგულარული დაკალიბრების წარმოება ეტალონური აირების გამოყენებით. გარდა ამისა, რამდენადაც წყლის ორთქლისა და CO<sub>2</sub>-ის შთანთქმის ხაზები სპექტრის ინფრაწითელ არეში ერთმანეთს ნაწილობრივ ფარავენ, საანალიზოდ შერჩეული ჰაერის სინჯები კარგად უნდა იყოს გამომზარალი.

როგორც ცნობილია, ინფრაწითელი ანალიზატორების მოქმედება დაფუძნებულია ბუგერ-ლამბერტ-ბერის კანონზე, რომელიც შემდგენიარად შეგვიძლია გამოვსახოთ:

$$I(\lambda) = \beta(\lambda) I_0(\lambda) e^{[-k(\lambda)cd]} \quad , \quad (10.1)$$

სადაც  $k(\lambda)$  – შთანთქმის მაჩვენებელი,  $c$  - მშთანთქავი ნივთიერების კონცენტრაცია (სუფთა ნივთიერებისათვის  $c=1$ ),  $d$  - მშთანთქავი ფენის სისქე,  $I_0(\lambda)$  - კიუვეტაზე ვარდნილი  $\lambda$  ტალღის სიგრძის გამოსხივების ნაკადი, ხოლო  $\beta(\lambda)$  - კოეფიციენტი, რომელიც გამოსხივების დანაკარგებს ითვალისწინებს. ვინაიდან ინფრაწითელი ანალიზატორები ეტალონსა და სასინჯ აირებს შორის კონცენტრაციათა სხვაობებს აღრიცხავს, მათი სიზუსტე ბევრად არის დამოკიდებული ეტალონ აირის კონცენტრაციის განსაზღვრის სიზუსტეზე.

საკვლევი მინარევების კონცენტრაციათა ველების რთული სივრცულ-დროითი განაწილების დასახასიათებლად ზემომოტანილი გაზომვები ხშირად არადაამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდება. ამის გამო მონიტორინგის ქსელში გაზომვების დისტანციური მეთოდების გამოყენება ხდება მიზანშეწონილი (ცხრ.10.2).

განსახილველ ცხრილში მოტანილია სათბურის აირების კონცენტრაციების გასაზომად მიღებული დისტანციური

მეთოდების ყველაზე უფრო პერსპექტიული მიმართულებები. მათ სხვადასხვა პარამეტრის მქონე ელექტრომაგნიტური გამოსხივების აღრიცხვა ედება საფუძვლად. ამასთან ტალღების ძალზე ფართო დიაპაზონი გამოიყენება, მათ შორის: - დაწყებული სანტიმეტრებისა (რადიოდიაპაზონი) და დამთავრებული -  $10^{11}$ -სმ - მდე დიაპაზონით (\*-სხივები), რაც ხილვად, ულტრაიისფერ და ინფრაწითელ გამოსხივებებს მოიცავს.

ცხრილი 10.2. სათბურის აირების დისტანციური მონიტორინგის სპექტრომეტრიული მეთოდების პარამეტრები

საკვლევი ნივთიერება	აქტიური მეთოდები		პასიური მეთოდები			
	აბსორბციული		მზის გამოსხივების სპექტრომეტრია		რადიომეტრია	
	ინტერალური: ტრასა 0,5-5კმ	დიფერენციული	ინტერალური	დიფერენციული	ინტერალური	დიფერენციული
CO <sub>2</sub>	+	-	+	+	-	-
N <sub>2</sub> O	+	-	+	+	+	+
CH <sub>4</sub>	+	-	+	+	-	-
O <sub>3</sub>	+	+	+	+	+	+
SO <sub>2</sub>	+	-	+	+	-	+
NO <sub>2</sub>	+	-	+	+	+	+
NO	+	+	+	+	-	+
CO	+	+	+	+	+	-

თავისი ფიზიკური პარამეტრებისა და შესაძლებლობების მიხედვით სათბურის აირების დისტანციური კონტროლის მეთოდები ორ დიდ ჯგუფად დაიყოფიან:

1. აქტიური მეთოდები, რომლებშიც ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროდ ოპტიკური ქვანტური გენერატორები - ლაზერები გამოიყენება;

2. პასიური მეთოდები. მათში გამოსხივების წყაროდ მზე ან თვითონ საკვლევი აირი გვევლინება.

ლაზერული წყაროები გამოსხივების მაღალი სპექტრალური სიმძლავრით, მონოქრომატურობით (გენერაციის ხაზების სიგანე 10-100 კმ-ის ფარგლებში), სიხშირის მაღალი სტაბილურობით გამოირჩევიან ( $10^{10}$  -ზე ნაკლები). სხვადასხვა ლაზერის გენერაციის დიაპაზონი 0.2-500 მკმ-ის ფარგლებში ვრცელდება. მაგრამ შთანთქმის დამახასიათებელი სპექტრების გამოსაყოფად ძალზე მოსახერხებელია ინფრაწითელი დიაპაზონი (მონაკვეთი 3-30 მკმ-ს ფარგლებში).

ფიზიკური პროცესების სახეობის მიხედვით აქტიურ მეთოდებში აბსორბციული, კომბინაციური გაბნევისა და რეზონანსური ფლუორესცენციის მეთოდები გამოიყოფა.

პრაქტიკაში შედარებით მარტივად აბსორბციული მეთოდი გამოიყენება, რომელშიც გაზომვები ატმოსფეროს დიდ ტრასაზე სამიზნედან ანარეკლის მიღებით წარმოებს. ამ მეთოდს ორი ნაირსახეობა გააჩნია: ინტეგრალური და დიფერენციალური. პირველ შემთხვევაში ნივთიერების ინტეგრალური შემცველობა განისაზღვრება ტრასაზე, რომლის ერთ ბოლოში, როგორც წესი, გამოსხივების წყარო და მიმღები სისტემა, ხოლო მეორეში არეკლის ობიექტი (სარკე, ტოპოგრაფიული ობიექტი) არის განლაგებული.

მეორე შემთხვევაში (ლიდარული მეთოდი) არეკლის ობიექტად ატმოსფერული აეროზოლი გამოიყენება. ლაზერული ლიდარულ სისტემაში იმპულსურ რეჟიმში მუშაობს.

როგორც ცხრ.10.2-შია მოცემული, პასიურ მეთოდებს შორის მზის გამოსხივების სპექტრომეტრია არის აღსანიშნავი.

მზის სპექტრომეტრიაში მიწისპირა დაკვირვებების პირობებში, როგორც წესი, დაბალი და საშუალო შერჩევითუნარიანობის მქონე აპარატურა გამოიყენება. მათი საშუალებით ატმოსფეროს ვერტიკალურ სვეტში ძლიერად მშთანთქმელი კომპონენტების საერთო შემცველობა განისაზღვრება, მათ შორის:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .

ამ შემთხვევაში, აგრეთვე, შესაძლებელია კონცენტრაციების მაღლივი პროფილის მიღება 5-10კმ-ის სივრცობრივი გარჩევის უნარით, რაც შესაძლებელია რამდენიმე სპექტრალურ ინტერვალში გაზომვების ჩატარებისა და ნივთიერება-

თა კონცენტრაციების სიმაღლის მიხედვით განაწილების მოდელის გამოყენებით.

სათბურის აირების დისტანციური მონიტორინგი აქტიური (აბსორბციული) მეთოდების გამოყენებით მრავალი დადებითი თვისებებით გამოირჩევა. მაგალითად გაზომვების ჩატარება შესაძლებელია დღისით, ღამით, მოღრუბლულ ამინდში და სხვ.

სათბურის აირების გაზომვების პასიური მეთოდები - მზის სხივების სპექტრომეტრია და რადიომეტრია - უკვე დიდი ხანია გამოიყენება მიწისპირა სადგურებზე, საზღვაო სომადლებზე და თვითმფრინავებზე. ამასთან, ამ მეთოდის გამოყენება ქვედა ატმოსფეროში უღრუბლო ამინდის პირობებითაა შეზღუდული.

## **10.6. გლობალური და რეგიონალური კლიმატის ცვლილების ეკოლოგიური მონიტორინგის კონცეფტუალური საკითხები**

კლიმატის ცვლილებაზე ორიენტირებული მონიტორინგის სისტემის მეთოდოლოგიური საფუძვლები ატმოსფერული ჰაერის ქიმიური შედგენილობის ცვლილებებისა და ამ ცვლილებებით გამოწვეული ეფექტების შეფასების და პროგნოზირებისკენ არის მიმართული, რეგიონალურ კლიმატზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ეფექტების გამოსავლენად. ამასთან, მას, ძირითადად, ინფორმაციული ხასიათი უნდა გააჩნდეს და არ მოიცავდეს მართვის სისტემას, თუმცა, შესაძლოა, რომ იგი მის აუცილებელ ნაწილს შეადგენდეს.

ვინაიდან აღნიშნული მონიტორინგი მრავალმხრივი ინფორმაციული სისტემის არსებობას ითვალისწინებს, იგი უნდა შედგებოდეს ისეთი ელემენტებისაგან, როგორც:

- დაკვირვებათა წარმოება ატმოსფეროს ქიმიური და აეროზოლური შემცველობებისა და რიგი მეტეოროლოგიური ელემენტების ცვლილებებზე;
- ატმოსფეროს შედგენილობის ცვლილებების გამომწვევი ფაქტორების დადგენა და შეფასება;
- ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობის ცვლილებების ტენდენციების შეფასება და პროგნოზირება.

კარგადაა ცნობილი, რომ ატმოსფეროს ქიმიური შემცველობის ცვლილებების შედეგად, იმის მიხედვით, თუ რა სიდიდეს მიაღწევს ანთროპოგენური წარმოშობის სათბურის აირების კონცენტრაცია, დამოკიდებულია გლობალური დათბობის მნიშვნელობა. ამასთან ერთად, ცვლილებებს განიცდიან: აეროზოლური ნაწილაკების რაოდენობა ატმოსფეროში; დრუბლიანობის სიდიდეები; ოზონის სტრატოსფერული ფენა; დედამიწის ზედაპირზე მოსული მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების რაოდენობა და სხვ.

ამრიგად, ამ მონიტორინგის ერთ-ერთი უმთავრესი პრინციპი არის - მისი კომპლექსურობა, რაც ერთდროულ დაკვირვებათა წარმოებას განაპირობებს ატმოსფეროს ქიმიური შემცველობის ცვლილებებზე და მეტეოროლოგიურ პარამეტრებზე. აქედან გამომდინარე იგი მიზნად უნდა ისახავდეს:

- სათბურის აირების ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  და სხ.) შემცველობის გაზომვებს;
- $\text{O}_3$ -ის შემცველობაზე კონტროლის წარმოებას;
- ატმოსფერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის კონტროლს;
- აეროზოლების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების კვლევას;
- სხვადასხვა აირების გარდაქმნის პროცესების შესწავლას;
- რადიონუკლიდების შემცველობის გაზომვებს;
- მეტეოროლოგიური პარამეტრების გაზომვებს და შედეგების ანალიზს;
- დედამიწის ზედაპირზე მოსული მზის რადიაციისა (ულტრაიისფერი გამოსხივების ჩათვლით) და ოპტიკური გამჭვირვალობის გაზომვებს.

ცნობილია, რომ სივრცობრივი გასაშუალოების მიხედვით შეიძლება განვასხვაოთ გლობალური, კონტინენტალური, რეგიონალური (ნაციონალური) და ლოკალური ცვლილებები ატმოსფეროს შედგენილობაში. თითოეულ შემთხვევაში ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგები განსახილველი ნივთიერების კონცენტრაციათა მოცემულ პერიოდში გასაშუალოებული მნიშვნელობის მდგრად სიდიდეებს წარმოადგენენ. აქედან გამომდინარე, მინარევების კონცენტრაციათა ლოკალური ცვლილებები (მომატება), რა დიდი მნიშვნელობაც კი, არ უნდა მივანიჭოთ მათ, არავითარ შემთხ-

ვევაში არ შეიძლება უშუალოდ რეგიონულ (მით უმეტეს გლობალურ) ეფექტებს მივაწეროთ.

