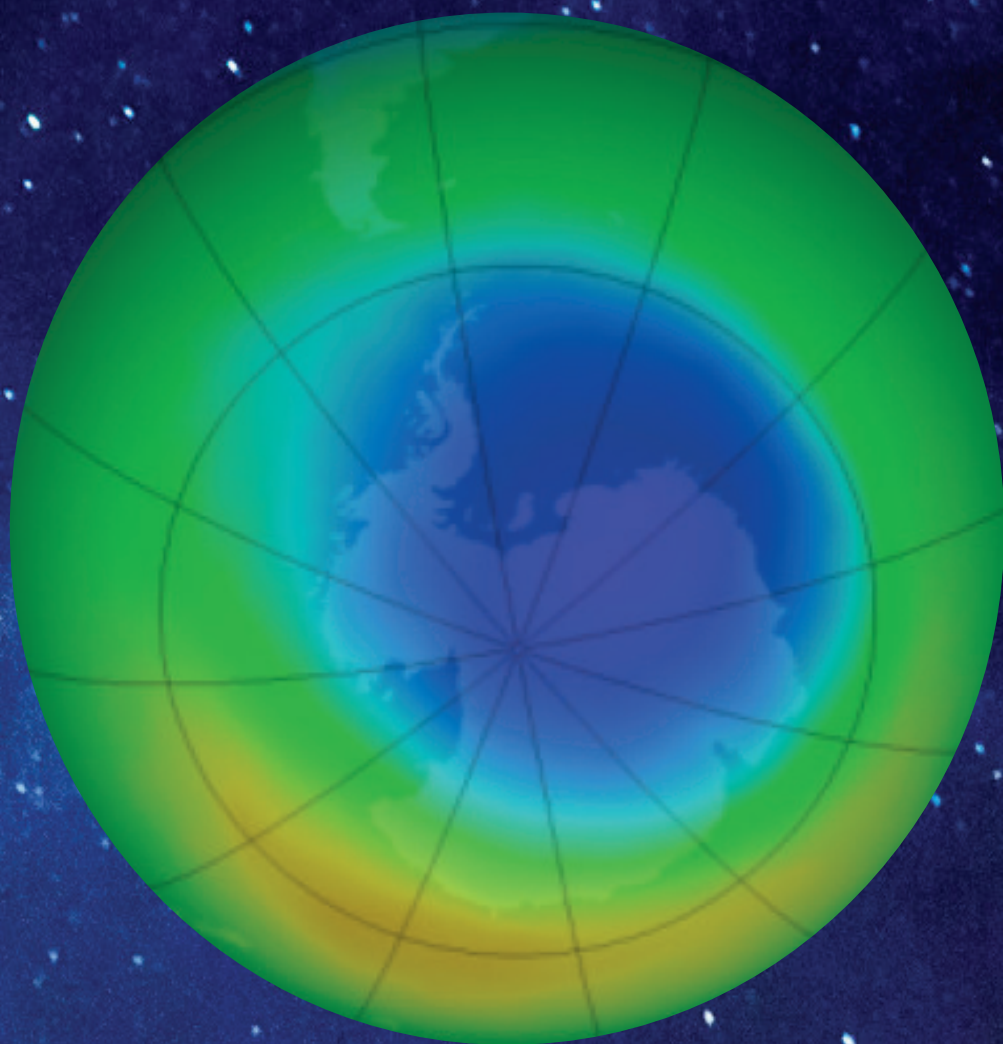
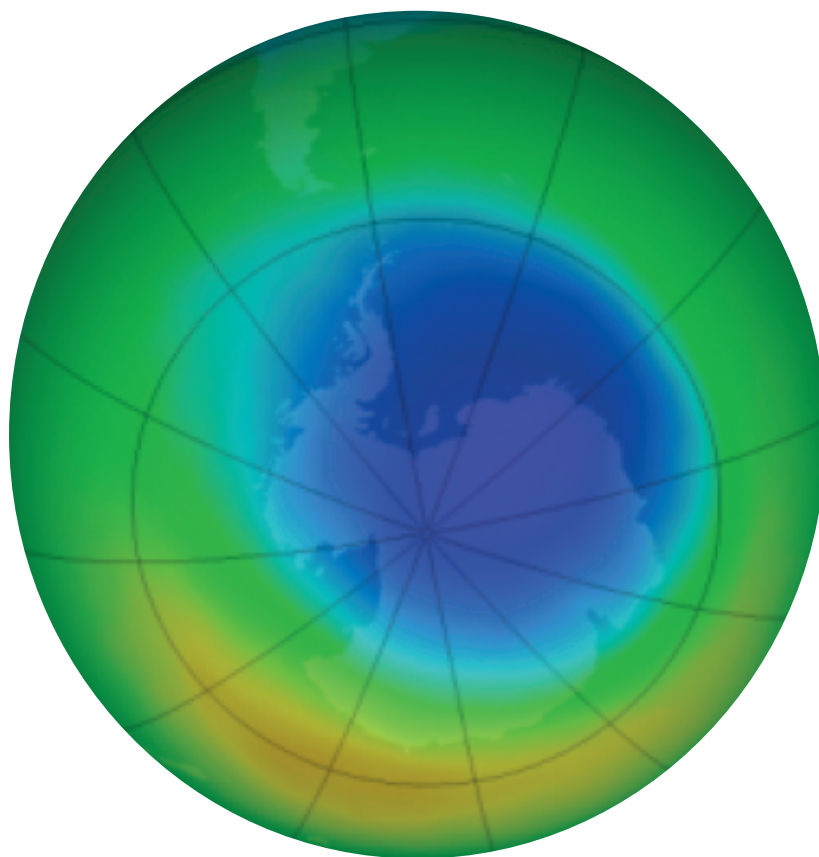


მზომონს ზნა და მონი რანზა



ნ. მუმლაძე, თ. მეგრელიძე

ოზონის ზრდა და მისი დაცვა



თბილისი, 2017

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია ოზონის შრის შენარჩუნების პრობლემის სხვადასხვა ასპექტი; განხილულია ძირითადი ცნებები ოზონის, ოზონის შრის და მისი როლის შესახებ ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოს დაცვაში; გაანალიზებულია ოზონის წარმოქმნისა და დაშლის მექანიზმები ატმოსფეროში; ნაჩვენებია ოზონის განაწილება ატმოსფეროს სხვადასხვა შრეში, ასევე დედამიწის ზედაპირის სხვადასხვა რეგიონში, ოზონის შრის მდგომარეობის პროგნოზული შეფასებები ითვალისწინებს სხვადასხვა პირობას, მათ შორის ადამიანის მოქმედებას; მოყვანილია საერთაშორისო შეთანხმებები, დაკავშირებული ოზონის შრის დაცვასთან, საქართველოს ვალდებულებები და მათი შესრულების მიმდინარეობა.

ქვემოთ ვრცლად არის წარმოდგენილი ოზონდამშლელი ნივთიერებები, მათი კლასიფიკაცია, ეკოლოგიურად უსაფრთხო ალტერნატივები და ბუნებრივი მაცივარაგენტები, ოზონდამშლელი ნივთიერებების უტილიზაციის თანამედროვე მეთოდები.

ნაშრომი განკუთვნილია უმაღლესი და პროფესიული განათლების სასწავლებლების გარემოს დაცვისა და ეკოლოგიის, ასევე საინჟინრო ეკოლოგიის, სასაქივრო ტექნოლოგიების მიმართულების სტუდენტებისათვის, მაგისტრანტებისა და დოქტორანტებისათვის. იგი დახმარებას გაუწევს სკოლის პედაგოგებს, პროფესორ-მასწავლებლებს საგანმანათლებლო და სამეცნიერ-კვლევითი მუშაობისას, განსაკუთრებით კი, მაცივარაგენტებთან და სასაქივრო ტექნიკასთან მომუშავე პერსონალს.

ჩვენი ნაშრომის გამოყენება ასევე შეიძლება ოზონის შრის დაცვისა და შენარჩუნების ღონისძიებების შესახებ ახალგაზრდებისა და მოსახლეობის ფართო ფენების ცნობიერების ასამაღლებლად.

Published with the financial assistance of the Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol (MLF) and the United Nations Development Programme (UNDP).

The views expressed herein can in no way be taken to reflect the official opinion of MLF and UNDP.

გამოცემულია მონრეალის ოქმის მრავალმხრივი ფონდისა (MLF) და გაეროს განვითარების პროგრამის (UNDP) ფინანსური მხარდაჭერით.

წინამდებარე გამოცემაში გამოთქმული მოსაზრებები შეიძლება არ ასახავდეს მრავალმხრივი ფონდისა (MLF) და გაეროს განვითარების პროგრამის (UNDP) თვალსაზრისს.



საქართველოს გარემოსა
და ბუნებრივი რესურსების
დაცვის სამინისტრო



Empowered lives.
Resilient nations.