პრაქტიკული თვალსაზრისით ყველაზე უფრო დიდ სირთულეებთან რეგიონალური მონიტორინგის შესრულება არის დაკავშირებული, ვინაიდან ამა თუ იმ ნიშნებით გამოყოფილი რეგიონი, შესაძლოა, იქნეს ლოკალურ ზონათა სიდიდის შესატყვისი. აგრეთვე, გასათვალისწინებელია ატმოსფეროს ქიმიური შემცველობის დროის მიხედვით ცვლილებების ციკლური ხასიათი, მაგალითად: წლიური, სეზონური, თვიური ან დღე-ღამური. ამასთან, მათ შესაძლოა როგორც ბუნებრივი, ისე ანთროპოგენური თავისებურებანი ახასიათებდეთ. ამის გამო, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება შენელებული, თანმიმდევრული ცვლილებების აღრიცხვას. აგრეთვე, დიდი მასშტაბებით გასაშუალოებული სიდიდეები, რომლებსაც გლობალური ან სხვა ხასიათი გააჩნია, უფრო დეტალურად უნდა შეისწავლებოდეს. ამ მხრივ, რეგიონალური ეფექტების გამომხატველ მნიშვნელობათა შესწავლა განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს, ვინაიდან რეგიონალური კანონზომიერების ზღვრული მნიშვნელობები, რომელთა გამოვლენა უფრო სწრაფად და საიმედოდ ხდება, გლობალური და კონტინენტალური კანონზომიერების პრედიქტორებად გვევლინებიან.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით განსახილველი მონიტორინგის სისტემის მთავარ ამოცანას უნდა წარმოადგენდეს:

- ჰაერისა და ატმოსფერული ნალექების სინჯების შეგროვება და ქიმიური ანალიზის მონაცემთა, ანუ გაზომვების შედეგების, მიღება და შენახვა;
- დაკვირვებათა შედეგების ნახევარწლიური (წლიური) ანგარიშების მომზადება და გამოცემა;
- მონაცემთა ხარისხის შემოწმება ლაბორატორიული ცდების მიხედვით;
- მინარევთა ტრანსსასაზღვრო გადატანისა და მისი ატმოსფეროდან დაღეჭვის მოდელების შემუშავება და პრაქტიკაში დანერგვა;
- ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობის ცვლილების გამომწვევ ნივთიერებათა ინვენტარიზაცია.

ამასთან, აღსანიშნავია, რომ ამ მონიტორინგის ფუნქციონირება საერთაშორისო მიზნებსაც უნდა ითვალისწინებდეს. მსოფლიო საყოველთაოდ მიღებულ პრინციპებზე შექმნილ მონიტორინგის სისტემაზე და უნიფიცირებულ მეთოდებზე დაყრდნობით შესრულებულ დაკვირვებებით და მისი შედეგების ანალიზით შეიძლება მიღებული მონაცემების შეპირისპირება და რეგიონალურ (ნაციონალურ) და გლობალურ მასშტაბებში მიმდინარე პროცესების შეფასება.

ზემოაღნიშნულის გათვალისწინებით, განსახილველი მონიტორინგის საშუალებით მიღებული ინფორმაცია საერთაშორისო გაცვლის საგნად წარმოგვიდგება, დაკვირვების სადგურების შექმნა კი, საერთაშორისო თანამშრომლობის ნიმუშს განასახიერებს.

ასეთი მონიტორინგის ნიმუშს, მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მფარველობის ქვეშ არსებული, ატმოსფეროს გლობალური დაკვირვების ქსელი წარმოადგენს. მასში მრავალ ქვეყანაში არსებული ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობის ცვლილების მონიტორინგის ქსელია გაერთიანებული. მათ შორის როგორც რეგიონალური, ისე გლობალური ეფექტების აღმრიცხველი სადგურებია წარმოდგენილი. ამასთან, აღნიშნული მონიტორინგის პროგრამის რეალიზაცია ითვალისწინებს ისეთ დაკვირვებათა სადგურების ქსელის არსებობას, რომლებიც თავისი დანიშნულების მიხედვით საბაზო სადგურებად უნდა იქნენ მიჩნეულნი. ისინი ატმოსფეროს საწყის - ფონურ (საბაზო) მდგომარეობაზე ინფორმაციის მოპოვებას ემსახურებიან. ამიტომაც მათი განლაგება სამრეწველო რაიონებიდან საკმაოდ დაშორებით არის აუცილებელი, ადგილებში სადაც ატმოსფეროს შედგენილობაზე უშუალო ზემოქმედება არ დაიკვირვება.

აღნიშნული ქსელის სადგურებზე დაკვირვებები ატმოსფეროს ფიზიკურ მახასიათებლებზე და სათბურის აირების კონცენტრაციებზე ერთიანი პროგრამით სრულდება. მასთან, რეგიონალური სადგურების დანიშნულებას სხვადასხვა ქვეყნების ცალკეული რეგიონების ან გეოგრაფიული რაიონების ატმოსფეროს ეკოლოგიური პირობების შესწავლა, ხოლო საბაზო სადგურებისას კი, ატმოსფეროს მინარევების გლობალური ფონის შესახებ დასაბუთებული დასკვნების გაკეთება წარმოადგენს.

ფონური სადგურების დანიშნულების თანახმად, დაკვირვების სადგურების მიმართ გარკვეული პრინციპული მოთხოვნებია ჩამოყალიბებული.

მათ რიცხვს მიეკუთვნება:

- სადგურის მდებარეობის რაიონში, 100კმ-ის რადიუსში, უახლოესი 50 წლის განმავლობაში არ უნდა წარმოებდეს მიწათსარგებლობის მნიშვნელოვანი ცვლილებები;
- სასურველია, მისი იზოლირებულ კუნძულზე ან მთაში, ტყის ზოლის ზემოთ განლაგება;
- სადგურის მახლობლად ვულკანური მოქმედებისა და მტვრიანი ქარბუქის ნიშნები არ უნდა დაიკვირვებოდეს;
- ატმოსფეროს დაბინძურების დამატებით წყაროს აცილების მიზნით, სადგურზე მხოლოდ ელექტროენერჯის გამოყენებაა დასაშვები, ხოლო მომუშავე პერსონალის შტატი მინიმუმამდე უნდა იქნეს დაყვანილი.

შედარებით ნაკლები მოთხოვნებია წაყენებული რეგიონალური სადგურების მიმართ. მაგალითად, ამ სახის სადგურების ადგილმდებარეობის მიმართ მხოლოდ მათი პერიფერიულ ზოლში, ქალაქებიდან და სამრეწველო რაიონებიდან, დაახლოებით, 50 კმ დაშორებით განლაგებისა და სადგურების მახლობლად მიწის დამუშავების შეზღუდვის მოთხოვნის პირობებია წაყენებული.

ამრიგად, როგორც მოტანილი მეთოდური მოთხოვნები და პრაქტიკა გვიჩვენებენ, ატმოსფეროს მინარევების კონცენტრაციების გაზომვებთან დაკავშირებული ამოცანების გადაწყვეტის პროცესში, სინჯების რეპრეზენტატულობა და მისაღები ინფორმაციის სინამდვილესთან შესატყვისობა, ბევრად, დაკვირვების სადგურების ადგილმდებარეობის შერჩევის სისწორით განისაზღვრება.

საქართველოს, როგორც მთიანი ქვეყნის, რთულ ოროგრაფიულ და მეტეოროლოგიურ პირობებში, ზემოაღნიშნული განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს რეგიონალურ და გლობალურ დონეებზე კლიმატის ცვლილების ასპექტში ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობის ცვლილებებზე დაკვირვების სისტემის სადგურების მდებარეობის განსაზღვრისას



და რეგიონის ინდივიდუალური პირობების გათვალისწინების აუცილებლობას მოითხოვს.

აქედან გამომდინარე, მოცემული საკითხის გადასაჭრელად, ქვეყანაში არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების ვრცელი ისტორიული (150 წელზე მეტი), ფიზიკა-გეოგრაფიული და მეტეორილოგიური დახასიათებების მასალის ანალიზის შედეგად, 7 მეტეოროლოგიური სადგური იქნა შერჩეული. ისინი თავისი მონაცემებით, პრაქტიკულად, სრულად აკმაყოფილებენ რეგიონალური და გლობალური (საბაზო) სადგურების მიმართ ატმოსფეროს გლობალური დაკვირვების პროგრამაში ჩამოყალიბებულ მოთხოვნებს.

ამ სადგურების რიცხვს მიეკუთვნება:

- დასავლეთ საქართველოში - მამისონის უღელტეხილი და შავი ზღვის ნაპირზე, ბათუმის ბოტანიკური ბაღი;
- სამხრეთ საქართველოში - აბასთუმანი და ფარავანი (როდიონოვკა);
- აღმოსავლეთ საქართველოში - გუდაური, ჯვრის უღელტეხილი და ყაზბეგი - მაღალმთიანი.

თითოეული მათგანის მოკლე ისტორია და ფიზიკო-გეოგრაფიული აღწერილობა ქვემოთაა მოცემული:

**ბათუმის ბოტანიკური ბაღი (41°39'ჩ; 41°38'ა; 5 მ ზ.დ.)**

ერთ-ერთი დიდი ბოტანიკური ბაღი საქართველოში, გაშენებულია 1912წ, ბათუმიდან, დაახლოებით, 9კმ დაშორებით, ნახევარკუნძულზე “მწვანე კონცხი”. იგი 111 ჰა-ს მთავორიანი რელიეფის ფართობს მოიცავს. ბაღში სამი დენდროპარკი, კოლხეთის ტყის ნაკრძალი და ლანდშაფტურგეოგრაფიული პრინციპით შერჩეული 9 ფლორისტული განყოფილებაა. აქ ნოტიო სუბტროპიკული ჰავაა. იცის შედარებით თბილი ზამთარი და ცხელი ზაფხული. მთელი წლის განმავლობაში ქრის ზღვიური ქარები. ყველაზე ცივი და ყველაზე თბილი თვეების - იანვრისა და აგვისტოს ჰაერის საშუალო მრავალწლიური ტემპერატურა, შესაბამისად, 6.5 და 23.2<sup>0</sup> C უდრის, ხოლო მისი საშუალო წლიური მნიშვნელობა 14.5<sup>0</sup> C შეადგენს. ატმოსფერული ნალექების ჯამი აღნიშნულ პერიოდებში, შესაბამისად, 281, 255 და 2718 მმ-ს შეადგენს. ამასთან მრავალწლიური მაქსიმალური ტემპერატურა 41<sup>0</sup> C უდრის, ხოლო მინიმალური (-9<sup>0</sup> C) ტოლია. ქარ-

ის საშუალო წლიური სიჩქარე 1.8 მ/წმ - ს უდრის. ხანგრძლივობა თოვლის საფარით 12 დღეს შეადგენს.

**აბასთუმანი (41°45'ჩ; 42°50'ა; 1265 მ ზ.დ.)**

დაბა სამცხე - ჯავახეთის მხარის ადიგენის მუნიციპალიტეტში. სამთო-კლიმატური კურორტი მესხეთის ქედის სამხრეთ კალთაზე, მდინარე ოცხის ხეობაში. იგი ქადიგენიდან 25კმ, ხოლო ქახალციხიდან 28კმ დაშორებით მდებარეობს.

საშუალო მრავალწლიური ტემპერატურა - 6.4<sup>0</sup> C-ის ტოლია, იანვრის და ივლისის საშუალო ტემპერატურა, შესაბამისად, (-5.4)<sup>0</sup> C და 17<sup>0</sup> C უდრის. ნალექების რაოდენობა წელიწადში 647 მმ-ს უტოლდება. ფარდობითი ტენიანობა, საშუალოდ, 77%-ს აღწევს.

ამ რაიონში მდებარეობს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აბასთუმნის ასტროფიზიკური ობსერვატორია, რომელიც 1932წ აბასთუმანში დაარსდა, ხოლო 1937წ ყანობილის მთაზე (1650 მ ზ.დ.) აბასთუმნის მახლობლად იქნა გადატანილი.

აქ ატმოსფეროს მაღალი გამჭვირვალობა და სტაბილურობა ახასიათებს. მზიანი დღეების წლიური რაოდენობა, საშუალოდ, დაახლოებით, 250 აღწევს.

მეტეოროლოგიური სადგური აქ 1884წ ნოემბერში დაარსდა. დაკვირვებები 1906წ-მდე უწყვეტად ტარდებოდა, ხოლო 1907წ მხოლოდ 2 თვის დაკვირვებათა მასალა არსებობს. 1910წ ივლისიდან 1911წ თებერვლამდე სადგური არ მუშაობდა, ხოლო 1917წ სადგური საერთოდ იქნა დახურული. 1922წ შემოდგომას სადგური განახლდა, მაგრამ სისტემატური დაკვირვებები მხოლოდ 1925წ ოქტომბერში დაიწყო.

აბასთუმანზე გადის გზატკეცილი, რომელიც სამხრეთით ახალციხე-ბათუმის გზას უერთდება, ხოლო ჩრდილოეთით, ზეკარის უღელტეხილის ტრასით, აჭარა-იმერეთის ქედზე გადის დასავლეთ საქართველოში.

ხეობის შემომსახდურავი მთის ფერდობები ხეობის ძირიდან, დაახლოებით, 500-800მ აღწევენ. აქ, აგრეთვე, რიგი სხვა ხეობა, დიდი და მცირე კონუსის მაგვარი მთების მდელოები და წამონაშვერები მდებარეობს. მთის ფერდობები და ქედები, ძირითადად, წიწვოვანი ჯიშის ხის მცენარეულობის სიუხვით ხასიათდება. განსახილველი რაიონის ხევე-

ბსა და ხეობებში გრუნტის წყლების სათავეების სიმრავლეა, მათ შორის ბევრია მინერალური წყაროებიც.

**ფარავანი (როდიონოვკა) (41°28'ჩ; 43°52'ა; 2088 მ ზ.დ.)**

დაბა ფარავანი მაღალმთიანი ტბის ფარავნის დაქანებული ნაპირის ფერდობზეა განლაგებული. აღნიშნული ტბა ნინოწმინდის რაიონში, ჯავახეთის ზეგანზე, აბულ-სამსარის და ჯავახეთის ქედებს შორის ქვაბულში, ზღვის დონიდან 2070 მ-ზე, მდებარეობს.

სამსარის ქედი ფარავნის ტბას დასავლეთიდან ესაზღვრება, ხოლო ჯავახეთის-აღმოსავლეთიდან. აღნიშნული ორივე ქედი მცირე კავკასიონის მთის სისტემაში შედის და სხვა მთიან წარმონაქმნებთან ერთად, ჯავახეთის (ახალქალაქის) ზეგანის ერთიან ლანდშაფტურ ზონას ქმნის.

დაბა ფარავანი რელიეფის რბილი მოხაზულობით გამოირჩევა. ახლომდებარე მთების ფერდობები ცერად ეშვებიან ფარავნის ტბისკენ და ასეთივე დასახელების მდინარესკენ, რომელიც ტბის სამხრეთ ნაპირიდან გაედინება. ხის მცენარეულობა აქ, როგორც მთლიანად ახალქალაქის ზეგანზე, თითქმის არ შეიმჩნევა და ეს ადგილი, ძირითადად, მდელოთი არის დაფარული.

სოფელში ამუშავებენ მიწას (დაახლოებით 500-700 ჰა) სადაც მოჰყავთ შვრია, ქერი და კარტოფილი. ცხოველებიდან ჰყავთ მსხვილფეხა რქიანი პირუტყვი და ცხვარი.

ფარავნის ტბიდან, დაახლოებით, 0,5კმ დაშორებით, ზ.დ. 2200 მ-ის სიმაღლეზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის საცდელი ბაზა არის განლაგებული. მისგან, დაახლოებით, 1,5კმ-ში დაბა ფარავნის რკინიგზის ბაქანი მდებარეობს.

**მამისონის უღელტეხილი (42°42'ჩ; 43°27'ა; 2854 მ ზ.დ.)**

უღელტეხილი კავკასიონის მთავარ ქედზე, მდინარეების არდონისა (თერგის მარცხენა შენაკადი) და ჭანჭახის (რიონის მარცხენა შენაკადი) წყალგამყოფზე მდებარეობს.

მეტეოროლოგიური სადგური აქ გახსნილია 1932წ. ის განლაგებულია ქუთაისი-ალაგირის გზის გადასავალზე, კავკასიონის ზედა სარტყლის ზონაში.

აქაური რელიეფის მორფოლოგიურ შემადგენლობაში, უმთავრესად, მთავარი წყალგამყოფი ქედის ცალკეული მთები შედიან. ამ ცივისა და უდაბური ყინულოვანი რელიეფის

მთების მწვერვალებს უმეტესად პირამიდული და მახვილი თავები გააჩნიათ. ქვემოთ ამ ტიპის რელიეფი მთავრდება იქ, სადაც მუდმივ თოვლს და მყინვარს ცვლის მდინარი წყალი (ამ შემთხვევაში მდ.ჭანჭახი).

აქაური მცენარეულობა ალპურს და სუბალპურ მდელოებს მიეკუთვნება. ტყეების ზონის ზღვარი ზ.დ. 2000-2200 მ-ს აღწევს. ნიადაგი, კავკასიონის მაღალმთიანი ზონის მსგავსად, მთების ქანების ნამსხვრევებისაგან შედგება.

#### **გულაური (42°28'ჩ; 44°29'ა; 2197 მ ზ.დ.)**

ეს პუნქტი კავკასიონის მთავარი წყალგამყოფი ქედის სამხრეთ კალთაზე, ჯვრის უღელტეხილის სამხრეთით, საქართველოს სამხედრო გზაზე, ქსტეფანწმინდიდან 35კმ დაშორებით მდებარეობს.

მეტეოსადგური აქ გაიხსნა 1870წ-ს. მისი მოქმედების პერიოდებია: 1870-1873, 1887-1919 წ-ბი და 1925 წ-დან ჩვენ დრომდე. სამხრეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის მხრიდან გულაურის ადგილმდებარეობა პლატოს მაგვარ შვერილს წარმოადგენს, ამავე მიმართულების მნიშვნელოვანი დახრილობით. მოცემული პლატო, რომელიც კაიშაურის ხეობის სახელწოდებით არის ცნობილი, დასავლეთიდან და სამხრეთიდან 600-700მ სიღრმის ხეობით არის შემოსაზღვრული. მისი ფსკერი მდინარე თეთრი არაგვის ზედა დინების ქვის კალაპოტს წარმოადგენს. ამ ხეობის ჩრდილოეთი და, ნაწილობრივ, აღმოსავლეთი მხარეები მთებით და მათი ციცაბო ფერდობებით არის შემოსაზღვრული.

მთელი დაბა ალპურ უტყეო ზონას წარმოადგენს. სადგურის მახლობლად ნიადაგი მთის ქანების ნამსხვრევებით მიმოფანტულ მინდორს წარმოადგენს. აქ ზამთრის დასასვენებელი და სათხილამურო კომპლექსი მდებარეობს.

#### **ჯვრის უღელტეხილი (42°30'ჩ; 44°27'ა; 2396 მ ზ.დ.)**

უღელტეხილი ხევის კავკასიონის მთავარ ქედზე, მდინარეების ბიდარისა (თერგის მარჯვენა შენაკადი) და მთიულეთის არაგვის წყალგამყოფზე, სტეფანწმინდის რაიონში მდებარეობს.

მეტეოსადგური საქართველოს სამხედრო გზის გადასავლის უნაჯირზე, კავკასიონის პარალელურად მდებარე, დავლეთ-მთიულეთის თხემზე არის განლაგებული. იგი 1894წ-ან არის დაარსებული. მისი მოქმედების პერიოდებია:

- 1894-1918 წ-ბი; 1949 წ-დან - თანამედროვე დრომდე.

ამ მაღალმთიანი ღანდშაფტური ზონის რელიეფის ძირითად მახასიათებელს შედარებით ზომიერი დანაწევრება წარმოადგენს, ცალკეული კონუსის მსგავსი ვულკანური წარმოშობის შვერილებით.

მეტეოსადგურიდან სამხრეთ-დასავლეთით 600მ-ის დაშორებით მდინარე თეთრი არაგვის ღრმა ხეობაში გადის. ხეობიდან დასავლეთით, დავლეთ-მთიულეთის თხემზე, შვიდი კონუსისმაგვარი მწვერვალია შემადგლებული, სახელწოდებით “შვიდი ძმა”. ჩრდილოეთის მხრიდან მდ.თერგის ქვის კალაპოტი მოჩანს. დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან მთების წვერვალები რამდენადმე დაშორებულია ერთმანეთისაგან, რითაც, დაახლოებით, 1კმ სიგანის უნაგირს ქმნიან. მასთან მისასვლელები ნაკლებადაა დაქანებული, ამასთან, სამხრეთის მხარე უფრო დაქანებულია, ვიდრე ჩრდილოეთის.

მცენარეულობა მხოლოდ ბალახოვანია. მთელი მიმდებარე მხარე მაღალმთიანი ალპური ზონის მდელოთია წარმოდგენილი.

ქვემოთ ხევში გრუნტის წყლების სათავეების სიმრავლეა. მათ შორის ბევრია “ნარზანის” ტიპის მინერალური წყლები.

### **ყაზბეგი-მაღალმთიანი (42°40'ჩ; 44°39'ა; 3653 მ ზ.დ.)**

მეტეოროლოგიური დაკვირვებები ამ სადგურზე 1933წ-ის 1ოქტომბერს დაიწყო, ხოლო 1942წ იქნა აგებული სადგურის სპეციალური კაპიტალური შენობა. იგი კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში, მარადიული თოვლის, მყინვარებისა და ფირნული ველების ზონაში მდებარეობს. ამ მაღალმთიან, ცივსა და უდაბნო ყინულოვან რელიეფს, ატმოსფეროს ზედა ფენების სივრცეს მიღწეული, მწვერვალები აგვირგვინებენ. მათ შორის უდიდესია მთა მყინვარი (ყაზბეგი). ყინულოვან ფონზე მაღალი მწვერვალების ფერდობები, უმთავრესად, მიუვალი, კლდოვანი და ციცაბოა. სადგური, დაახლოებით, 1000მ<sup>2</sup> ფართობის მქონე მოედანზეა განლაგებული ყაზბეგის მთის მწვერვალის სამხრეთ ფერდობზე, რომელიც სადგურის მიდამოებს 1350მ სიმაღლიდან გადმოჰყურებს. მისი ტერიტორია მოფენილია ქვებით, კლდის ნამსხვრევებით და ღორღით. გარშემო და ქვემოთ 2000მ სიმაღლემდე ზ.დ., არავითარი მცენარეულობა არ ხარობს.

აღსანიშნავია, რომ გლობალური შედეგების გამოსავლენად მიზანშეწონილია სადგურის ყაზბეგი-მაღალმთიანი და მამისონის უღელტეხილის გამოყენება. ხოლო დანარჩენი ხუთი სადგური სავსებით აკმაყოფილებს რეგიონალური სადგურების პირობებს.

## XI. საქართველოს გარემოსდაცვითი კანონების არსობრივი საკითხების ამონარიდი

### 11.1. გარემოს დაცვის სახელმწიფო პოლიტიკა

საქართველოში გარემოსდაცვითი კონტროლის საკანონმდებლო საფუძველი რეგულირდება საქართველოს კანონით „გარემოსდაცვის შესახებ“.

კანონის თანახმად საზოგადოების გარემოსდაცვითი ცნობიერების ამაღლებისა და შესაბამისი სპეციალისტების მომზადების მიზნით იქმნება გარემოსდაცვითი განათლების ერთიანი სისტემა, რომელიც მოიცავს საგანმანათლებლო დაწესებულებათა, კადრების მომზადებისა და კვალიფიკაციის ამაღლების დაწესებულებათა ქსელს.

გარემოს დაცვის სახელმწიფო პოლიტიკის ფორმირებისა და განხორციელების, აგრეთვე საქართველოს გარემოსდაცვითი კანონმდებლობის მოთხოვნათა შესრულების მიზნით ეკოლოგიასა და გარემოს დაცვის სფეროში მუშავდება სამეცნიერო კვლევის პროგრამები და გეგმები.

გარემოს მდგომარეობაზე დაკვირვების (მონიტორინგის) სისტემის, მასში შემავალი დაკვირვების (მონიტორინგის) სახეობებისა და მათი წარმოების სამართლებრივ რეჟიმს განსაზღვრავს საქართველოს კანონმდებლობა.

გარემოს დაცვის ნორმების დაწესების მიზანია დადგინდეს გარემოზე საქმიანობის ზემოქმედების ისეთი ნორმები, რომლებიც უზრუნველყოფენ გარემოს ეკოლოგიურ წონასწორობას. ამ მიზნით დგინდება:

- 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:*

- 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 მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმები განისაზღვრება ხუთ წელიწადში ერთხელ, დებულებით „გარემოს მდგომარეობის ხარისხობრივი ნორმების შესახებ“.

საქმიანობისას უნდა შესრულდეს ეკოლოგიური უსაფრთხოებისა და მოსახლეობის ჯანმრთელობის დაცვის მოთხოვნები, გათვალისწინებულ იქნეს გარემოს დაცვის, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების, გარემოს აღდგენის ღონისძიებები და მათი განხორციელებისათვის საჭირო ფინანსური საშუალებები.