შინაარსი

შესავალი	6
1. ოზონი ატმოსფეროში	8
1.1. ოზონის წარმოქმნისა და დაშლის პროცესები ატმოსფეროში ოზონის ნულოვანი ციკლი	8
1.2. ტროპოსფერული ოზონი	9
1.3. „კარგი“ და „ცუდი“ ოზონი, ბუნებრივი ოზონი, ჯამური ოზონის განაწილება დედამიწის გარშემო	11
1.4. როგორ შევამციროთ „მაგნე“ ოზონი?	13
1.5 ტროპოსფერული ოზონის გავლენა ადამიანისა და ცხოველების ჯანმრთელობაზე, მცენარეებსა და მასალებზე	13
1.6. როგორ ავიციდინოთ თავიდან მიწისპირა ოზონის მაგნე მოქმედება?	14
1.7. ტროპოსფერული ოზონი შლის იტალიის ისტორიულ ძეგლებს	15
1.8. ოზონის განსაზღვრა ატმოსფეროში	16
2. ოზონის შრის რღვევის მიზეზები, ოზონის დაშლა	18
2.1. წყალბადური ციკლი	18
2.2. აზოტის ციკლი	19
2.3. ქლორის ციკლი	19
2.4. ბრომის ციკლი	21
3. „ოზონის ხვრელი“ ანტარქტიკის თავზე	23
3.1. ხვრელები დედამიწის ოზონის შრეში – აღმოჩენის ისტორია, პრობლემის არსი	23
3.2. ეკოლოგებმა გრენლანდიაში ოთხი ახალი ოზონდამშლელი ნივთიერება აღმოაჩინეს	29
4. ოზონის შრის რღვევის გავლენა ჯანმრთელობასა და გარემოზე	31
5. ოზონის შრის რღვევა და კლიმატის ცვლილება	35
6. ოზონდამშლელი ნივთიერებები და მათი კლასიფიკაცია	39
6.1. მაცივარაგენტები	42
7. ზოგიერთი ოზონდამშლელი ნივთიერება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში	46
8. საერთაშორისო შეთანხმებები ოზონის შრის დასაცავად	51
8.1. „ვენის კონვენცია“ ოზონის შრის დაცვის შესახებ	51
8.2. „მონრეალის ოქმი“	51
8.3. მხარეთა ვალდებულებები „მონრეალის ოქმისა“ და მისი ცვლილებების თანახმად	53
8.4. „მონრეალის ოქმის“ მნიშვნელობა	54
8.4.1. აქტიური ზემოქმედების უნარის მქონე ჰალოგენების წარმომქმნელი აირების რაოდენობა წარსულში და მომავალში	54
8.4.2. როდის აღდგება ოზონის შრე?	56
8.5. საქართველოს ვალდებულებები და მათი შესრულების მიმდინარეობა	59
9. ოზონდამშლელი ნივთიერებების ეკოლოგიურად უსაფრთხო ალტერნატივები, ბუნებრივი მაცივარაგენტები	63
9.1. ამიაკის გამოყენება მაცივარაგენტად	64
9.1.1. მშენებლობა	65
9.1.2. სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება	66
9.1.3. კვების პროდუქტების გადამამუშავება	66

9.1.4. ცენტრალიზებული თბომომარაგება	66
9.2. CO ₂ -ის გამოყენება მაცივარაგენტად	67
9.3. წყალი	70
10. კონდიციონერების წარმოება პროპანის გამოყენებით	71
11. ოზონუსაფრთხო მაცივარაგენტების გამოყენების პერსპექტივები საყოფაცხოვრებო სასაცხოვრო მოწყობილობებში	73
12. ჰიდროფტორნაჰშირწყალბადების გამოყენების შეზღუდვების შესახებ	76
13. ოზონდამშლელი ნივთიერებების უტილიზაცია: თანამედროვე მეთოდები	80
13.1. ოზონდამშლელი ნივთიერებების განადგურება დაწვის გზით	80
13.1.1. კრეკინგი რეაქტორში	80
13.1.2. დაჟანგვა აირად ფაზაში/დაჟანგვა კვამლით	81
13.1.3. დაწვა როტაციულ ღუმელებში	81
13.1.4. დაწვა სითხის გაშხეფებით	81
13.1.5. კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მყარი ნარჩენების დაწვა	81
13.1.6. დაწვა ცემენტის წარმოების პროცესში	82
13.2. პლაზმური ტექნოლოგიები	83
13.2.1. ოდნ-ის განადგურება არგონის პლაზმის რკალში	83
13.2.2. ინდუქციურბმული მაღალსიხშირული პლაზმა	83
13.2.3. აზოტის პლაზმის რკალი	83
13.2.4. ზემაღალი სიხშირის პლაზმა	84
13.3. ტექნოლოგიები, რომლებშიც არ გამოიყენება დაწვა	84
13.3.1. ქიმიური აღდგენა აირად ფაზაში	84
13.3.2. კატალიზური დეჰალოგენიზაცია აირად ფაზაში	84
13.3.3. გამინება	84
13.3.4. რეაქტორი გადამეტნაჭერი ორთქლით	85
13.4. ოდნ-ის შემცველი პროდუქციის უტილიზაციის პრაქტიკული რეალიზაცია	85
14. ოზონდამშლელი ნივთიერებების განადგურების ტექნოლოგიები დამტკიცებული XV/9 გადაწყვეტილებით	86
15. ოდნ-ის უტილიზაცია – ევროპის გამოცდილება	87
16. უსაფრთხოების წესები მაცივარაგენტების ამოღების, გადამუშავების და უტილიზაციისას	89
16.1. მაცივარაგენტების ამოღების ზოგადი წესები	89
16.2. მაცივარაგენტების რეციკლირებისა და რეგენერაციის ტექნოლოგია	92
16.3. ამოღებული მაცივარაგენტის უსაფრთხო მოხმარების წესები	93
17. სერტიფიკაციის სისტემა მაცივარაგენტებთან მუშაობისათვის	94
დანართები	96
ლიტერატურა	106

განმარტება

CFC	ქლორფტორნახშირბადი (ქფნ)
HCFC	ჰიდროქლორფტორნახშირბადი (ჰქფნ)
HFC	ჰიდროფტორნახშირბადი (ჰფნ)
ODS	ოზონდამშლელი ნივთიერებები (ოდნ)
ODP	ოზონის დაშლის პოტენციალი (ოდპ)
GWP	გლობალური დათბობის პოტენციალი (გდპ)
UNDP	გაეროს განვითარების პროგრამა
UNEP	გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამა
UNIDO	გაეროს ინდუსტრიული განვითარების ორგანიზაცია
GWP	გლობალური დათბობის პოტენციალი (გდპ)
HPMP	წყალბადქლორფტორნახშირბადების მოხმარებიდან ამოღების მართვის გეგმა

შესავალი

მსოფლიო ისტორია მოწმობს, რომ კაცობრიობის ევოლუციის გრძელ გზაზე ბიოსფეროში ყველაზე მნიშვნელოვანი ცვლილებები XX საუკუნის მეორე ნახევარში განიცადა. გეოლოგიური თვალსაზრისით, დროის ამ მცირე მონაკვეთში მეცნიერებისა და ტექნიკის მძლავრმა განვითარებამ ბუნებაში საუკუნეებით გაბატონებული ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევა გამოიწვია. თანამედროვე ეტაპზე კაცობრიობა დადგა ბუნებაში შეუქცევადი პროცესების, ენერგიის და ნივთიერებათა გადაადგილებისა და გარდაქმნის ახალი გზების არსებობის ფაქტის წინაშე. ბუნებაში ჩნდება ადამიანის ორგანიზმისათვის ძლიერტოქსიკურ ახალ ნივთიერებათა სულ უფრო მეტი რაოდენობა, მათი ნაწილი არ ერთვება ბუნებრივ წრებრუნვაში და გროვდება ბიოსფეროში.

ჯერ კიდევ XX საუკუნის დასაწყისში დედამიწის მოსახლეობა სუნთქავდა სუფთა ჰაერით, სვამდა სუფთა წყალს, სამყარო ეჩვენებოდა უსასრულო, ხოლო ბუნებრივი რესურსები – ამოუწურავი. სულ რაღაც რამდენიმე ათწლეულის შემდეგ კი მსოფლიო აღმოჩნდა ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე. თუ კაცობრიობა განაგრძობს ამ გზით სიარულს, ერთი-ორი თაობის შემდეგ დალუპვა გარდაუვალი იქნება.

ადამიანის ბუნებაზე დამოკიდებულება და ბუნებასთან ურთიერთობა თავისებური კვანძი გახდა ადამიანის ეკონომიკური, კულტურული და საზოგადოებრივი ცხოვრების სხვადასხვა ასპექტის მიმდინარეობის, ყველა ფასეულობის გადაფასებისა და ჩვენ ბოლოსდაბოლოს შევძლებთ გავაცნობიეროთ, რომ ადამიანისათვის არ არის პრივილეგირებული ადგილი ბუნებასა და კოსმოსში, რომ დედამიწაზე არსებობა შეუძლია მხოლოდ იმ საზოგადოებას, რომელიც ორგანულ ერთიანობაშია გარემომცველ ბუნებრივ გარემოსთან. გარე სამყარო გაძლებს ადამიანის გარეშეც, ადამიანი კი ბუნებრივი გარემოს გარეშე არსებობას ვერ შეძლებს.

კაცობრიობამ გააცნობიერა ეკოლოგიური პრობლემების დიდი მნიშვნელობა, როდესაც ხალხის მატერიალური მოღვაწეობის მასშტაბები და ინტენსივობა ისეთი გახდა, რომ პლანეტის ბუნებრივმა გარემომ შეწყვიტა ყოფილიყო წარმოების, ტრანსპორტის, ყოფა-ცხოვრების ნარჩენების საყოველთაო მშთანთქმელი, ნედლეულისა და ენერგიის ამოუწურავი წყარო.

დღესდღეობით ბიოსფეროში შეუქცევადი დეგრადაციული პროცესები მიმდინარეობს. გლობალურ დონეზე არსებითად იცვლება და ადამიანის ზემოქმედების მიმართ არამდგრადი ხდება მილიონი წლის მანძილზე ჩამოყალიბებული ეკოსისტემები.

ბიოსფეროს თანამედროვე მდგომარეობა შეიძლება შემდეგნაირად დახასიათდეს:

- იცვლება პლანეტის სახე; ნადგურდება ტყეები; იღვება სასარგებლო წიაღისეულის ბუდობები; იქმნება ახალი წყალსაცავები; პირველადი ბიოცენოზების ადგილზე იქმნება მეორეული აგროცენოზები.
- იცვლება ჰაერის, წყლის, ნიადაგის ქიმიური შედგენილობა. ბიოსფერო ბინძურდება ნივთიერებებით, რომლებიც არ ერთვება წრებრუნვაში და მასში გროვდება: პესტიციდები, სასუქები, სამრეწველო ნარჩენები, რადიოაქტიური ნივთიერებები.
- მცირდება თვითგანმენდის პროცესის ტემპები. მთავარ საშიშროებას წარმოადგენს ნარჩენების არა რაოდენობის, არამედ ხარისხის ცვლილება, მათ არ გამოიყენებენ მიკროორგანიზმები, არ იშლება, არ იუანგება. ამიტომ შემცირდა ბიოსფეროში ბიოლოგიური განმენდის ბუნებრივი პროცესის – თვითგანმენდის პროცესის ტემპები.

XX-XXI საუკუნეების გასაყარზე ცივილიზაციის წინაშე გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის რეალური საშიშროება დადგა, რაშიც, უპირველეს ყოვლისა, იგულისხმება ნაირგვარი ეკოლოგიური პრობლემების მთელი ტვირთი. გლობალური პრობლემები მთელ დედამიწაზე არსებობს.

თანამედროვეობის ძირითადი გლობალური ეკოლოგიური პრობლემებია: დედამიწის კლიმატის ცვლილება, სათბურის ეფექტი; ოზონის ეკრანის რღვევა, ოზონის ხვრელების წარმოქმნა; დემოგრაფიული აფეთქება; ატმოსფეროს ქიმიური დაბინძურება, მჟავე წვიმები; ნიადაგების დაბინძურება, მათი ფართობების შემცირება; ხმელეთის ზედაპირული წყლების და მსოფლიო ოკეანის დაბინძურება; ბიომრავალფეროვნების შემცირება; რესურსების შემცირება; ადამიანის ჯანმრთელობის პრობლემები; ადრე უცნობი და ხშირ შემთხვევაში უკურნებელი დაავადებების რიცხვის ზრდა;

დღევანდელობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემა დაკავშირებულია სტრატოსფეროში მიმდინარე ქიმიურ პროცესებზე ანთროპოგენური ზემოქმედების საშიშროებასთან და მასში ოზონის საერთო შემცველობის შემცირებასთან. ოზონი ატმოსფეროს ძალიან მცირე ნაწილს შეადგენს, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ატმოსფეროში მის არსებობას სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის. იგი იცავს დედამიწას მზის მავნე ულტრაიისფერი გამოსხივებისგან.

ბუნებრივი გარემომცველი გარემო წარმოადგენს ხალხის ჯანმრთელობის ფორმირების ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან ფაქტორს. უცხოელი სპეციალისტების შეფასებით, ადამიანების ჯანმრთელობის მდგომარეობა 20-40%-ით დამოკიდებულია გარემოს მდგომარეობაზე.

„მონრეალის ოქმის“ ფარგლებში ოზონდამშლელი ნივთიერებების შემცირების შედეგად კაცობრიობამ თავიდან აიცილა კანის სიმსივნის მილიონობით ფატალური და კანის სიმსივნისა და თვალის კატარაქტის ათობით მილიონი არაფატალური შემთხვევა.

ამერიკის გარემოს დაცვის სააგენტოს 2010 წლის გათვლებით, უკვე არსებული მიღწევების შედეგად 1985-2100 წლებში ქვეყანა 22 მილიონი თვალის კატარაქტის შემთხვევას აირიდებს.

2165 წლისათვის მხოლოდ ამერიკის შეერთებულ შტატებში თავიდან იქნება აცილებული კანის კიბოს შედეგად 6,3 მილიონი სიკვდილის ფაქტი და 1990 წლიდან 2165 წლამდე ჯანდაცვაზე გაწეული ხარჯების დანაზოგი 4,2 ტრილიონ აშშ დოლარს შეადგენს.

„მონრეალის ოქმის“ ნივთიერებები, გარდა იმისა, რომ ოზონდამშლელები არიან, აქვთ დიდი გლობალური დათბობის პოტენციალიც. შესაბამისად, მათი ხმარებიდან ამოღების შედეგად ბოლო 20 წლის განმავლობაში ათობით მილიარდი ტონით (CO_2 -ის ეკვივალენტი) შემცირდა გლობალური დათბობის პოტენციალის აირების გაფრქვევა.

უნდა აღინიშნოს, რომ სავსებით შესაძლებელია როგორც გლობალური, ისე რეგიონული ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტა თუ შერბილება. ბიოსფეროს ფუნქციონირების მექანიზმის ღრმა ცოდნაზე დაყრდნობით, ტექნიკური პროგრესის მიღწევების გამოყენებით, კაცობრიობა უკვე მიმართავს მრავალმხრივ ღონისძიებებს გარემოს გასაჯანსაღებლად. გარემოს თანამედროვე მდგომარეობა მოითხოვს სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში მომუშავე, ასევე საყოფაცხოვრებო დონეზე, ყველა ადამიანის ეკოლოგიური ცნობიერების ამაღლებას, რათა მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება, გონივრულად დაიცვან გარემო, იზრუნონ დედამიწაზე.

1. ოზონი ატმოსფეროში

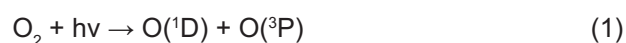
1.1. ოზონის წარმოქმნისა და დაშლის პროცესები ატმოსფეროში ოზონის ნულოვანი ციკლი

სტრატოსფეროში მიმდინარე მეტად მნიშვნელოვანი ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები დაკავშირებულია ატმოსფეროს ამ ზონაში ოზონის მაღალი შემცველობის არის არსებობასთან, რასაც ხშირად ოზონის შრეს უწოდებენ. მის არსებობას ატმოსფეროში ადამიანის ჯანმრთელობისათვის სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს.

ოზონი არის აირი, რომელიც თავისუფალი სახით არსებობს ჩვენს ატმოსფეროში. ოზონი – O_3 , ჟანგბადის ალოტროპიული მოდიფიკაცია, აღმოაჩინეს 1800-იანი წლების შუა ხანებში ლაბორატორიული ექსპერიმენტების შედეგად. მოგვიანებით, ქიმიური და ოპტიკური კვლევითი მეთოდებით აღმოაჩინეს ატმოსფერული ოზონი. სიტყვა ოზონი მომდინარეობს ბერძნული *Ozein-*დან, რაც „სუნიანს“ ნიშნავს. ოზონს აქვს მძაფრი არომატი, რაც აადვილებს მის აღმოჩენას მცირე რაოდენობის შემთხვევაშიც. მას მრავალი ქიმიური ნაერთის მიმართ აქვს ძლიერი რეაქციის უნარი, ხოლო მისი კონცენტრირებული რაოდენობები ფეთქებადია.

ოზონის ძირითადი რაოდენობა, დაახლოებით 90%, განთავსებულია სტრატოსფეროში – ატმოსფეროს იმ ფენაში, რომელიც იწყება დედამიწის ზედაპირიდან დაახლოებით 10-16 კმ.-დან და ვრცელდება 50 კმ. სიმაღლემდე. ოზონის დანარჩენი რაოდენობა, დაახლოებით 10%, განთავსებულია ტროპოსფეროში – ატმოსფეროს ქვედა შრეში, რომელიც მდებარეობს დედამიწის ზედაპირსა და სტრატოსფეროს შორის.

სტრატოსფერული ოზონი ბუნებრივად წარმოიქმნება მზის ულტრაიისფერი გამოსხივებისა და ჟანგბადის მოლეკულების ურთიერთქმედების შედეგად. ჟანგბადის მოლეკულა 240 ნმ ნაკლები ტალღის სიგრძის გამოსხივებასთან ურთიერთქმედებისას დისოცირდება ორი ატომი ჟანგბადის წარმოქმნით. შთანთქმული კვანტის ენერგიის სიდიდისაგან დამოკიდებულებით წარმოქმნილი ჟანგბადის ერთი ან ორივე ატომი შეიძლება იყოს ალგზნებულ მდგომარეობაში:



სადაც $O(^1D)$ – ატომი ალგზნებულ მდგომარეობაში;

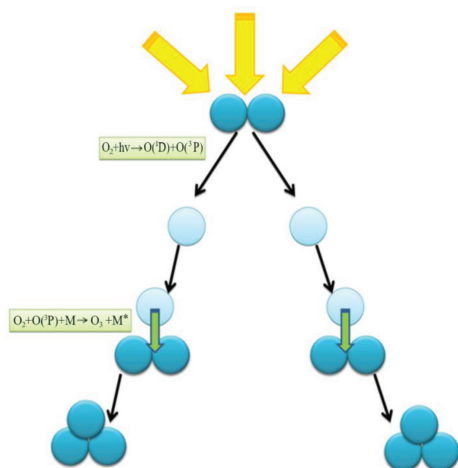
$O(^3P)$ – ატომი ძირითად მდგომარეობაში.

მხოლოდ ძირითად მდგომარეობაში არსებულ ატომს შეუძლია შევიდეს ოზონის სინთეზის რეაქციაში. ამ პროცესის წარმოდგენა შეიძლება შემდეგი რეაქციის განტოლებით:



სადაც M არის ე.წ. „მესამე სხეული“, რომლის არსებობა აუცილებელია პროცესში გამოყოფილი ენერგიის ნაწილის გამოყვანისათვის. რეაქციის შედეგად მესამე სხეული, რომლის როლს ატმოსფეროში ასრულებენ აზოტის ან ჟანგბადის მოლეკულები და რომლებიც გაცილებით მეტია, ვიდრე სხვა აირების, გადადის ალგზნებულ მდგომარეობაში.

ჟანგბადის ალგზნებული ატომის მონაწილეობა რეაქციაში არ იწვევს ოზონის წარმოქმნას, რამდენადაც ამ შემთხვევაში ენერგიის გადანაწილებითაც კი მესამე სხეულის მონაწილეობისას შეუძლებელია ოზონის მოლეკულის სტაბილიზაცია.