*საქმიანობის სუბიექტი ვალდებულია:*

ა) ჰქონდეს შესაბამის სახელმწიფო ორგანოებთან შეთანხმებული ტექნოგენური ავარიისა და ბუნებრივი კატასტროფის შედეგების თავიდან აცილებისა და პროფილაქტიკის ოპერატიული და სისტემატური ღონისძიებების, ავარიისა და კატასტროფის დროს მოქმედების გეგმები;

ბ) შექმნას და მზადყოფნაში ჰყავდეს ავარიის სალიკვიდაციო ტექნიკური საშუალებებით უზრუნველყოფილი სამსახური; ყოველი მოსალოდნელი და მომხდარი ტექნოგენური ავარიისა და ბუნებრივი კატასტროფის შესახებ დროულად აცნობოს შესაბამის სახელმწიფო ორგანოებს და მოსახლეობას;

გ) ამ პირობების შესრულების სამართლებრივ რეჟიმს არეგულირებს საქართველოს კანონმდებლობა.

გარემოზე ტრანსსასაზღვრო ზემოქმედების შემთხვევაში ხორციელდება გარემოზე ტრანსსასაზღვრო შეფასების პროცედურა გარემოსდაცვითი შეფასების კოდექსისა და შესაბამისი საერთაშორისო ხელშეკრულებების მიხედვით.

## **11.2. საკანონმდებლო და ნორმატიული აქტები**

საქართველოს კონსტიტუცია განსაზღვრავს ქვეყნის მოქალაქეთა უფლებას ცხოვრობდეს ჯანმრთელობისათვის უვნებელ გარემოში, სარგებლობდეს ბუნებრივი და კულტურუ-



ლი სიმდიდრით და ამავე დროს, აკისრებს ვალდებულებას დაიცვას იგი.

კონსტიტუციით ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო გარემოს უზრუნველსაყოფად, საზოგადოების ეკოლოგიური და ეკონომიკური ინტერესების შესაბამისად, ახლანდელი და მომავალი თაობების ინტერესების გათვალისწინებით სახელმწიფო უზრუნველყოფს გარემოს დაცვას.

საქართველოს კანონმდებლობის შესაბამისად ნებისმიერი საქმიანობის დაგეგმვისა და განხორციელების დროს მეწარმე -საქმიანობის სუბიექტი ვალდებულია მიიღოს სათანადო ზომები გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე მავნე ზემოქმედების რისკის თავიდან ასაცილებლად ან შესამცირებლად; დაიცვას ბიომრავალფეროვნება შეუქცევადი დეგრადაციისგან და აღადგინოს საქმიანობის განხორციელების შედეგად დეგრადირებული გარემო საწყის მდგომარეობასთან მაქსიმალურად მიახლოებული სახით.

საქართველოს კონსტიტუციით გათვალისწინებულია:

- მოქალაქის ძირითადი უფლება - მიიღოს სრული, ობიექტური და დროული ინფორმაცია თავისი სამუშაო და საცხოვრებელი გარემოს მდგომარეობაზე, აგრეთვე გარემოსდაცვით სფეროში სახელმწიფოს მიერ მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში საზოგადოების მონაწილეობის უზრუნველყოფა;

- საქმიანობის პროცესში ადამიანის ჯანმრთელობის, ბუნებრივი გარემოს, ასევე კულტურული და მატერიალური ფასეულობების დაცვა;

- საქმიანობის განხორციელებასთან დაკავშირებული მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში სახელმწიფოსა და საზოგადოების ეკოლოგიური, სოციალური და ეკონომიკური ინტერესების გათვალისწინება;

- საქმიანობაზე ნებართვის გაცემის სფეროში საქმიანობის განმხორციელებლის, საზოგადოებისა და სახელმწიფოს უფლება-მოვალეობების ჩამოყალიბება და დაცვა;

- გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების შეუქცევადი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი ცვლილებებისაგან დაცვის, ასევე მათი რაციონალური გამოყენების ხელშეწყობა.

„გარემოს დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონი, (მიღებული 6.XII.1996) არეგულირებს სამართლებრივ ურთიერთობებს სახელმწიფო დაწესებულებებსა და ფიზიკურ და იურიდიულ პირებს შორის. მასში განხილულია გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების გამოყენებასთან დაკავშირებული საკითხები საქართველოს ტერიტორიულ წყლებში, ჰაერში, კონტინენტურ შეღფზე და განსაკუთრებული ეკონომიკური აქტივობის ზონებში.

კანონი განიხილავს გარემოს დაცვის განათლების, გარემოს მენეჯმენტის ასპექტებს, აღწერს ეკონომიკურ სანქციებს, ლიცენზირებას, სტანდარტებს, გარემოზე ზეგავლენის შეფასების შედეგებს. განიხილავს ბუნებრივი ეკოსისტემების დაცვის სხვადასხვა ასპექტს, დასაცავ არეალებს, გლობალური და რეგიონალური მენეჯმენტის საკითხებს, ოზონის შრის დაცვას, ბიომრავალფეროვნების, შავი ზღვის დაცვის და საერთაშორისო თანამშრომლობის ასპექტებს.

ასე, მაგალითად, საქართველოს კანონში *„გარემოსდაცვითი შეფასების კოდექსი“* განსაზღვრულია საქართველოს ტერიტორიაზე სავალდებულო ეკოლოგიური ექსპერტიზისადმი დაქვემდებარებულ საქმიანობათა სრული ნუსხა და მათ განსახორციელებლად გარემოზე ზემოქმედების ნებართვის გაცემის, ნებართვის გაცემისას ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების, პასპორტიზაციის, გარემოზე ზემოქმედების შეფასების და ნებართვის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების პროცესებში საზოგადოების მონაწილეობისა და მისი ინფორმირების საკითხები.

კანონის თანახმად, პასპორტიზაციის მასალაზე დაყრდნობით, გარემოზე ზემოქმედების ნებართვა არის საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მიერ საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი წესითა და ფორმით, განუსაზღვრელი ვადით მინიჭებული უფლება, რომელიც გაიცემა საქმიანობის განმხორციელებელზე და წარმოადგენს საქმიანობის დაწყების სამართლებრივ საფუძველს.

გარემოსდაცვითი ხასიათის აუცილებელი ღონისძიება არის *ეკოლოგიური ექსპერტიზა*, რომელიც ხორციელდება საქმიანობაზე გარემოზე ზემოქმედების ან მშენებლობის ნე-

ბართვის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების პროცესში.

იმ საქმიანობათა სრულ ნუსხას, რომლებიც გარემოზე ზემოქმედების ან მშენებლობის ნებართვის გაცემის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების პროცესში ექვემდებარება სავალდებულო ეკოლოგიურ ექსპერტიზას, განსაზღვრავს გარემოსდაცვითი შეფასების კოდექსი.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის მიზანია გარემოსდაცვითი მოთხოვნების, რაციონალური ბუნებათსარგებლობისა და მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნების უზრუნველყოფა.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის დადებითი დასკვნა არის აუცილებელი საფუძველი ეკოლოგიური ექსპერტიზისადმი დაქვემდებარებული საქმიანობის განხორციელებაზე გარემოზე ზემოქმედების ან მშენებლობის ნებართვის გასაცემად.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის ძირითადი პრინციპებია:

- საქმიანობის პოტენციური ეკოლოგიური საშიშროების რისკის შეფასება;
- საქმიანობის დაწყებამდე გარემოზე მისი შესაძლო ზეგავლენის შეფასების კომპლექსურობა;
- გარემოსდაცვით მოთხოვნათა და გარემოს დაცვის ნორმების გათვალისწინება;
- ექსპერტთა უფლებამოსილების შეუზღუდავი განხორციელება;
- ეკოლოგიური ექსპერტიზის დასკვნის დასაბუთებულობა და კანონიერება;
- საზოგადოებრივი ინტერესის გათვალისწინება.

### **11.2.1. „წყლის შესახებ“ საქართველოს კანონი**

წყალი უნიკალური და უპირველესი, სასიცოცხლო მნიშვნელობის, ადამიანის, ცხოველთა სამყაროს და მცენარეული საფარის არსებობისათვის აუცილებელი და საქართველოს ეკონომიკის განვითარებისათვის უმნიშვნელოვანესი ბუნებრივი რესურსია.

საქართველოს კონსტიტუციით ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო გარემოს უზრუნველსაყოფად, საზოგად-

დოების ეკოლოგიური და ეკონომიკური ინტერესების შესაბამისად, ახლანდელი და მომავალი თაობების ინტერესების გათვალისწინებით სახელმწიფო უზრუნველყოფს გარემოს დაცვას და, შესაბამისად, გარემოს შემადგენელი ძირითადი კომპონენტის – წყლის დაცვას.

ყველა, საქართველოში მცხოვრები, ვალდებულია უზრუნველყოს წყლის რაციონალური და მდგრადი გამოყენება და დაცვა, არ დაუშვას მისი დაბინძურება და დაშრება.

საქართველოს სახმელეთო ტერიტორიაზე, მის წიაღში, კონტინენტურ შეღწეში, ტერიტორიულ წყლებში და განსაკუთრებულ ეკონომიკურ ზონაში არსებული წყალი საქართველოს ეროვნული სიმდიდრეა და მას სახელმწიფო იცავს.

საქართველოს კანონმდებლობა წყლის შესახებ ეფუძნება საქართველოს კონსტიტუციას, საქართველოს საერთაშორისო ხელშეკრულებებსა და შეთანხმებებს, საქართველოს კანონებს „გარემოს დაცვის შესახებ“, „წიაღის შესახებ“, ამ კანონს და საქართველოს სხვა ნორმატიულ აქტებს წყლის დაცვისა და გამოყენების სფეროში.

მუხლი 4. ამ კანონის ძირითადი მიზანია:

ა) უზრუნველყოს ერთიანი სახელმწიფო პოლიტიკის გატარება წყლის დაცვისა და გამოყენების სფეროში;

ბ) წყლის ობიექტების (მათ შორის საქართველოს შავი ზღვის) დაცვა და წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენება დღევანდელი და მომავალი თაობების ინტერესებისა და მდგრადი განვითარების პრინციპების გათვალისწინებით;

გ) სუფთა სასმელ წყალზე მოსახლეობის მოთხოვნილების პირველ რიგში დაკმაყოფილება;

დ) წყლის ცხოველთა სამყაროს მდგრადობა და მდგრადი გამოყენება;

ე) წყლის მავნე ზემოქმედების აცილება და შედეგების ეფექტური ლიკვიდაცია;

ვ) საქართველოს სახელმწიფო ინტერესების გარანტირებული დაცვა წყლის დაცვის, გამოყენებისა და წყლით საერთაშორისო ვაჭრობის სფეროში;

ზ) წყლის სასაქონლო პროდუქციის წარმოება საერთაშორისო პრინციპებისა და ნორმების დაცვით;

თ) ფიზიკური ან იურიდიული პირების კანონიერი უფლებების და ინტერესების დაცვა წყლის დაცვისა და გამოყენების სფეროში.

მუხლი 6.

1. საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული წყალი სახელმწიფო საკუთრებაა და გაიცემა მხოლოდ სარგებლობისათვის. აკრძალულია ყოველგვარი ქმედება, რომელიც პირდაპირ ან ფარული ფორმით ხელყოფს წყლის სახელმწიფო საკუთრების უფლებას.

3. მიწაზე საკუთრების უფლება არ იძლევა ამ მიწაზე არსებული ან გამდინარე, ზედაპირული ან მიწისქვეშა წყლებით სარგებლობის უფლებას, გარდა ამ კანონის 32-ე მუხლით განსაზღვრული შემთხვევებისა.

მუხლი 7.

1. საქართველოს წყლები, მათი მიწის ზედაპირზე და წიაღში განლაგების ნიშნით, რესურსების ფორმირებისა და გამოყენების თავისებურებათა მიხედვით, იყოფა ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლებად.

2. ზედაპირულ წყლებს მიეკუთვნება ამ მუხლის მე-4 პუნქტში ჩამოთვლილი ყველა წყლის ობიექტის წყლები, „ბ“ ქვეპუნქტში მითითებულის გარდა.

3. საქართველოს წყლის ყველა ობიექტში არსებული წყლის ერთობლიობა ქმნის წყლის სახელმწიფო ფონდს.

4. საქართველოს წყლის სახელმწიფო ფონდს განეკუთვნება:

ა) საქართველოს ტერიტორიაზე არსებული და გამავალი მდინარეები, ტბები, წყალსაცავები, სხვა ბუნებრივი და ხელოვნური ზედაპირული წყალსატევები, აგრეთვე არსების და ტბორების წყლები;

ბ) მიწისქვეშა წყლები (მათ შორის წყაროები და კონტინენტური შეღფის წყლები);

გ) მყინვარები და თოვლის მუდმივი საფარი;

დ) ჭაობები;

ე) საქართველოს ტერიტორიული წყლები;

ვ) განსაკუთრებული ეკონომიკური ზონის წყლები.