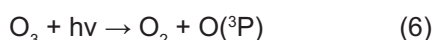
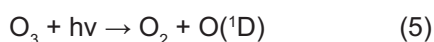
ოზონის მოლეკულას ჟანგბადის ატომთან მოქმედებისას ორი მოლეკულა ჟანგბადის წარმოქმნა შეუძლია:



ეს რეაქცია, რომელსაც ხშირად უწოდებენ რეაქციას „კენტი ჟანგბადის“ მონაწილეობით, განაპირობებს ოზონის გამოყვანას სტრატოსფეროდან. მაგრამ ამ რეაქციის სიჩქარე მნიშვნელოვნად ნაკლებია ოზონის წარმოქმნის სიჩქარეზე, ამიტომ რეაქციის წვლილი ატმოსფეროდან გამოყვანის პროცესებში უმნიშვნელოა. ატმოსფეროში ოზონის ძირითადი რაოდენობა იშლება გამოსხივების შთანთქმის შედეგად:

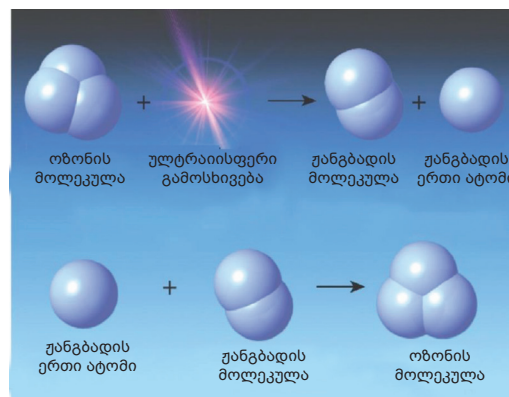


შთანთქმული კვანტის ენერგიისაგან დამოკიდებულებით წარმოქმნილი ჟანგბადის ატომი შეიძლება იყოს ადგენილი ან ძირითად მდგომარეობაში:



ჟანგბადის ატომს ძირითად მდგომარეობაში კვლავ შეუძლია ხელახლა მიიღოს მონაწილეობა ოზონის სინთეზში.

ოზონის წარმოქმნის (2) და დაშლის (6) რეაქციებს ხშირად უწოდებენ ოზონის ნულოვან ციკლს. სტრატოსფეროში ულტრაიისფერი გამოსხივების არსებობის შემთხვევაში ზემოაღნიშნული რეაქციები გამუდმებით მიმდინარეობს. სტრატოსფერული ოზონის გარკვეული რაოდენობა ინაცვლებს ქვევით ტროპოსფეროში და შესაძლოა მან ზეგავლენა იქონიოს მიწისპირა ოზონის რაოდენობაზე, განსაკუთრებით, დედამიწის შორეულ დაუბინძურებელ რეგიონებში.



1.2. ტროპოსფერული ოზონი

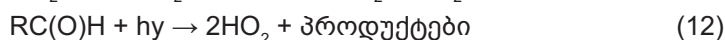
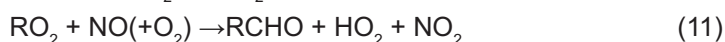
ოზონი წარმოადგენს ატმოსფეროს ტოქსიკურ მინარევს, რომლის დიდი კონცენტრაციები ნეგატიურად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობასა და ეკოსისტემებზე. ის მიეკუთვნება საშიშროების პირველი კლასის ნივთიერებებს – „განსაკუთრებით საშიშ ნივთიერებებს“. ოზონის განსაკუთრებული ტოქსიკურობის გამო ჯანმრთელობის დაცვის მსოფლიო ორგანიზაციამ იგი ჩართო ხუთი ძირითადი დამაბინძურებელი ნივთიერების სიაში, რომელთა შემცველობის გაკონტროლება აუცილებელია ჰაერის ხარისხის განსაზღვრისას.

დედამიწის ზედაპირთან, ტროპოსფეროს ქვედა ნაწილში, არსებობს ოზონის ორი წყარო. ოზონის ნაწილი ტროპოსფეროში ხდება სტრატოსფეროდან ტროპოპაუზის გარღვევისას. რადგანაც ამ პროცესს ახლავს ძლიერი ქარები, არევის შედეგად ხდება პიკური კონცენტრაციების სწრაფი შერბილება.

მეორე შემადგენელი წარმოადგენს ოზონს, რომელიც წარმოქმნილია უშუალოდ ქვედა ტროპოსფეროში ნახშირწყალბადებიდან და აზოტის ოქსიდებიდან. წიაღისეული საწვავის წვა არის ტროპოსფერული ოზონის წარმომქმნელი უპირველესი დამაბინძურებელი წყარო. მითითებულ წინამორბედებს შეიძლება ჰქონდეთ როგორც ბუნებრივი, ისე ხელოვნური (ანთროპოგენური მოქმედების ხარჯზე) წარმოშობა. ოზონის პიკური კონცენტრაციები, წარმოქმნილი ქვედა ტროპოსფეროში ფოტოქიმიური რეაქციების შედეგად, ჩვეულებრივ მოდის ჰაერის მასების სტაბილურობის პერიოდში და შესაბამისად საკმაოდ დიდხანს შენარჩუნდება. ოზონის კონცენტრაციის გაზრდა ტროპოსფეროში დაკავშირებულია ოქსიდების ფარდობითი შემცველობის დამახასიათებელ ცვლილებასთან: ის იწყება მაშინ, როდესაც NO_2 და NO კონცენტრაციათა ფარდობა მაქსიმუმს აღწევს. ატმოსფეროში ოზონის დაგროვების დინამიკის ახსნა შეიძლება, თუ განვიხილავთ აზოტის ოქსიდების გარდაქმნის პროცესებს სხვადასხვა პირობებში. ტროპოსფეროში ოზონის მოლეკულის წარმოქმნა და დაშლა მიმდინარეობს შემდეგი ციკლური რეაქციების შედეგად:



(8) რეაქციაში M „მესამე სხეულია“, რომელიც აბსორბირებს რეაქციის ენერგიას. რეაქციის ტოლობები აჩვენებს, რომ ოზონის კონცენტრაცია NO კონვერსიის სიჩქარის გაზრდისას NO_2 -ად გაიზრდება. ასეთ დაჩქარებას ადგილი აქვს ატმოსფეროში რეაქციებში ნახშირწყალბადების, კარბონილური ნაერთების და ნახშირბადის ოქსიდის მონაწილეობით. ოზონის ფორმირებისათვის აუცილებელია, რომ აზოტის ოქსიდი (NO) გარდაიქმნას დიოქსიდად (NO_2), არა O_3 -სთან ურთიერთქმედებით (რაც იწვევს ოზონის დაშლას), არამედ რაიმე სხვა მოლეკულასთან. ასეთ მოლეკულებად გვევლინება ზეჟანგური რადიკალები (RO_2 , HO_2), წარმოქმნილი ნახშირწყალბადების დაჟანგვისას:



CO და CH_4 დაჟანგვისას OH რადიკალით ასევე წარმოიქმნება რადიკალი HO_2 , რომელიც NO არსებობისას ატმოსფეროში ჟანგავს მას NO_2 -მდე (13).

აქროლადი ნახშირწყალბადები და NO_x შეიძლება სისტემაში იყოს ჭარბად და განაპირობებდნენ ამა თუ იმ რეჟიმის არსებობას. თუ ჭარბადაა NO_x , მაშინ NO_x ემისიის სიჩქარე შეიძლება აღემატებოდეს ზეჟანგური რადიკალების წარმოქმნის სიჩქარეს რეაქციების (10,11,12) გზით და იზღუდებოდეს $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ გადასვლის შესაძლებლობა (11,13) გზით. გავრცელებული ხდება რეაქცია:



და O_3 -ის კონცენტრაცია ეცემა. ატმოსფეროში ოზონის კონცენტრაციის ზრდის აუცილებელ პირობას უნდა წარმოადგენდეს ზეჟანგური რადიკალების წარმომქმნელი აქროლადი ნახშირწყალბადების ემისიების გაზრდა. თუ ეს ნახშირწყალბადები ჭარბადაა, მაშინ ჰაერში ყოველთვის იქნება ზეჟანგური რადიკალების საკმარისი რაოდენობა. ოზონის წარმოქმნისათვის შემზღუდავ ფაქტორს წარმოადგენს თვით NO_x -ის არსებობა.

ევროპელმა ექსპერტებმა გამოთვალეს, რომ ოზონის წინამორბედების (აზოტის ოქსიდების და აქროლადი ნახშირწყალბადების) გამონატყორცნების შემცირებისას დაახლოებით 40%-ით შემცირდება დღეების რაოდენობა, როდესაც ხდება ტროპოსფერული ოზონის ინტენსიური წარმოქმნა.

ოზონის ფარდობითი შემცველობები სტრატოსფეროსა და ტროპოსფეროში განსაზღვრულია ოზონის წარმოქმნისა და დაშლის ქიმიურ რეაქციებს შორის არსებული წონასწორობით. ამ წონასწორობას განსაზღვრავს რეაქციაში შესული აირების რაოდენობა, ის, თუ როგორაა დამოკიდებული სხვადასხვა რეაქციების სიჩქარე და ეფექტურობის დონე მზის სინათლის ინტენსივობაზე, ატმოსფეროში განთავსებაზე, ტემპერატურასა და სხვა ფაქტორებზე. როგორც კი შეიცვლება ატმოსფერული პირობები და შეიქმნება ოზონის წარმოქმნის რეაქციებისათვის ხელსაყრელი პირობები გარკვეული სივრცობრივი განთავსებისას, ოზონის ფარდობითი შემცველობა გაიზრდება. ასევე, თუ პირობები შეიცვლება ოზონის დაშლის რეაქციებისათვის ხელსაყრელად, მისი ფარდობითი შემცველობა შემცირდება. ოზონის წარმოქმნისა და დაშლის რეაქციებს შორის არსებული წონასწორობისა და ატმოსფერული მასების გადაადგილების ერთობლიობა განსაზღვრავს ოზონის გლობალურ გადანაწილებას დროის მასშტაბით – რამდენიმე დღიდან დაწყებული მრავალი თვის მანძილზე.