6. წყლის სახელმწიფო ფონდს განკარგავენ საქართველოს სახელმწიფო ხელისუფლების უმაღლესი ორგანოები, ავტონომიური რესპუბლიკების ორგანოები და ადგილობრი-

ვი თვითმმართველობის ორგანოები თავიანთი კომპეტენციის ფარგლებში.

მუხლი 13.

1. ფიზიკური და იურიდიული პირები მონაწილეობენ წყლის დაცვის, რაციონალური და მდგრადი გამოყენების უზრუნველყოფის საქმიანობაში საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი წესით.

2. ფიზიკური და იურიდიული პირები ვალდებული არიან:

ა) დაიცვან წყალი გაბინძურების, დანაგვიანებისა და დაშრეტისაგან;

ბ) ხელი შეუწყონ ხელისუფლების სახელმწიფო ორგანოებს და საზოგადოებრივ ორგანიზაციებს წყლის დაცვის ღონისძიებათა განხორციელებაში;

გ) შეატყობინონ სათანადო ორგანოებს წყლის დაცვის კანონმდებლობის მათთვის ცნობილი დარღვევები.

3. ფიზიკურ და იურიდიულ პირებს უფლება აქვთ:

ა) სახელმწიფო ხელისუფლების ორგანოებისაგან მიიღონ სრული, დროული და ობიექტური ინფორმაცია (სახელმწიფო ან კომერციული საიდუმლოების შემცველი ინფორმაციის გარდა) წყლის მდგომარეობის შესახებ;

ბ) შესაბამის სასამართლოში აღძრან სარჩელი იმ ფიზიკურ და იურიდიულ პირთა (სახელმწიფო ხელისუფლების ორგანოების ჩათვლით) მიმართ, რომლებიც არღვევენ საქართველოს კანონმდებლობას წყლის დაცვისა და გამოყენების სფეროში;

გ) ხელი შეუწყონ შესაბამისი სახელმწიფო პროგრამების რეალიზაციას;

დ) უშუალო მონაწილეობა მიიღონ წყლის დაცვის სამუშაოებში და შეიტანონ წინადადებები წყლის დაცვის გაუმჯობესების თაობაზე.

## **11.2.2. „ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონი**

მუხლი 1.

1. ამ კანონის რეგულირების სფეროა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ატმოსფერული ჰაერის დაცვა მავნე ანთროპოგენური ზემოქმედებისაგან.

2. ეს კანონი არ არეგულირებს შენობა-ნაგებობებში არსებული ჰაერის დაცვის სამართლებრივ რეჟიმს.

მუხლი 2.

საქართველოს კანონმდებლობა ატმოსფერული ჰაერის დაცვის სფეროში შედგება საქართველოს კონსტიტუციის, საქართველოს საერთაშორისო ხელშეკრულებებისა და შეთანხმებების, „გარემოს დაცვის შესახებ“ და „ჯანმრთელობის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონების, ამ კანონისა და სხვა საკანონმდებლო და კანონქვემდებარე ნორმატიული აქტებისაგან.

მუხლი 3.

1. ამ კანონის ძირითადი მიზნებია:

ა) ხელი შეუწყოს გარემოს დაცვის სფეროში საქართველოს კონსტიტუციით დადგენილი ადამიანის ძირითადი უფლებების - ცხოვრობდეს ჯანმრთელობისათვის უვნებელ გარემოში და სარგებლობდეს ბუნებრივი და კულტურული გარემოთი - უზრუნველყოფას;

ბ) უზრუნველყოს გარემოს ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტის - ატმოსფერული ჰაერის დაცვა საზოგადოების ეკოლოგიური და ეკონომიკური ინტერესების შესაბამისად და ახლანდელი და მომავალი თაობების ინტერესების გათვალისწინებით;

გ) სამართლებრივად უზრუნველყოს ატმოსფერული ჰაერის დაცვის სფეროში საერთო გლობალური და რეგიონალური პრობლემების გადაჭრა.

2. ამ კანონის ძირითადი ამოცანებია:

ა) უზრუნველყოს ატმოსფერული ჰაერის ადამიანის ჯანმრთელობისა და ბუნებრივი გარემოსათვის უსაფრთხო მდგომარეობის მიღწევა, შენარჩუნება და გაუმჯობესება;

ბ) სამართლებრივად უზრუნველყოს ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებების გაფრქვევათა რეგულირება;

გ) ხელი შეუწყოს ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის საზოგადოებისათვის ხელმისაწვდომობის პრინციპის უზრუნველყოფას;

დ) ხელი შეუწყოს ევროკავშირის კანონმდებლობით ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებისაგან დაცვის სფეროში დადგენილი სამართლებრივი ნორმების საქართველოს ტერიტორიაზე ეტაპობრივ ამოქმედებას.

## მუხლი 5.

ატმოსფერულ ჰაერზე პოტენციურად მავნე ზეგავლენის მქონე საქმიანობის დაგეგმვისა და განხორციელების დროს ფიზიკური და იურიდიული პირები, სახელმწიფო ორგანოები და აღმასრულებელი ხელისუფლების დაწესებულებები ვალდებული არიან იხელმძღვანელონ „გარემოს დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონით დადგენილი გარემოს დაცვისა და „ჯანმრთელობის დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონით დადგენილი ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხო გარემოს უზრუნველყოფის ძირითადი პრინციპებით.

## მუხლი 6.

1. ფიზიკურ და იურიდიულ პირებს უფლება აქვთ:

ა) ამ კანონის მე-20 მუხლის მე-6 პუნქტით განსაზღვრული აღმასრულებელი ხელისუფლების დაწესებულებიდან მიიღონ სრული, ობიექტური და დროული ინფორმაცია ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობის ხარისხობრივი მაჩვენებლების შესახებ;

ბ) აღმასრულებელი ხელისუფლების ორგანოებს წარუდგინონ წინადადებები ატმოსფერული ჰაერის დაცვის გაუმჯობესების თაობაზე;

გ) ხელი შეუწყონ ატმოსფერული ჰაერის დაცვის სფეროში სახელმწიფო და ადგილობრივი პროგრამების განხორციელებას;

დ) მონაწილეობა მიიღონ ატმოსფერული ჰაერის დაცვის სფეროში მნიშვნელოვან გადაწყვეტილებათა განხილვასა და მიღებაში;

ე) მიიღონ ანაზღაურება მათთვის მიყენებული ზიანისათვის, რომელიც გამოიწვია ატმოსფერული ჰაერის დაცვის კანონმდებლობის მოთხოვნათა შეუსრულებლობამ;

ვ) სასამართლო წესით მოითხოვონ ატმოსფერული ჰაერის დამაბინძურებელი ობიექტების განთავსების, დაპროექტების, მშენებლობის, რეკონსტრუქციისა და ექსპლუატაციის შესახებ გადაწყვეტილებათა შეცვლა;

ზ) აღძრან სარჩელი იმ პირთა მიმართ, რომლებიც მათ მიერ მხილებულნი იქნებიან ამ კანონით დადგენილი სამართლებრივი ნორმების დარღვევაში.

2. უცხო ქვეყნის მოქალაქეებზე და მოქალაქეობის არმქონე ფიზიკურ და იურიდიულ პირებზე, რომლებიც იმყოფ-



ბიან საქართველოს ტერიტორიაზე, ვრცელდება ამ მუხლის პირველი პუნქტით გათვალისწინებული ნორმები, თუ კანონით სხვა რამ არ არის დადგენილი.

3. ამ მუხლის პირველი პუნქტის „ზ“ ქვეპუნქტით განსაზღვრული პირები შეიძლება იყვნენ როგორც ფიზიკური, ისე იურიდიული პირები, მიუხედავად მათი ორგანიზაციულ-სამართლებრივი ფორმისა.

მუხლი 7.

1. ფიზიკური და იურიდიული პირები ვალდებული არიან:

ა) დაიცვან ამ კანონითა და საქართველოს კანონმდებლობით ატმოსფერული ჰაერის დაცვის სფეროში დადგენილი მოთხოვნები;

ბ) მოსალოდნელი ან მომხდარი ტექნოგენური ავარიისა და სხვა ეკოლოგიური კატასტროფის შესახებ ინფორმაციის მიღებისას დროულად აცნობონ სათანადო კომპეტენტურ სახელმწიფო ორგანოებს ან განაცხადონ საჯაროდ.

2. უცხო ქვეყნის მოქალაქეებზე და მოქალაქეობის არმქონე ფიზიკურ და იურიდიულ პირებზე, რომლებიც იმყოფებიან საქართველოს ტერიტორიაზე, ვრცელდება ამ მუხლის პირველი პუნქტით გათვალისწინებული ნორმები, თუ კანონით სხვა რამ არ არის დადგენილი.

3. აღმასრულებელი ხელისუფლების დაწესებულებებზე, სახელმწიფო ორგანოებზე, ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოებსა და საჯარო სამართლის იურიდიულ პირებზე ვრცელდება ამ მუხლის პირველი პუნქტით გათვალისწინებული ნორმები, თუ კანონით სხვა რამ არ არის დადგენილი.

მუხლი 11.

1. 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.

2. 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.

### 11.2.3. “ნიადაგის დაცვის შესახებ” საქართველოს კანონი

მუხლი 1. ზოგადი დებულებები:

1. ნიადაგის დაცვის პრობლემა დიდ მნიშვნელობას იძენს მცირემიწიანი საქართველოსთვის, სადაც ეროზიული პროცესების, ნიადაგის გაჭუჭყიანებისა და დანაგვიანების, მეორადი დაჭაობების და დამლაშების, სასარგებლო წიაღისეულისა და საშენი მასალების ღია წესით მოპოვების, ადამიანის არასწორი სამეურნეო მოქმედების შედეგად დიდი ნიადაგის დანაკარგები.

2. ნიადაგის დაცვა სახელმწიფოებრივი პრობლემაა, რადგან საქართველოში გავრცელებული ყველა ტიპის ნიადაგის, მათ შორის მწირი, მლაშე, დაჭაობებული, ბიცობი, მჟავე და ძლიერ დატენიანებული ნიადაგების სწორი და რაციონალური გამოყენება საქართველოს სოფლის მეურნეობისა და საერთოდ ეკონომიკის დინამიკური განვითარების მთავარი რეზერვია.

მუხლი 2. კანონის მიზნებია:

ა) უზრუნველყოს ნიადაგის საფარის მთლიანობა, ნაყოფიერების ზრდა და შენარჩუნება;

ბ) განსაზღვროს მიწათმოსარგებლეთა, მიწათმესაკუთრეთა და სახელმწიფოს მოვალეობა და პასუხისმგებლობა ნიადაგის დაცვისა და ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქციის წარმოების პირობების შესაქმნელად;

გ) აღკვეთოს ნიადაგის ნაყოფიერების ზრდის საშუალებათა გამოყენებისას უარყოფითი შედეგები, რომლებიც საფრთხეს შეუქმნის თვით ნიადაგს, ადამიანის ჯანმრთელობას, ფლორასა და ფაუნას;

დ) უზრუნველყოს სუბალპური და ალპური მდელოების დაცვის გზით მაღალმთიანი რეგიონების ენდემური მცენარეულობისა და ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის შენარჩუნება;

ე) მელიორირებული მიწებიდან მაღალი და მყარი მოსავლის მიღების მიზნით ხელი შეუწყოს მელიორაციის სფეროში საქმიანობის კოორდინაციას.

2. ადამიანის ჯანმრთელობის უზრუნველსაყოფად, მცენარეთა საფარისა და ცხოველთა სამყაროს, საერთოდ ბუნებრივი გარემოს, დაცვის მიზნით ამ კანონით წესდება ნიადაგში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების ნორმები და სტანდარტები.

3. ნიადაგდაცვითი სამუშაო სტანდარტები და ნორმატიული დოკუმენტები უნდა შეესაბამოს ამ კანონს.