1.3. „კარგი“ და „ცუდი“ ოზონი, ბუნებრივი ოზონი, ჯამური ოზონის განაწილება დედამიწის გარშემო

ოზონის ყველა მოლეკულა ქიმიურად იდენტურია, მაგრამ მიუხედავად ამისა, სტრატოსფეროში განთავსებულ ოზონს სრულიად განსხვავებული გარემოსდაცვითი მნიშვნელობა აქვს ადამიანებისა და სიცოცხლის სხვადასხვა ფორმებისათვის, ვიდრე დედამიწის ზედაპირთან ახლოს – ტროპოსფეროში განთავსებულ ოზონს. სტრატოსფერული ოზონი მოიაზრება „კარგ ოზონად“ ადამიანებისათვის და სიცოცხლის სხვა ფორმებისათვის. სტრატოსფერული ოზონი შთანთქმავს მზის ულტრაიისფერ გამოსხივებას (280-დან 315-მდე ნმ ტალღის სიგრძით), რომელიც მიაღწევდა დედამიწის ზედაპირს და საზიანო იქნებოდა სიცოცხლის ფორმების მრავალფეროვნებისათვის.

ოზონის მიერ ულტრაიისფერი რადიაციის შთანთქმა არის სითბოს წყარო სტრატოსფეროში. ეს ხელს უწყობს სტრატოსფეროს, როგორც ატმოსფეროს სტაბილური ფენის, შენარჩუნებას, რომელიც სიმაღლის ზრდასთან ერთად ტემპერატურის ზრდით ხასიათდება. ამის შედეგად ოზონი წამყვან როლს ასრულებს დედამიწის ატმოსფეროს ტემპერატურული რეჟიმის კონტროლში.

ოზონი, როგორც ზემოთ არის ნახვენები, შესაძლოა წარმოიქმნას დედამიწის ზედაპირთან ახლოს, გამოწვეული ბუნებრივი ქიმიური რეაქციებისა და ადამიანის მიერ წარმოებული დამაბინძურებელი აირებით. ამგვარად, დამაბინძურებლებისაგან წარმოქმნილი ოზონი „ცუდია“, რადგანაც უშუალოდ ურთიერთქმედებს ადამიანებზე, მცენარეებზე და ცხოველებზე. ოზონის გაზრდილი დონეები მაგნებელია ძირითადად ცოცხალი სისტემებისათვის, რადგან მძაფრად მოქმედებს მრავალ სხვა მოლეკულაზე – შლის ან სახეს უცვლის (იხ. ქვემოთ). ამას გარდა, ოზონის რაოდენობის ზრდა ტროპოსფეროში იწვევს დედამიწის ზედაპირის დათბობას.

დამაბინძურებლების ემისიათა შემცირების ხარჯზე შესაძლებელია „ცუდი“ ოზონის რაოდენობის შემცირება ადამიანის, მცენარეების და ცხოველების გარემომცველ ჰაერში. დამაბინძურებლების მთავარი წყაროებია დიდი ქალაქები, სადაც მიმდინარეობს ნედლი საწვავის წვა და ძლიერ არის განვითარებული საწარმოო საქმიანობა; აღსანიშნავია, რომ მიწისპირა ოზონის წარმოქმნელი დამაბინძურებლების შემამცირებელი მრავალი წარმატებული პროგრამა არსებობს.

ბუნებრივი ოზონი სუფთა ატმოსფეროს შემადგენელი ბუნებრივი კომპონენტია. დედამიწის ზედაპირზე ადამიანის საქმიანობის არარსებობის შემთხვევაშიც კი, ოზონი ტროპოსფეროდან და სტრატოსფეროდან მაინც გადმოინაცვლებდა და შეგვხვდებოდა ყველგან, დედამიწის ზედაპირის სიახლოვეს. ატმოსფეროში ოზონის ქიმიური როლია აგრეთვე სხვა აირების, როგორც ბუნებრივად არსებულის, ისე ადამიანის საქმიანობის შედეგად გაფრქვეულის, სივრცეში გადანაცვლების ხელშეწყობა. თუკი მთელი ოზონი იქნება განდევნილი ატმოსფეროს დაბალი ფენიდან, გაიზრდება ისეთი აირების ფარდობითი შეცულობა, როგორებიცაა: მეთანი, ნახშირბადის მონოქსიდი და აზოტის ოქსიდები.

ჯამური ოზონი მოიცავს როგორც სტრატოსფერული ოზონის შრეში არსებულ, ისე ტროპოსფეროში განთავსებულ ოზონს. უმეტეს შემთხვევაში ტროპოსფერული ოზონის წვლილი ჯამურ ოზონში შეადგენს მხოლოდ 10 %-ს. ჯამური ოზონის რაოდენობები ძირითადად განისაზღვრება დობსონის ერთეულებში (DU). მაგალითად, ჯამური ოზონის 500 DU რაოდენობა დედამიწის ზედაპირზე უტოლდება მხოლოდ 0,5 სმ სისქის მქონე სუფთა აიროვანი ოზონის შრეს.

დედამიწის გარშემო, განედების მიხედვით, ჯამური ოზონის რაოდენობები მკაცრად იცვლება – უდიდესი რაოდენობები გვხვდება საშუალო და მაღალ განედებზე. ეს მოვლენა გამოწვეულია სტრატოსფეროში აირების მაცირკულირებელი ქარების არსებობით და ტროპიკული ცხელი ჰაერის მასების შემოდგომაზე და ზამთარში პოლუსებისკენ გადანაცვლებით. ზამთარში და გაზაფხულზე ჯამური ოზონის სიმცირე პოლარული განედების გარკვეულ ნაწილში ქლორისა და ბრომის აირებით ოზონის ქიმიური დაშლის შედეგია. ჯამური ოზონის უმცირესი რაოდენობები (გაზაფხულობით ანტარქტიკაში არსებულისგან განსხვავებული) გვხვდება ტროპიკებში ყველა სეზონზე, ნაწილობრივ იმიტომ, რომ ოზონის შრის სისქე უმცირესია ტროპიკებში.

ჯამური ოზონის რაოდენობების ბუნებრივი ცვლილებები გრძელისა და განედის მიხედვით გამოწვეულია ორი მიზეზით: პირველი მიზეზი არის ატმოსფერული ჰაერის მოძრაობით გამოწვეული შერევის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს ოზონის დიდი რაოდენობების შემცველი და მისი შედარებით დაბალი რაოდენობების შემცველი ჰაერის სტრატოსფერულ მასებს შორის. ჰაერის მოძრაობა აგრეთვე ზრდის ოზონის შრის სისქეს ვერტიკალური მიმართულებით პოლუსებთან, რაც, თავის მხრივ, ზრდის ჯამური ოზონის რაოდენობას ამ რაიონში. ტროპოსფეროს ამინდის სისტემას შეუძლია დროებით შეამციროს სტრატოსფერული ოზონის შრის სისქე რაიონში ჯამური ოზონის იმავდროული შემცირებით.

მეორე მიზეზი ისაა, რომ ატმოსფეროში ოზონის რაოდენობის ცვლილება გამოწვეულია ქიმიური წარმოქმნისა და დაშლის პროცესებს შორის არსებული წონასწორობის დარღვევით, იმ პირობებში, როდესაც ჰაერი გადანაცვლებს ახალი ადგილმდებარეობისაკენ დედამიწის ირგვლივ. ასე, მაგალითად, მზის გამოსხივების ულტრაიისფერი რადიაციის ხანგრძლივობის შემცირება ამცირებს ოზონის წარმოქმნას.

მეცნიერებს კარგად აქვთ გააზრებული ქიმიურ პროცესთა და აირების გადანაცვლების ურთიერთდამოკიდებულებათა მნიშვნელობა, რაც იწვევს ჯამური ოზონის თავისებურებების ფართო მასშტაბით გამოკვლევის შესაძლებლობას. მკვლევრების ფართო ჯგუფი ოზონის ცვლილების ზედმიწევნით მონიტორინგს თანამგზავრების, საჰაერო და სახმელეთო ხელსაწყოების საშუალებით ატარებს, რომლის გაანალიზება ეხმარება მეცნიერებს შეაფასონ ოზონის დაშლაში ადამიანის საქმიანობის წვლილი.

1.4. როგორ შევამციროთ „მავნე“ ოზონი?

აშშ-სა და დასავლეთ ევროპაში, სადაც საზოგადოება ყურადღებით ეკიდება ეკოლოგიურ პრობლემებს, დამუშავებულია დეტალური ნორმები ოზონის შემცველობაზე ჰაერში, რომელსაც სუნთქვენ ადამიანები. ბუნებისდაცვითმა ორგანიზაციებმა, მთავრობამ და ქალაქების ადგილობრივმა ხელისუფლებებმა შეიმუშავეს მთელი რიგი მრავალმხრივი პროგრამები, რათა შესრულდეს ეს ნორმები. ძირითადად ეს შეეხება ავტომანქანებიდან, სამრეწველო საწარმოებიდან და ელექტროსადგურებიდან NO_x -ისა და აქროლადი ორგანული ნაერთების ჰაერში გამონატყორცნის შემცირების. პროგრამები ასევე გამიზნულია შეამცირონ დაბინძურება საწვავის, სამომხმარებლო-სამრეწველო საქონლის, როგორცაა აონ-ის შემცველი საღებავები და ქიმიური გამხსნელები, შედგენილობის შეცვლით. საზოგადოებრივი პროგრამებით ხდება ავტოტრანსპორტის რაციონალური გამოყენების წახალისება, მაგალითად, თანამშრომელთა გაერთიანება სამსახურში ერთი ავტომობილით მგზავრობისათვის, რათა შემცირდეს მავნე გამონაბოლქვები.

1.5. ტროპოსფერული ოზონის გავლენა ადამიანისა და ცხოველების ჯანმრთელობაზე, მცენარეებსა და მასალებზე

ტროპოსფერული ოზონის ზრდის უარყოფითი ზემოქმედება მკვეთრად განსხვავდება სტრატოსფერული ოზონის, როგორც მზის მიერ გამოსხივებული მავნე რადიაციის მშთანთქმელის, დადებითი ზემოქმედებისაგან.

ოზონი ახდენს საერთო-ტოქსიკურ, გამაღიზიანებელ, კანცეროგენულ, მუტაგენურ, გენოტოქსიკურ მოქმედებას, იწვევს დაღლილობას, თავის ტკივილს, გულისრევას, სასუნთქი გზების გაღიზიანებას, ხველებას, ქრონიკულ ბრონქიტს, ფილტვების ემფიზემას, ასთმურ შეტევებს, ფილტვების შეშუპებას, ჰემოლიზურ ანემიას და სხვა. ოზონის ტოქსიკურობა ძალიან იზრდება ჰაერში აზოტის ოქსიდების არსებობისას: ისინი ერთობლივად 20-ჯერ უფრო ძლიერად მოქმედებენ, ვიდრე ცალ-ცალკე.

რაც მაღალია ოზონის კონცენტრაცია მიწისპირა ატმოსფეროში, მით უფრო ძლიერად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. ყველაზე ხშირად ეს ხდება ზაფხულის თვეებში და ოზონის კონცენტრაციის გაზრდით ქვედა ატმოსფეროში იზრდება სასუნთქი ორგანოების პრობლემებით ჰოსპიტალიზებულ ადამიანთა რაოდენობა.

მეცნიერებმა შეისწავლეს ოზონის ზემოქმედების ეფექტები ადამიანის ჯანმრთელობაზე და დაადგინეს შემდეგი:

- ოზონი იწვევს სასუნთქი ორგანოების გაღიზიანებას, ხველებას, სიმძიმეს მკერდის არეში; ეს შეიძლება გაგრძელდეს რამდენიმე საათი და გადავიდეს მტკივნეულ ფაზაში;
- ოზონი ამცირებს ფილტვების ფუნქციას; თუ თქვენ მუშაობთ სუფთა ჰაერზე, მაშინ შეამჩნევდით, რომ სუნთქვა უფრო გახშირდა და არ არის ღრმა; ფილტვის ფუნქციის დაქვეითება შეიძლება გახდეს იმ სპორტსმენების პროფესიული დაავადება, რომლებიც გარეთ, ღია ჰაერზე ვარჯიშობენ;
- ოზონი იწვევს ასთმის განვითარებას და ზრდის ამ დაავადების შეტევათა რაოდენობას;
- ოზონი იწვევს ალერგიას ფართოდ გავრცელებული ნივთიერებების მიმართ, როგორიცაა მტვერი, ტარაკნები, ყვავილის მტვერი, შინაური ცხოველები;
- ოზონი აზიანებს ფილტვის ქსოვილს; თუ ოზონის ზემოქმედება განმეორდა, მაშინ ეს იწვევს ფილტვის ქსოვილში ცვლილებებს და ჯანმრთელობის ხანგრძლივ პრობლემებს;
- ოზონი აღრმავებს ბრონქიტს და ფილტვების ემფიზემას;

- ოზონი მნიშვნელოვნად აქვეითებს ინფექციების მიმართ იმუნიტეტს;
- განსაკუთრებით საშიშია ოზონის ზემოქმედება ბავშვებზე; მათი ფილტვები შესაძლებელია ძლიერ დაშავდეს ოზონის ზემოქმედებით და ეს უარყოფითად აისახოს მათ განვითარებაზე.

მეცნიერები მიიჩნევენ, რომ ოზონი ადამიანის ჯანმრთელობაზე სხვა მავნე ზემოქმედებასაც ახდენს. ოზონისადმი განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან სასუნთქი ორგანოებითა და გულით დაავადებული ადამიანები, ბავშვები და მოხუცები და ადამიანები, თუნდაც სრულიად ჯანმრთელი, მაგრამ არანეულებრივი მგრძნობელობით ოზონისადმი.

ოზონის ზემოქმედება კონცენტრაციით 3 მკ/ლ ჰატარა ცხოველებს 5 წუთში კლავს. ფილტვების შეშუპებასთან ერთად ცხოველებში შეიმჩნევა ღვიძლისა და თირკმელების ანთება, ლიპიდების შემცირება თირკმელზედა ქერქში, მაკროფაგების მობილიზაცია.

სუფთა ჰაერში ოზონის ფონური კონცენტრაცია ატმოსფეროს მიწისპირა შრეში ზაფხულის თვეებში 40-80 მკგ/მ³-ს არ აღემატება. ეს კონცენტრაციები უვნებელია ცხოველებისათვის, როგორც წესი, ზემოქმედების მოკლე პერიოდში და არ იწვევს საგრძნობ დარღვევებს მცენარეთა უჯრედებში. ხშირად სამრეწველო ცენტრების, დიდი ქალაქების, ავტომაგისტრალების ქარისაგან დაცულ მხარეს ოზონის კონცენტრაცია 400 მკგ/მ³-სა და მეტს აღწევს. მცენარეთა დამცავ სისტემებს არ შეუძლიათ დამუხანგველის ასეთი მაღალი კონცენტრაციების მოქმედების განეიტრალება. მცენარეებისათვის ოზონის კონცენტრაცია 80 მკგ/მ³ უკვე საშიშად ითვლება და ხანგრძლივი ზემოქმედებისას შეიძლება გამოიწვიოს პროდუქტიულობის შემცირება და ფოთლების შეუქცევადი დაზიანება. ზემოქმედების ხარისხი ძლიერ არის დამოკიდებული ოზონის ფონური კონცენტრაციის სიდიდეზე.

ოზონი მნიშვნელოვნად მოქმედებს მიმოცვლის პროცესებზე, მაგალითად, ფოტოსინთეზზე. ოზონის ზემოქმედების მეტად მნიშვნელოვან შედეგს, როგორც ცალკე, ისე აზოტისა და გოგირდის ოქსიდებთან ნარეგში, წარმოადგენს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის, ტყის ზრდის შემცირება. ამერიკელი მეცნიერების შეფასებით, მაგალითად, აშშ-ის ზარალი, მიყენებული ოზონის ზემოქმედებით, შეადგენს 90%-ს, მოსავლის საერთო დანაკარგებიდან, რომელიც მოდის ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნივთიერებების წილად. მცენარის სახეობისა და გარემო-პირობებისაგან დამოკიდებულებით ოზონის ზემოქმედებით დაზიანების სიმპტომები ფრიად მრავალფეროვანი შეიძლება იყოს. დაზიანებისადმი მეტად მგრძნობიარეა ფოთლები, რომელთა ზომები მათი საერთო სიდიდის 65-95%-ს შეადგენს. 1993 წელს ოზონის ფონის გაზრდის შედეგად ზარალმა მართო ქვავისა და ხორბლის მიხედვით რუსეთში 150 მლნ. აშშ დოლარი შეადგინა, ხოლო ევროპაში – 2 მლრდ.-ზე მეტი.

1.6. როგორ ავიცდინოთ თავიდან მიწისპირა ოზონის მავნე მოქმედება?

ოზონის დონის შესახებ მონაცემების არსებობისას შესაძლებელია შედგეს ქცევის ინდივიდუალური პროგრამა ჯანმრთელობისათვის ზიანის მიყენების შესამცირებლად. ასეთი მონაცემების არარსებობისას კი შეიძლება დავეყრდნოთ მხოლოდ ინდივიდუალურ შეგრძნებებს.

ზაფხულში, როდესაც ცხელი, მზიანი ამინდია, ქარის არამაღალი ინტენსივობით, უნდა შეიზღუდოს 13 სთ-დან 18 სთ-მდე პერიოდში გარეთ, ჰაერზე, ყოფნა. განსაკუთრებით მკაცრი შეზღუდვები ეხება ბავშვებს, ასაკოვან ადამიანებს, ადამიანებს ფილტვების დაავადებებით და ოზონისადმი მგრძნობიარეებს. დღის მთითებულ პერიოდში უნდა მოვერიდოთ გარეთ, ჰაერზე, ფიზიკურ ვარჯიშსა და ინტენსიურ ფიზიკურ შრომას.

გარეუბნის ზონაში გასათვალისწინებელია ქარის მიმართულება და თუ ქარი ქალაქის მხრიდან დაუბერავს, საჭიროა უსაფრთხოების ზომების მიღება.

1.7. ტროპოსფერული ოზონი შლის იტალიის ისტორიულ ძეგლებს

იტალიელმა მეცნიერებმა, ახალი ტექნოლოგიების, ენერგეტიკისა და გარემოს დაცვის სამეცნიერო ცენტრის დოქტორებმა ავგუსტო სკრეპანტიმ (Augusto Screpanti) და ალესანდრა დე მარკომ (Alessandra De Marco) აღმოაჩინეს რისკის ახალი ფაქტორი არქიტექტურის ძეგლებისათვის – ტროპოსფერულ ოზონს შეუძლია მათი მნიშვნელოვანი დაზიანება.

უკანასკნელ დროს ტროპოსფერული ოზონი, რომელიც როგორც ზემოთ აღინიშნა, წარმოიქმნება ატმოსფეროს ქვედა ფენებში ფოტოქიმიური რეაქციების შედეგად, ეკოლოგიის სულ უფრო მეტ ყურადღებას იქცევს. განსაკუთრებით აქტიურად ოზონის წარმოქმნა ხდება მზიან და თბილ ამინდში, რამდენადაც ფოტოქიმიური რეაქციების სიჩქარე ასეთ პირობებში მნიშვნელოვნად მაღალია. წვიმის დროს ან მოღრუბლულ ამინდში ტროპოსფერული ოზონი საშიში არ არის – ის პრაქტიკულად არ წარმოიქმნება, გამონაკლისია, რა თქმა უნდა, ქვეა-ქუხილი.

როგორც დოქტორმა სკრეპანტიმ თქვა, უკანასკნელ წლებში ევროპაში შეიმჩნევა ტროპოსფერული ოზონის გაზრდილი დონე. ეს მავნე აირი პრაქტიკულად არ არის ნორვეგიასა და შვედეთში, ხმელთაშუა ზღვის ქვეყნებში კი ჰაერში აღინიშნება ოზონის მაღალი კონცენტრაცია, მათ შორის – იტალიაშიც (როგორც დოქტორ სკრეპანტის გამოკვლევებმა აჩვენა). აღსანიშნავია, რომ იტალიის ჩრდილოეთ ნაწილში, იქ, სადაც კლიმატი უფრო ცივია, ტროპოსფერული ოზონის დონე დაბალია სამხრეთთან შედარებით, სადაც გარემო-პირობები ხელს უწყობს ფოტოქიმიური რეაქციების მიმდინარეობას ოზონის წარმოქმნით.