მუხლი 3. ნიადაგის დაცვის ღონისძიებები და საშუალებები:

ა) ნიადაგის პასპორტიზაცია შესაბამისი პერიოდულობის დაცვით და ნიადაგის ნაყოფიერების ასამაღლებლად ეკოლოგიურად უსაფრთხო ტექნოლოგიების შემუშავება-დანერგვა;

ბ) ნიადაგის გამოფიტვის მიზეზების, სამელიორაციო, მიკრობიოლოგიური, აგროქიმიური და გეობოტანიკური კვლევა, ბონიტრება და კადასტრის პერიოდულად შედგენა;

გ) ეროზიისაგან ნიადაგის დაცვისათვის ორგანიზაციულ-სამეურნეო, აგროტექნიკური, სატყეო-სამელიორაციო, ჰიდროტექნიკური, ნიადაგდაცვითი ღონისძიებების კომპლექსური შერჩევა;

დ) დამლაშების, დაჭაობების, ასევე ნიადაგის გამჟავების თავიდან აცილების მიზნით აგროსამელიორაციო და აგროტექნიკურ ღონისძიებათა სწორი შერჩევა;

ე) ნიადაგის რესურსების დაცვა სტიქიური მოვლენებისაგან (წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, ღვარცოფი, ზვავი, მეწყერი) სახელმწიფო პროგრამის ფარგლებში;

ვ) სათიბ-საძოვრების ნიადაგის დაცვის, მათი ნაყოფიერების ამაღლებისა და მცენარეული საფარის გაუმჯობესების კულტურულ-ტექნიკური ღონისძიებების განხორციელება; ეროზიული პროცესების თავიდან ასაცილებლად ნახირისა და ფარის ვერტიკალური ძოვების წესის დაცვა და მაღალმთიან საძოვრებზე დადგენილ ნორმაზე გადაჭარბე-

ბული რაოდენობით ნახირისა და ფარის ძოვების აკრძალვა, საძოვართა მორიგეობის, ე.წ. როტაციის დამკვიდრება;

ბ) სასარგებლო წიაღისეულის და საშენი მასალების კარიერული წესით მოპოვების შედეგად დაზიანებული ნიადაგის რეკულტივიცია და მაღალმთიან რეგიონებში სასარგებლო წიაღისეულით სარგებლობით გამოწვეული ნიადაგისა და წყლის გაუვარვისების შედეგად მიყენებული ზიანის ანაზღაურება საქართველოს კანონმდებლობით დადგენილი წესით;

თ) რადიონუკლიდებით, ტოქსიკური ნივთიერებებით, სახიფათო და არასახიფათო ნარჩენებით ნიადაგის დაბინძურებისა და დანაგვიანებისაგან დაცვა;

ი) ნიადაგის ეტალონური ტიპების შენარჩუნება და აღკვეთილების მოწყობით მონიტორინგის ორგანიზაცია;

კ) ნიადაგურ-კლიმატური პირობების შესაბამის სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა განლაგების სწორი სტრუქტურა;

ლ) ნიადაგის დამუშავების პროგრესიული აგროტექნოლოგიებისა და ეკოლოგიურად სრულყოფილი სასოფლო-სამეურნეო მანქანა-იარაღების, რწყვის, ნიადაგის მელიორაციის ეფექტიანი მეთოდებისა და ჰუმუსის ბალანსის რეგულირებისათვის თესლბრუნვის დანერგვა, ორგანული და მინერალური სასუქების, მელიორანტების გამოყენება.

მუხლი 4. ნიადაგის დაცვის მიზნით დაწესებული აკრძალვები:

ა) ნაყოფიერი ნიადაგის არასასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებით გამოყენება;

ბ) არასასოფლო-სამეურნეო ხასიათის ნებისმიერი საქმიანობა ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის მოუსხნელად, მის დაუკონსერვებლად და დანიშნულებისამებრ გამოუყენებლად;

გ) ტერიტორიის ღია კარიერული წესით დამუშავება, რომელიც არ ითვალისწინებს დარღვეული ნიადაგის რეკულტივაციას;

დ) ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის მოხსნა ანგარებით ან პირადი სარგებლობის მიზნით;

ე) ფერდობების დატერასება ნიადაგის შერჩევისა და სათანადო დაპროექტების გარეშე;

ვ) საძოვრების გამწირება უწყესრიგო ძოვებით;

ზ) ტყით სარგებლობის დროს ნიადაგის საფარის დაზიანება;

თ) მინდორსაცავი ტყის ზოლების გაკაფვა-გადაკეთება, ნიადაგდამცავ ნაგებობათა დაზიანება;

ი) ყოველგვარი ქმედება, რომელიც გააუარესებს ნიადაგის თვისებებს;

კ) სასუქების, ქიმიური მედიორანტების და სხვა საშუალებების გამოყენება, რომელიც არ არის გამოცდილი საქართველოს პირობებში, არა აქვს გავლილი შესაბამისი ნიადაგურ-ეკოლოგიური ექსპერტიზა და არ არის შემოწმებული, რეგისტრირებული და ნებადართული შესაბამისი სახელმწიფო უწყების მიერ;

ლ) ნიადაგების ყოველგვარი გაჭუჭყიანება და დანაგვიანება;

მ) მაღალმთიან საძოვრებზე დადგენილ ნორმაზე გადაჭარბებული რაოდენობით ნახირისა და ფარის ძოვება, რაც იწვევს ეროზიულ პროცესებს;

ნ) მაღალმთიან რეგიონებში დეკასა და გადაშენების პირას მისული სხვა სუბალპური და ალპური მცენარეულობის საწვავად და სხვა მიზნით მოსახმარებლად მოპოვება.

მუხლი 5. ნიადაგის დაცვის სფეროში მართვის ორგანოების ამოცანები:

1. საქართველოს ტერიტორიაზე ნიადაგს იცავენ სპეციალურად ამისათვის უფლებამოსილი სახელმწიფო ორგანოები, რომლებიც უზრუნველყოფენ:

ა) ამ კანონის მე-2 მუხლით გათვალისწინებულ დონის დიებათა განხორციელებას;

ბ) ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლების საშუალებათა წარმოებას, საქართველოში მათი შემოტანისა და გამოყენების ორგანიზებას;

გ) ნიადაგის დაცვის სფეროში სამეცნიერო-კვლევითი და საპროექტო-საძიებო სამუშაოების განხორციელებას და ნიადაგის მონიტორინგის ორგანიზებას;

დ) ნიადაგის დაცვის კონცეფციის და პროგრამების შემუშავებას, ამ სფეროში საერთაშორისო ორგანიზაციებთან თანამშრომლობას.

2. მიწების მელიორაციის სფეროში ერთიან სახელმწიფო პოლიტიკას ახორციელებს საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტრო.

#### **11.2.4. „ლიცენზიებისა და ნებართვების შესახებ“ საქართველოს კანონი**

ეს კანონი არეგულირებს ისეთ ორგანიზებულ საქმიანობას ან ქმედებას, რომელიც ეხება პირთა განუსაზღვრელ წრეს, ხასიათდება ადამიანის სიცოცხლისათვის ან ჯანმრთელობისათვის მომატებული საფრთხით, მოიცავს განსაკუთრებით მნიშვნელოვან სახელმწიფო ან საზოგადოებრივ ინტერესებს ან დაკავშირებულია სახელმწიფო რესურსებით სარგებლობასთან. ეს კანონი აწესრიგებს ლიცენზიითა და ნებართვით რეგულირებულ სფეროს, განსაზღვრავს ლიცენზიისა და ნებართვის ამომწურავ ჩამონათვალს, ადგენს ლიცენზიისა და ნებართვის გაცემის, მათში ცვლილებების შეტანის და მათი გაუქმების წესებს.

კანონის შესაბამისად, საქმიანობის ან ქმედების სახელმწიფო რეგულირება ლიცენზიით ან ნებართვით ხორციელდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ეს საქმიანობა ან ქმედება უშუალოდ უკავშირდება ადამიანის სიცოცხლისათვის ან ჯანმრთელობისათვის მომატებულ საფრთხეს ან სახელმწიფო ან საზოგადოებრივი ინტერესის სფეროებს. სახელმწიფო რეგულირება ხორციელდება მხოლოდ მაშინ, თუ ლიცენზიის ან ნებართვის გაცემით რეალურად შესაძლებელია აღნიშნული საფრთხის შემცირება ან სახელმწიფო და საზოგადოებრივი ინტერესების გათვალისწინება.

საქმიანობის ან ქმედების ლიცენზიით ან ნებართვით რეგულირების მიზანი და ძირითადი პრინციპებია:

- ადამიანის სიცოცხლის და ჯანმრთელობის უზრუნველყოფა და დაცვა;
- ადამიანის საცხოვრებელი და კულტურული გარემოს უსაფრთხოება და დაცვა;
- სახელმწიფო და საზოგადოებრივი ინტერესების დაცვა.

კანონის მიხედვით შესაძლებელია უცხო ქვეყნის მიერ გაცემული ლიცენზია ან ნებართვა საერთაშორისო ხელშეკ-

რულებით ან კანონით აღიარებული იქნეს და მიენიჭოს ისეთივე სამართლებრივი სტატუსი, როგორიც აქვს საქართველოს კანონმდებლობის საფუძველზე გაცემულ ლიცენზიას ან ნებართვას.

### 11.2.5. სტრატეგიული გარემოსდაცვითი შეფასება

სტრატეგიული გარემოსდაცვითი შეფასების მიზანია – საწარმოს ტერიტორიაზე და მის მიმდებარე გარემოში ეკოლოგიური სიტუაციების პროგნოზი და, ასევე, ბუნებრივი გარემოს დაცვითი ღონისძიებების შესრულების კონტროლი.

სტრატეგიული გარემოსდაცვითი შეფასება არის ტექნიკურ - ნორმატიული დოკუმენტი, რომელიც სამრეწველო წარმოების მიერ ბუნებრივ (ჰაერი, წყალი, ნიადაგი, ტყე და სხ.) და მეორად (ელექტროენერგია, ბუნებრივი აირი, ნაფთობი და სხ.) რესურსების მოხმარებისა და გარემოზე ზემოქმედების საპროგნოზო მონაცემებს შეიცავს.

მასში თავსდება: - მონაცემები საწარმოს მიერ გამოყენებული ტექნოლოგიების, მოხმარებული ნედლეულის, საწვავის, ენერჯის ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლები; - გამოშვებული პროდუქციის მახასიათებლები; - საწარმოებიდან მანე ნივთიერებათა გამონაბოლქვების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მახასიათებლები.

სტრატეგიული შეფასება შეიცავს:

- ინფორმაციას საწარმოს განლაგებისა და მის მოსაზღვრე ობიექტების შესახებ;
- მონაცემებს ატმოსფეროსა და ზედაპირული წყლების დამაბინძურებელი წყაროებისა და სანიტარული – დაცვითი ზონის შესახებ;
- ნივთიერებათა გაფანტვის პირობების განმსაზღვრელ მეტეოროლოგიურ პარამეტრებსა და კოეფიციენტებს;

სტრატეგიული გარემოსდაცვითი შეფასების მიზანია გამოავლინოს აღნიშნული საქმიანობის განხორციელების პროცესში პირდაპირი და არაპირდაპირი პოტენციური ზეგავლენა ბუნებრივ და სოციალურ გარემოზე, მათ შორის:

- ადამიანის ჯანმრთელობაზე და უსაფრთხოებაზე, მცენარეულ საფარსა და ცხოველთა სამყაროზე, ნიადაგზე, ჰაერზე, წყალზე, კლიმატზე, ლანდშაფტზე, ეკოსისტემებზე და ისტორიულ ძეგლებზე ან ყველა ზემოთხაზოთვლილი

ფაქტორების ერთიანობაზე, მათ შორის, ამ ფაქტორების ზეგავლენას კულტურულ ფასეულობებზე (მემკვიდრეობაზე) და სოციალურ და ეკონომიკურ ფაქტორებზე. აღნიშნული დოკუმენტის ფარგლებში გათვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი საკითხები:

- სამართლებრივი ასპექტები:
  - საქართველოს პოლიტიკა და კანონმდებლობა გარემოს დაცვის სფეროში;
  - გარემოს დაცვის სტანდარტები და ნორმატიული აქტები.
- საინჟინრო-ტექნიკური ასპექტები, ეკოლოგიური შეფასება:
  - ობიექტის აღწერა;
  - წარმოების ორგანიზაცია და ძირითადი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები;
  - მუშაობის რეჟიმი;
  - წყალმომარაგება და კანალიზაცია;
  - ხანძარსაწინააღმდეგო სისტემა;
  - შრომის დაცვა და უსაფრთხოების ტექნიკა;
  - გარემოს ფონური მონაცემები და გარემოსდაცვითი ღონისძიებები.
- სოციალურ-ეკონომიკური გარემო (ზემოქმედება ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ზემოქმედება ინდუსტრიულ და დასახლებულ ზონებზე, ზემოქმედება სატრანსპორტო ნაკადებზე და ზემოქმედება მუშაობის უსაფრთხოებაზე).
- ზემოქმედების შეფასება ზოგადი კლასიფიცირების მიხედვით (ბუნებრივი აირის საცავის ექსპლუატაციის პირდაპირი და არაპირდაპირი, მეორადი, კუმულაციური, მოკლევადიანი, საშუალო და გრძელვადიანი, მუდმივი და დროებითი, დადებითი და უარყოფითი ზემოქმედებანი);
- გარემოზე ზეგავლენის შემცირების ღონისძიებები;
- მიღებული შედეგების ანალიზი, დასკვნები და რეკომენდაციები.