ოზონის საშიშროება, უპირველეს ყოვლისა, არის მისი, როგორც ძალიან ძლიერი დამჟანგველის ეფექტი. ლაბორატორიული ცდებისას მეცნიერებმა აღმოაჩინეს, რომ ოზონი განსაკუთრებით ძლიერ შლის სპილენძს, ბრინჯაოს და კირქვას. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მსოფლიო კულტურული მემკვიდრეობის ობიექტების 5% იტალიაშია (851-დან 41) და ისინი ძირითადად აგებულია კირქვისაგან, აღარ არის საკითხავი ამ ქვეყნის მიმართ მეცნიერთა ყურადღება.

დოქტორ სკრეპანტის აზრით, იტალიის ტერიტორიის 66%-ში შეიმჩნევა ოზონისადმი კირქვის შენობების მდგრადობის ზღურბლის გადაშეცემა.

მეცნიერებმა გამოთვალეს, რომ კირქვისაგან აგებული იტალიური არქიტექტურის ძეგლები იშლება საშუალოდ წელიწადში 5 მმ² სიჩქარით. რაც შეეხება სპილენძის ძეგლებს, რაც ძირითადად არის ქანდაკებები და შენობის გარკვეული დეტალები, ვითარება კიდევ უფრო რთულია. ოზონი იტალიის ტერიტორიის მხოლოდ 3%-ზე არ ჟანგავს სპილენძს, ხოლო ქვეყნის ტერიტორიის 97% ამგვარი ზემოქმედების ქვეშაა, რაც ნიშნავს, რომ იტალიაში არსებული სპილენძის ძეგლები ყოველ წელს კარგავს 6 გ სპილენძს 1 მ²-ზე.

დოქტორ სკრეპანტის აზრით, ყველაზე რთული ვითარებაა მილანში – იტალიის უმსხვილეს სამრეწველო ცენტრში. რაც არ უნდა სამწუხარო იყოს, ოზონი გასაოცარი სიჩქარით ჟანგავს მილანის ცნობილ საკათედრო ტაძარს და სფორცას ციხე-სიმაგრეს. კირქვის დანაკარგები, მეცნიერთა გათვლებით, შეადგენს დაახლოებით 9 მმ² წელიწადში, ხოლო სპილენძისა – 8გ.1 მ²-ზე.

1.8. ოზონის განსაზღვრა ატმოსფეროში

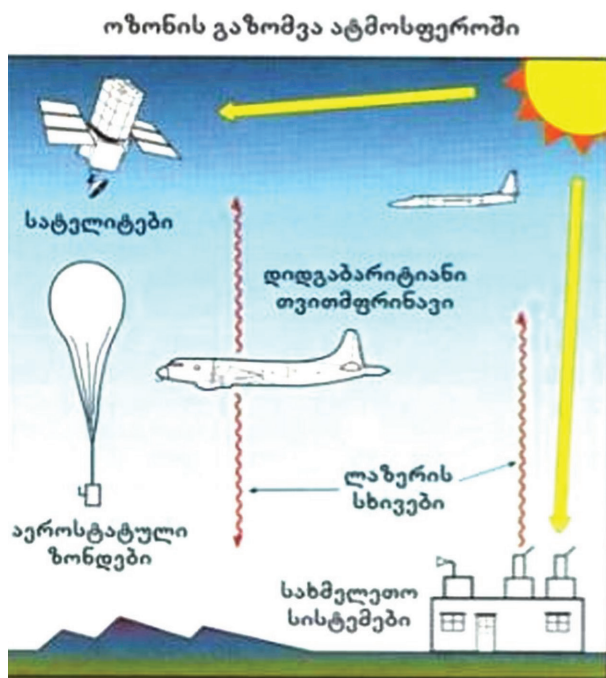
1920-იან წლებში გორდონ მ.ბ. დობსონმა გამოიგონა პირველი მოწყობილობა – სპექტრომეტრი ატმოსფეროში ოზონის პერიოდული მონიტორინგის ჩასატარებლად. ეს ხელსაწყო საშუალებას იძლეოდა საკმაოდ საიმედოდ განსაზღვრულიყო დამკვირვებლის ზემოთ ჰაერის სვეტში არსებული ოზონის საერთო რაოდენობა. ატმოსფეროს ერთეული ფართის კვეთის სვეტში ოზონის ჯამური მოცულობის მიღებული მნიშვნელობები მიჰყავდათ ნორმალურ პირობებამდე და საზღვრავდნენ სიმაღლეს, რომელიც მოდიოდა ატმოსფეროს ამ სვეტში მთელ ოზონზე. ოზონის შრე, სიმაღლით 10-5 მ, მიიღება დობსონის ერთი ერთეულის ტოლად (დ.ე.), ანუ სტრატოსფერული ოზონის საზომი ერთეული – დობსონი – წარმოადგენს ოზონის მოლეკულების იმ რაოდენობას, რომელიც საჭიროა 0,01 მმ. სისქის სუფთა ოზონის შრის წარმოსაქმნელად 0°C და 1 ატმოსფერო ჰაერის წნევის პირობებში. ოზონის საერთო რაოდენობა ატმოსფეროში 120-დან 760 დ.ე.-მდე (უფრო ხშირად – 200-400 დ.ე.) იცვლება. დედამიწის ატმოსფეროში ოზონის საშუალო რაოდენობა 300 დობსონს შეადგენს, რაც 0°C და 1 ატ. ჰაერის წნევის პირობებში სულ რაღაც 3 მმ. სისქის შრის ეკვივალენტურია. რეალურ პირობებში, როგორც ზემოთ აღინიშნა, მთელი ოზონი არათანაბრადაა განაწილებული ჰაერის შრეში, დედამიწის ზედაპირიდან მეზოსფეროს ზედა ზღვრამდე.

ოზონის რაოდენობა ატმოსფეროში ამუშადა განისაზღვრება, როგორც ხმელეთზე არსებული ხელსაწყოებით, ასევე აეროსტატების, თვითმფრინავებისა და თანამგზავრების საშუალებით გარკვეულ სიმაღლეზე ატანილი მოწყობილობებით. ზოგიერთ განმსაზღვრელ ხელსაწყოში გამოიყენება აირების შემწოვი მოწყობილობა, რომელსაც ოზონის აღმომჩენი სისტემა აქვს. სხვა გაზომვები ეფუძნება ოზონის უნიკალურ თვისებას შთანთქმას ატმოსფეროში არსებული სინათლე. ამ შემთხვევაში, მზის ან ლაზერის გამოსხივება გულდასმით გაიზომება მას შემდეგ, რაც იგი გაივლის ოზონის შემცველი ატმოსფეროს გარკვეულ ნაწილს. ამასთან, ატმოსფეროში ოზონის ფარდობითი შემცველობა შეიძლება განისაზღვროს როგორც პირდაპირი, ისე დისტანციური გაზომვებით.

ატმოსფერული ოზონის ფარდობითი შემცველობის პირდაპირ გაზომვებს მიეკუთვნება ის გაზომვები, რომლებიც საჭიროებს ინსტრუმენტში აირის უშუალოდ შეწოვას. ხელსაწყოში მოთავსებული ოზონი ერთდროულად შეიძლება გაიზომოს მის მიერ შთანთქმული UV სხივებით ან ოზონის ქიმიური რეაქციის შედეგად აღძრული ელექტრომამოძრავებელი ძალის სიდიდით. „ოზონზონდების“ კონსტრუქციაში გამოიყენება ბოლო მიღწევები, მსუბუქი წონის ოზონგანმსაზღვრელი მოდულები, რომლებიც გამოსადეგია მცირე ზომის აეროსტატებზე დასამონტაჟებლად. სტრატოსფერული

ოზონის შრეში ოზონის განსასაზღვრად მცირე აეროსტატები საკმარისად მაღლა ადიან ატმოსფეროში. ოზონზონდების გაშვება ხდება ყოველკვირეულად დედამიწის გარშემო მრავალი წერტილიდან. პირდაპირი ოზონგამზომი ხელსაწყოები, აღჭურვილი ოპტიკური და ქიმიური აღმომჩენი სისტემებით, როგორც წესი, გამოიყენება საფრენი აპარატების საშუალებით წარმოებულ კვლევებში. ოზონის განმსაზღვრელები დამონტაჟებულია ასევე რამდენიმე კომერციულ თვითმფრინავზე.

ოზონის ფარდობითი შემცველობის დისტანციური გაზომვა ემყარება ოზონის არსებობის დადგენას გამომთვლელი ხელსაწყოდან დიდი მანძილის დაშორებით. დისტანციური გაზომვების უმეტესობა ემყარება ოზონის უნიკალურ თვისებას შთანთქმას UV-გამოსხივება, რომლის წყაროდ შეიძლება მზის ან ლაზერის გამოყენება. ასე, მაგალითად, თანამგზავრები, დედამიწის გარშემო ოზონის საშუალო დღეღამური შემცველობის განსასაზღვრავად, იყენებენ ატმოსფეროს მიერ UV-გამოსხივების ან დედამიწის ზედაპირიდან გაბნეული გამოსხივების შთანთქმის პროცესს.



სურათი 1. ოზონის გაზომვა ატმოსფეროში¹

სახმელეთო დაკვირვების ქსელი განსაზღვრავს ოზონის შემცველობას მზის მიერ გამოსხივებული იმ UV-გამოსხივების მიხედვით, რომელიც აღწევს დედამიწის ზედაპირამდე. ოზონის გამომთვლელი სხვა ხელსაწყოები იყენებენ მის ინფრაწითელი ან ხილვადი გამოსხივების შთანთქმის უნარს, ასევე, მიკროტალღების გაფრქვევასა და ინფრაწითელ გამოსხივებას. ჯამური ოზონის რაოდენობის და ოზონის გავრცელების სიმაღლის დადგენა შეიძლება ეფუძნებოდეს დისტანციური გაზომვითი ტექნიკით მიღებულ შედეგებს. ხმელეთზე ან საფრენ აპარატზე განთავსებული აღმომჩენი მოწყობილობიდან ლაზერის სხივი გარკვეული წესით მიემართება საკვლევი სივრცისაკენ და აღმოაჩენს ოზონს სხივის გავრცელების გასწვრივ, მრავალ კილომეტრზე.