### 11.2.6. ზოგიერთი გარემოსდაცვითი სტანდარტები

გარემოსდაცვითი სტანდარტები ადგენენ გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის მოთხოვნებს და განსაზღვრავენ წყალში, ჰაერსა და ნიადაგში ადამიანის ჯანმრთელობისთვის და გარემოსთვის სახიფათო ნივთიერებების მაქსიმალურ დასაშვებ კონცენტრაციებს.

საქართველოში *ნიადაგის ხარისხის* შეფასების კრიტერიუმები განსაზღვრულია მეთოდური მითითებებით „ნიადაგის ქიმიური ნივთიერებებით დაბინძურების ხარისხის შეფასების შესახებ“.

ჰიგიენური პოზიციებიდან გამომდინარე, ნიადაგის ქიმიური ნივთიერებებით დაბინძურების საშიშროება განისაზღვრება:

- მისი შესაძლო უარყოფითი ზეგავლენის ხარისხით გარემოს ფაქტორებზე (წყალი, ატმოსფერული ჰაერი);
- საკვებ პროდუქტებსა და უშუალოდ ადამიანის ჯანმრთელობაზე;
- ნიადაგის ბიოლოგიურ აქტივობასა და მის თვითგაწმენდის პროცესებზე.

მახვენე ნივთიერებებით ნიადაგის დაბინძურების საშიშროების ჰიგიენური შეფასების ძირითად კრიტერიუმს წარმოადგენს ქიმიური ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (*ზღკ*) ნიადაგში.

*ზღკ* ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უვნებელი მანვენებელია, რადგანაც მისი მეცნიერული დასაბუთებისათვის გამოყენებული კრიტერიუმები მოიცავს დამაბინძურებლის – კონტაქტურ გარემოზე, ნიადაგის ბიოლოგიურ აქტივობასა და მის თვითგაწმენდის პროცესებზე უშუალო ზემოქმედების ყველა შესაძლო გზას. ამასთან, ყოველი სახის ზემოქმედების შესაძლო გზის შეფასება ხდება რაოდენობრივად.

ინფორმაცია ნიადაგის ზოგიერთი მინარევების ზღვრულად დასაშვები და საორიენტაციო დასაშვები კონცენტრაციები სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მქონე ნიადაგებში ცხრ.11.1-შია მოცემული.

ცხრილი 11.1. ნიადაგებში მავნე მინარევთა და-  
საშვები და საორიენტაციო კონცენტრაციები

კომპონენტი	ზღკ, მგ/კგ
დარიშხანი	2.0 – 55.0
კადმიუმი	0.5 – 2.0
სპილენძი	33.0 -132.0
ვერცხლისწყალი	2.1
ნიკელი	4.0
ვანადიუმი	150.0
ტყვია	32.0 -130.0
ტყვია +ვერცხლისწყალი	120.0 + 1.0
თუთია	55.0 – 220.0
ფტორი	2.3
ჯამური ნახშირწყალბადები	0.1
ციანიდი	0.2
<b>აქროლადი ორგანული ნაერთები</b>	
ბენზოლი	0.3
ტოლუოლი	0.3
ჯამური ქსილოლი	0.3
<b>ნახევრად აქროლადი ნაერთები</b>	
ბენზოაპირენი	0.02-0.2
იზოპროპილენბენზოლი	0.5
<b>პესტიციდები</b>	
ატრაზინი	0.01-0.5
ლინდანი	0.1
DDT და მისი 5 მეტაბოლიტი	0.1

ნიადაგების დაბინძურების საშიშროების შესაფასებლად, ქიმიური ნივთიერებების დაბინძურების მაჩვენებლების შერჩევა ხდება შემდეგი თავისებურებების გათვალისწინებით:

ა) დაბინძურების წყაროების სპეციფიკა, რომელიც განსაზღვრავს შესასწავლი რეგიონის ნიადაგების დამაბინძურებელ ქიმიურ ელემენტთა კომპლექსს;

ბ) დამაბინძურებლების პრიორიტეტებით - მათი ზღვა-სა და საშიშროების კლასის მიხედვით;

გ) მიწათსარგებლობის ხასიათით.

ნიადაგის დამაბინძურებელი ქიმიური ნივთიერებების სრული კომპლექსის ზემოქმედების შეფასების შეუძლებლობის შემთხვევაში, შეფასებას აწარმოებენ განსაკუთრებულად ტოქსიკური ნივთიერებების მიხედვით, რომლებიც მიუკუთვნებიან საშიშროების მაღალ კლასს.

**სასმელი წყლის** ხარისხის კრიტერიუმები განსაზღვრული არის სასმელი წყლის ტექნიკური რეგლამენტით.

საქართველოს შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის სამინისტროს ბრძანებით, ტექნიკური რეგლამენტის თანახმად, რომელიც შემუშავებულია „საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის შესახებ“ საქართველოს კანონის საფუძველზე, ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციის რეკომენდაციების, ევროდირექტივების, ქვეყნის რეგიონალური თავისებურებებისა და კლიმატურ-გეოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით ადგენს ადამიანის ჯანმრთელობის უსაფრთხოების სანიტარულ ნორმებს სასმელი წყლისათვის.

სასმელი წყალი უნდა აკმაყოფილებდეს რიგ სანიტარულ მოთხოვნას, მათ შორის:

- სასმელი წყალი უნდა იყოს უსაფრთხო ეპიდემიური და რადიაციული თვალსაზრისით, ქიმიური შემადგენლობით - უვნებელი და ჰქონდეს კეთილსასურველი ორგანოლექტიკური თვისებები;

- სასმელი წყლის ხარისხი ტექნიკური რეგლამენტით დადგენილ სანიტარულ ნორმებს უნდა აკმაყოფილებდეს;

- სასმელი წყლის ორგანოლექტიკური თვისებები უნდა შეესაბამებოდეს მის მიმართ წაყენებულ მოთხოვნებს;

- სასმელ წყალში არ დაიშვება შეუიარაღებელი თვალით შესამჩნევი წყლის ორგანიზებისა და ზედაპირული აპკის არსებობა;

- სასმელი წყლის ეპიდემიური უსაფრთხოება განისაზღვრება მიკრობიოლოგიური, ვირუსოლოგიური და პარაზიტოლოგიური მაჩვენებლების ნორმატივებთან შესაბამისობით.

ცხრილი 11.2. სასმელი წყლის ხარისხის კრიტერიუმები

კომპონენტი	სიდიდე, მგ/ლ
ბორი	0.5
ღარიშხანი	0.01
კადმიუმი	0.003
სპილენძი	2.0
ვერცხლისწყალი	0.006
ნიკელი	0.07
ტყვია	0.01
სელენი	0.01
ცინკი	3.0
ნატრიუმი	200.0
ჯამური ნახშირწყალბადები	0.1
ციანიდი	0.07
სულფატი	250.0
ქლორიდი	250.0
pH	6-9, pH სიდიდე
გოგირდწყალბადი (H <sub>2</sub> S)	0.003
ნიტრატი (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -ით)	20.0
ციანიდები (CN - ით)	0.035
ნიტრიტი (NO <sub>2</sub> - ით)	0.005
ბენზ(ა)პირენი	0.005

ზედაპირული წყლების ხარისხის კრიტერიუმები განსაზღვრულია გარემოს დაცვის მინისტრისა და შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის ბრძანებებით.

ზედაპირული წყლების ხარისხის ზოგიერთი მახასიათებლების მნიშვნელობები ცხრ.11.3 -შია მოცემული.

მიწისქვეშა წყლების ხარისხის სტანდარტები საქართველოს კანონმდებლობით ცალკე არ განისაზღვრება და რეგულირდება სასმელი წყლისთვის დაწესებული ნორმებით.

წყლის ობიექტებში სახიფათო ნივთიერებების მაქსიმალური დასაშვები კონცენტრაციების კვოტები განისაზღვრება “საქართველოს კანონით წყლის შესახებ”. მაქსიმალური

დასაშვები კონცენტრაციები განისაზღვრება კონკრეტული ობიექტისთვის ინდივიდუალურად.

ცხრილი 11.3. ზედაპირული წყლების ხარისხის მახასიათებლები

პარამეტრები	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (მგ/ლ)
pH	pH სიდიდე 6.5-8.5
ქლორიდები	350.0
ციანიდები (ჯამური)	0.1
ქქმ	30.0
ქბმ	6.0
ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადები	0.3
As	0.05
Cr <sup>6+</sup>	0.05
Cu	1.0
Hg	0.0005
Ni	0.1
Pb	0.03
Se	0.01
Zn	1.0
Na	200.0
	0.5
ფენოლები (ჯამური)	0.001
ბენზოლი	0.5
ტოლუოლი	0.5
ეთილბენზოლი	0.01
ბენზ(ა)პირენი	0.000005

საქართველოში მოქმედი წყლის ხარისხის სტანდარტები შეესაბამება ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის რეკომენდაციებს.

**ატმოსფერულ ჰაერში** მანვე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები განსაზღვრულია ჰიგიენური ნორმატივებით „დასახლებული ადგილების ატმოსფერული ჰაერის დამაბინძურებელი ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები“.

აღნიშნული ჰიგიენური ნორმატივები შემუშავებულია საქართველოს კანონების “ჯანმრთელობის დაცვის შესახებ”, “გარემოს დაცვის შესახებ” და “ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ” შესაბამისად.

ისინი ადგენენ მოთხოვნებს დასახლებული ადგილების ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის დაცვისადმი იმ ობიექტების განლაგების, დაპროექტების, მშენებლობის, რეკონსტრუქციისა და ექსპლუატაციისას, რომელთაც შესაძლოა მავნე ზეგავლენა მოახდინონ ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობაზე. მათი მოთხოვნათა შესრულება სავალდებულოა ხელისუფლებისა და ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოების, საწარმოებისა და ორგანიზაციებისათვის საკუთრების ფორმისა და უწყებრივი დაქვემდებარების მიუხედავად, აგრეთვე თანამდებობის პირებისა და ინდივიდუალური სამეწარმეო საქმიანობით დაკავებული მოქალაქეებისათვის.

თითოეულ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (მაქსიმალურად ერთჯერადსა და სადღეღამისოს) აქვს დამოუკიდებელი მნიშვნელობა, როგორც ორგანიზმზე უარყოფითი მოქმედების განვითარებაში, ასევე ატმოსფერული ჰაერის კონტროლისა და ჰაერის დაცვის გრძელ და მოკლე ვადაში ოპერატიული ღონისძიებების შემუშავებაში.

ატმოსფერულ ჰაერში ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები ცხრ.11.4-შია მოცემული.

ატმოსფერული ჰაერის დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ნორმირებისას, მინარევების ბიოლოგიური მიმართულების თავისებურების გარდა, მედიკოსები შემდეგი პრინციპებით ხელმძღვანელობენ:

- ა) ატმოსფერული ჰაერის ოპტიმალური პირობების შექმნა ადამიანის ნორმალური ცხოველქმედებისათვის;
- ბ) მოსახლეობის, მათ შორის ყველაზე მგრძობიარე და ტოქსიკური ზემოქმედებისადმი ნაკლებად გამძლე კონტინგენტის – ბავშვების, მოხუცების და ავადმყოფების - ჯანმრთელობის დაცვა;
- გ) ადამიანზე დამაბინძურებელი ნივთიერებების უშუალო (რეფლექტორული ან რეზორბციული) და ირიბი (ატმოსფეროს გამჭირვალეობის დაქვეითება და სხ.) ზემოქმედების თავიდან აცილება.

ცხრილი 11.4. ატმოსფერული ჰაერის ზოგიერთი მავნე მინარევის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები

ნივთიერება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები, მგ/მ <sup>3</sup>	
	მაქს.-ერთ-ჯერადი	საშუალო სა-დღეღამისო
ასბესტ-შემცველი მტკერი	-	0.06
სილიციუმის დიოქსიდი >70%	0.15	0.05
სილიციუმის დიოქსიდი 70-20%	0.3	0.1
სილიციუმის დიოქსიდი <20%	0.5	0.15
აზოტის ოქსიდი	0.2	0.4
აზოტის დიოქსიდი	0.085	0.04
გოგირდის დიოქსიდი	0.5	0.05
მყარი ნაწილაკები (მტკერი)	0.5	0.15
ნახშირჟანგი	5.0	3.0
ფენოლი	0.01	0.003
ტყვია	0.001	0.0003
კადმიუმი	-	0.0003
მანგანუმი	0.01	0.001
ამიაკი	0.2	0.04
ბენზოლი	1.5	0.1
ვერცხლისწყალი (მეტალური)	0.2	0.0003
ბენზ(ა)პირენი	-	0.1 მგ/100მ <sup>3</sup>
ოზონი	0.16	0.03
დარიშხანი	-	0.003
ვერცხლისწყალი	-	0.0003

ზემოაღნიშნულის განხორციელების მიზნით სახიფათო ნივთიერებების ემისიის/ჩაშვების (წყალში, ჰაერში, ნიადაგის გარემოში) კვრები დგინდება, რომლებიც განსაზღვრავენ დაბინძურების ყველა წყაროსთვის ემისიის/ჩაშვების მაქსიმალურ დასაშვებ სიდიდეებს.

აღნიშნული ნივთიერებების ჩამონათვალი, საქართველოს მთავრობის მიერ დამტკიცებული, სტაციონარული დაბინძურების წყაროებიდან გაფრქვეული სახიფათო ნივთიერე-

ბების საშიშროების კოეფიციენტების დამტკიცების შესახებ დებულების შესაბამისად არის მოცემული.

**ხმაური:** დღისა და ღამის საათებში ხმაურით გამოწვეული მნიშვნელოვანი ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად, საქართველოში მოქმედებს გარემოს აკუსტიკური ფონის სანიტარული სტანდარტული ნორმები „ხმაური სამუშაო ადგილებზე, საცხოვრებელი, საზოგადოებრივი შენობების სათავსებში და საცხოვრებელი განაშენიანების ტერიტორიაზე“.

ამ ნორმატიული დოკუმენტის მიხედვით, საცხოვრებელი განაშენიანების ტერიტორიის საზღვარზე ხმაურის გავრცელების ნორმად დღის საათებისთვის (7სთ-იდან - 19სთ-მდე) მიღებულია 55 დეციბელი (დბ), ხოლო ღამის საათებისთვის (19სთ-იდან - დილის 7სთ-მდე) - 45 დბ; სამრეწველო საწარმოების ტერიტორიაზე ხმაურის დონის დასაშვები სიდიდე 70 დეციბელს უტოლდება.

საქართველოში მიღებული ხმაურის სტანდარტი ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციისა (WHO) და საერთაშორისო ფინანსური კორპორაციის (IFC) მიერ რეკომენდირებულ სიდიდეებთან არის თანხვედრაში.

### 11.3. ჰაერის ხარისხი და ჯანმრთელობა

ჰაერის დაბინძურება ჯანმრთელობისთვის გარემოსთან დაკავშირებულ ერთ-ერთ ძირითად რისკს წარმოადგენს და, შეფასებების მიხედვით, ყოველწლიურად მთელ მსოფლიოში 2 მილიონი ადამიანის სიკვდილის მიზეზია. ამასთან, ჯანმრთელობაზე დაბინძურებული ჰაერის ზემოქმედებასთან დაკავშირებული ეფექტების ნახევარზე მეტს განვითარებად ქვეყნებში მცხოვრები ადამიანები განიცდიან.

ქვეყნებმა ჰაერის დაბინძურების შემცირებით შეიძლება შეამცირონ რესპირატორული ინფექციების, გულის დაავადებების და ფილტვის კიბოს დაავადებათა ტვირთი.

2005 წ-ს „ჰაერის ხარისხის შესახებ მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის რეკომენდაციები“ ადამიანთა ჯანმრთელობისთვის ჰაერის დაბინძურების შედეგების შემცირებისთვის გლობალურ სახელმძღვანელოს წარმოადგენს.

პირველად 1987წ-ს გამოშვებული და 1997 წ-ს განახლებული სახელმძღვანელო პრინციპები ევროპის ქვეყნებისთვის იყო გათვლილი, ხოლო 2005 წ-ს სახელმძღვანელო პრი-



ნციპები მთელ მსოფლიოში მოხმარებისთვის არის განკუთვნილი. იგი სამეცნიერო მონაცემების უკანასკნელ ექსპერტულ შეფასებებს ეფუძნება. მათში, მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მოქმედების რეგიონებში გასათვალისწინებლად, რეკომენდებულია ჰაერის გარკვეული დამაბინძურებლების გადახედული და შესწორებული კონცენტრაციის ლიმიტები, მათ შორის: მყარი ნაწილაკების, ოზონის ( $O_3$ ), აზოტის დიოქსიდისა ( $NO_2$ ) და გოგირდის დიოქსიდის ( $SO_2$ ).

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, **ატმოსფერული ჰაერის** დაბინძურებისგან დაცვის მიზნით საქართველოს კანონმდებლობით რიგი მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციებია დადგენილი, რომელთა მნიშვნელობები ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციისა და ევროკავშირის შესაბამის ნორმების მნიშვნელობებთან არის გათანაბრებული. ამით „გარემოს დაცვის შესახებ“ საქართველოს კანონით დადგენილი გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის უზრუნველყოფის საქმიანობას და „ჰაერის ხარისხის შესახებ მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის რეკომენდაციები“-ს შესრულებას ეწყობა ხელი.

ამასთან, ისინი განსაზღვრავენ დროის გასაშუალოებულ პერიოდში ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციის მაქსიმალურ მნიშვნელობას, რომელიც პერიოდული ზემოქმედებისას არ ახდენს უარყოფით გავლენას ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე (ცხრ.11.5) .

აღსანიშნავია, რომ ცხრ.11.5-ში მოცემული ზღვრული მნიშვნელობები უნდა გადამოწმდეს არანაკლებ 5 წელიწადში ერთხელ.

მცენარეულ საფარსა და სხვა ეკოსისტემებზე ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებით გამოწვეული უარყოფითი ზემოქმედების თავიდან აცილების ან შემცირების მიზნით, ცხრ.11.6-ში მოტანილი მონაცემებით დგინდება ატმოსფეროში გოგირდის დიოქსიდისა და აზოტის ოქსიდების კრიტიკული დონე და მისი შეფასების ზღვრები, რომელთა საფუძველზეც უნდა შეფასდეს ამ მავნე ნივთიერებების დონე.

ცხრილი 11.5. ტექნიკური რეგლამენტი - ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის სტანდარტები

ნივთიერება	ზღვრული მნიშვნელობა	ტოლერანტობის ზღვარი	გასაშუალოების პერიოდი	დასაშვები გადაჭარბების რაოდენობა წლის მანძილზე
გოგირდის დიოქსიდი	350 მკგ/მ <sup>3</sup>	150 მკგ/მ <sup>3</sup> (43%)	1 სთ	24
	125 მკგ/მ <sup>3</sup>		24 სთ	3
აზოტის დიოქსიდი	200 მკგ/მ <sup>3</sup>	50%	1 სთ	18
	40 მკგ/მ <sup>3</sup>	50%	1 წელი	0
10 მკმ მყარი ნაწილაკები	50 მკგ/მ <sup>3</sup>	50%	24სთ	35
	40 მკგ/მ <sup>3</sup>	20%	1 წელი	
2.5 მკმ მყარი ნაწილაკები	25 მკგ/მ <sup>3</sup>	20%	1 წელი	0
CO	10 მგ/მ <sup>3</sup>	60%	8 სთ	0
ბენზოლი (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	5 მკგ/მ <sup>3</sup>	5 მკგ/მ <sup>3</sup> (100%)	1 წელი	0
ოზონი (O <sub>3</sub> )	120.0 მკგ/მ <sup>3</sup>	100%	დღეში 8სთ გასაშუალოების მაქსიმალური	25 (3წლის გასაშუალოების პერიოდში)
Pb	0.5 მკგ/მ <sup>3</sup>		1 წელი	0
As	6.0 ნგ/მ <sup>3</sup>		1 წელი	0
Cd	5.0 ნგ/მ <sup>3</sup>		1 წელი	0
Ni	20.0 ნგ/მ <sup>3</sup>		1 წელი	0
ბენზ(ა)პირენი (C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> )	1.0 ნგ/მ <sup>3</sup>		1 წელი	0
MnO <sub>2</sub>	1 მკგ/მ <sup>3</sup>		24 სთ	0

ცხრილი 11.6. ეკოსისტემების დაცვის მიზნით ატმოსფერულ ჰაერში ზოგიერთი მინარევების შეფასების დონე და ზღვრები

ნივთი-ერება	კრიტიკული დონე	შეფასების		გასაშუალოების პერიოდი	გადაჭარბების დასაშვები რაოდენობა 1 წლ. მანძილზე
		ზედა ზღვარი	ქვედა ზღვარი		
SO <sub>2</sub>	20 მკგ/მ <sup>3</sup>	კრიტიკული დონის		1 წლ და ზამთრის პერიოდი (01.10-31.03)	3
		60% 2მკგ/მ <sup>3</sup>	40% (8მკგ/მ <sup>3</sup> )		
NO <sub>x</sub>	30 მკგ/მ <sup>3</sup>	კრიტიკული დონის		1 წელი	18
		80% (24მკგ/მ <sup>3</sup> )	65% (19.5მკგ/მ <sup>3</sup> )		

ზემომოტანილი გარემოს ხარისხობრივი მდგომარეობის ნორმები განახლებულია ევროკავშირის კანონმდებლობასთან ჰარმონიზაციის გათვალისწინებით.

ამ მიზნებისათვის, სამართლებრივი მოთხოვნების გათვალისწინებით, ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის სტანდარტები, საქართველოს მთავრობის მიერ ნაკისრ ვალდებულებათა შესრულების ფარგლებში, ევროკავშირის კანონმდებლობით განსაზღვრული წესით არის დადგენილი.

ამრიგად, როგორც ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარეობს, ბუნებრივ და სოციალურ გარემოზე ზემოქმედების შეფასება მკაცრად განსაზღვრული პროცესია, რომელიც თანმიმდევრულ და ურთიერთდაკავშირებულ პროცესებისაგან შედგება.

საქართველო მიერთებულია მრავალ საერთაშორისო კონვენციას და ხელშეკრულებას. აქ მოქმედ გარემოსდაცვით საკანონმდებლო აქტებში აისახება მსოფლიო ბანკის შესაბამის დოკუმენტებში ჩამოყალიბებული მოთხოვნები. მათ შორის მნიშვნელოვანია შემდეგი მიმართულებები:

- ბუნებრივი გარემოსა და ბიომრავალფეროვნების დაცვა;
- კლიმატის ცვლილება;
- გარემოს დაბინძურება და ეკოლოგიური საფრთხეები;
- კულტურული მემკვიდრეობა;
- საჯარო ინფორმაცია.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. გულისაშვილი ვასილ. მცენარეთა ეკოლოგია: სახელმძღვანელო -თბილ. უნივ. გამომცემლობა, 1960.
2. გუნია გ. ატმოსფეროს ეკოლოგიური მონიტორინგის მეტეოროლოგიური ასპექტები. - საქ. მეცნ. აკად., ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბ. 2005.
3. მელაძე მაია. აგროეკოლოგიის ძირითადი საფუძვლები. „უნივერსალი“, 2015.
4. საქართველოს კანონი „გარემოს დაცვის შესახებ“. №519, 05/07/2018.
5. საქართველოს კანონი ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ. №2116, 05/07/2018.
6. საქართველოს კანონი წყლის შესახებ. №936, 20/07/2018.
7. საქართველოს კანონი ნიადაგის დაცვის შესახებ. №490, 07/12/ 2017.
8. ტექნიკური რეგლამენტი –ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის სტანდარტების დამტკიცების შესახებ. საქართველოს მთავრობის დადგენილება №383, 7/07/2018, თბილისი.
9. Munn R.E. Global Environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase I (Scientific Committee on Problems of the Environment - SCOPE, Report 3). –Toronto, Canada, 1973. P.130.
10. Odum Eugene. Fundamentals of Ecology. With Howard T.Odum. 1953.
11. Greenhouse Gas Inventory Reporting Instructions. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Ed., by J.T.Houghton et al., 1997. - IPCC, OECD and IEA. Printed in Hadley Centre.
12. Берляид М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1985.
13. Будыко М.И. Глобальная экология. - М.: Мысль, 1977.
14. Гуния Г.С. Вопросы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха на территории Грузии. - Л.:Гидрометеиздат, 1985.
15. Гуния Г.С. Современные проблемы запыленности атмосферы - Обнинск: ВНИИГМИ - Мировой центр данных, 1978.
16. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
17. Степановских А.С. Экология. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.