1. წყარო: <https://www.scribd.com>

2. ოზონის შრის რღვევის მიზეზები, ოზონის დაშლა

ოზონის შრის რღვევას და „ოზონის ხვრელების“ წარმოქმნას იწვევს:

- კოსმოსური რაკეტების გაშვება. წვადი სათბობი ოზონის შრეში „გამოწვავს“ დიდ ხვრელებს. ოდესღაც ვარაუდობდნენ, რომ ეს ხვრელები იკვრება, აღმოჩნდა, რომ – არა. ისინი არსებობენ საკმაოდ დიდხანს;
- 12-15 კმ. სიმაღლეზე მფრინავი თვითმფრინავები. მათ მიერ გამოტყორცნილი ორთქლი და სხვა ნივთიერებები შლიან ოზონს, მაგრამ იმავდროულად 12 კმ.-ზე დაბლა მფრინავი თვითმფრინავები ოზონს ამატებენ. ქალაქებში ის ფოტოქიმიური სმოგის ერთ-ერთი შემადგენელია;
- აზოტის ოქსიდები. მათ გამოტყორცნიან იგივე თვითმფრინავები, მაგრამ ყველაზე დიდი რაოდენობით ისინი გამოიყოფა ნიადაგის ზედაპირიდან;
- ბირთვული იარაღის გამოცდა;
- პლანეტის ტყის საგარეულობის შემცირება.

არსებობს ასევე თეორია, რომლის თანახმადაც, ოზონის შრის გათხელება განაპირობებს გლობალური დათბობა.

ოზონის დაშლის რეაქციებში მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ ჯაჭვურ პროცესებს მრავალი რადიკალის მონაწილეობით, რომელთა წინამორბედებს წარმოადგენენ როგორც ბუნებრივი კომპონენტები, ისე ატმოსფეროს ანთროპოგენური დამაბინძურებელი ნივთიერებები.

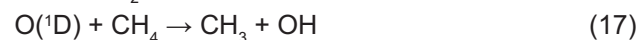
დანვრილებით განვიხილოთ ოზონის დაშლის პროცესები ჰიდროქსიდური რადიკალების (წყალბადური ციკლი), აზოტის ოქსიდების (აზოტის ციკლი), ქლორისა და ბრომის ნაერთების (ქლორისა და ბრომის ციკლები) მონაწილეობით.

2.1. წყალბადური ციკლი

240 ნმ-ზე ნაკლები ტალღის სიგრძის სინათლის კვანთის შთანთქმისას წყლის მოლეკულები შეიძლება დაიშალოს ჰიდროქსილის რადიკალად და ატომურ წყალბადად:



ჰიდროქსილის რადიკალები წარმოიქმნება წყლის მოლეკულების ან მეთანის ჟანგბადის ალგზნებულ ატომთან ურთიერთქმედების შემთხვევაშიც:



ამ პროცესებში წარმოქმნილ ჰიდროქსილის რადიკალს შეუძლია ოზონთან რეაქციაში შესვლა. ურთიერთქმედების პროდუქტებს წარმოადგენენ ჰიდრობეჟანგური რადიკალი და ჟანგბადის მოლეკულა. ჰიდრობეჟანგური რადიკალი ძირითად მდგომარეობაში მყოფ ატომურ ჟანგბადთან მოქმედებისას წარმოქმნის ჟანგბადის მოლეკულას და ჰიდროქსილის რადიკალს. წყალბადური ციკლი, რომლის ბრუტო-განტოლება იდენტურია ნულოვან ციკლში შემავალი რეაქციისა, იკეტება (ბოლოვდება), მაგრამ ამასთან სრულად ირღვევა ოზონის ნულოვანი ციკლი:



2.2. აზოტის ციკლი

აზოტის ოქსიდი ოზონთან ურთიერთქმედებისას იჟანგება აზოტის დიოქსიდამდე, მაგრამ NO_2 მოქმედებით ატომურ ჟანგბადთან არააღზნებულ მდგომარეობაში ხელახლა წარმოიქმნება აზოტის ოქსიდი. აზოტის ციკლი მთავრდება, მაგრამ ასევე ირღვევა ოზონის ნულოვანი ციკლი:



აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ოზონის შრისათვის საშიშროებას წარმოადგენს მხოლოდ უშუალოდ სტრატოსფეროში წარმოქმნილი აზოტის ოქსიდები და დიოქსიდი. ტროპოსფეროს ჰაერში წარმოქმნილ NO -სა და NO_2 -ს არსებობის მცირე დრო აქვთ და ვერ აღწევენ სტრატოსფერომდე. დედამიწის ზედაპირზე წარმოქმნილ აზოტის ოქსიდებს შორის ოზონის შრისათვის საშიშროებას წარმოადგენს მხოლოდ არსებობის დიდი დროის და, შესაბამისად, გლობალური ინვერსიული ბარიერის გადალახვის და ოზონის მაქსიმალური კონცენტრაციის ზონის მიღწევის უნარის მქონე აზოტის ჰემიოქსიდი (N_2O). ნიადაგში დენიტრიფიკაციის პროცესებში წარმოქმნილი ეს აირი ჟანგბადის აღზნებულ ატომთან ურთიერთქმედებისას გარდაიქმნება აზოტის (II) ოქსიდად, რომელიც აინიცირებს ოზონის განადგურების აზოტის ციკლს:

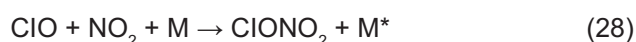


2.3. ქლორის ციკლი

ქლორის ატომი ოზონის მოლეკულასთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნის ქლორის ოქსიდს და ჟანგბადის მოლეკულას. ქლორის ოქსიდს შეუძლია არააღზნებულ მდგომარეობაში მყოფ ატომურ ჟანგბადთან ურთიერთქმედება ატომური ქლორისა და ჟანგბადის მოლეკულის წარმოქმნით. ქლორის ციკლი მთავრდება, ხოლო ოზონის ნულოვანი ციკლი ირღვევა:



მაგრამ (25) რეაქციით წარმოქმნილი ClO ყოველთვის არ შედის რეაქციაში ატომურ ჟანგბადთან (26), არამედ ამის ნაცვლად შეუძლია იმოქმედოს აზოტშემცველ ნაერთებთან:



სადაც M აღნიშნავს „მესამე სხეულს“. ამ რეაქციას აქვს შედარებით დიდი მნიშვნელობა, რამდენადაც მისი საშუალებით ეფექტურად ხდება ოზონის დაშლის ციკლში შემავალი აზოტისა და

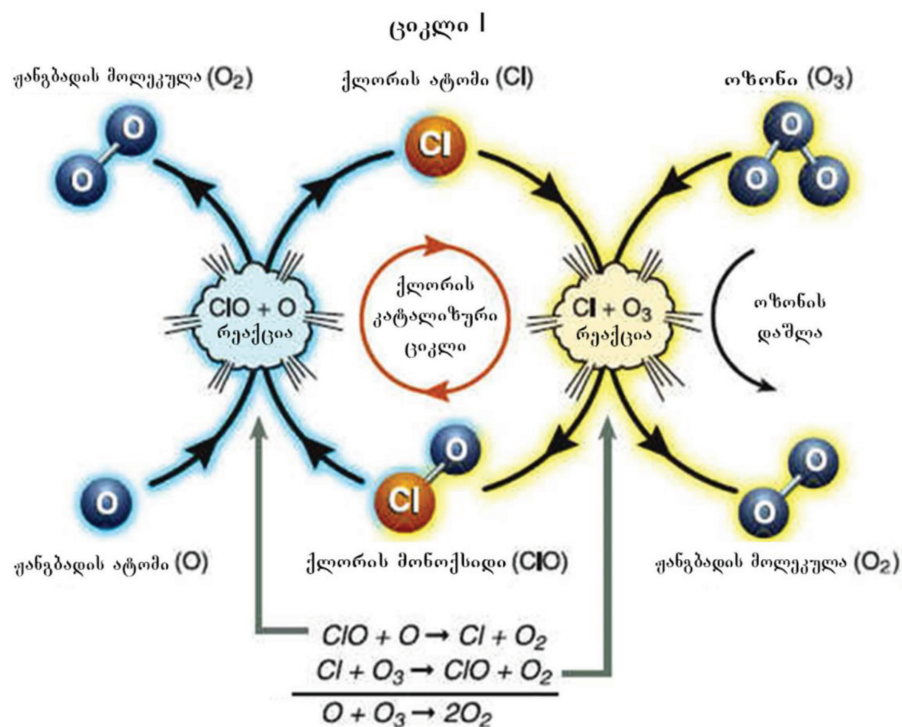
ქლორის ნაერთების მოცილება. მყარი ზედაპირის არსებობისას ამ რეაქციის გზით იზოლირებული ქლორი შეიძლება გამოთავისუფლდეს:



(31) – (34) განტოლებების შემდგომი შეკრებით მიიღება:



(29)–(34) რეაქციების თანმიმდევრობა განსაკუთრებით სწრაფად მიმდინარეობს დაბალ ტემპერატურაზე. მით უფრო, პირდაპირი დამოკიდებულება, ქლორის კონცენტრაციისაგან (30) რეაქციით ნაგულისხმევი, ამ რეაქციას ხდის ძალიან მგრძნობიარეს ქლორის კონცენტრაციისადმი. ნაწილაკების ზედაპირზე ზუსტად ეს დაბალტემპერატურული პროცესები ხსნის საუკეთესოდ ოზონის დამლუპველ შემცირებას ანტარქტიკის თავზე. O_3 -ის შემცირების შემდგომი მოდელირება სულ უფრო და უფრო უშვებს მისი ქიმიზმის ჰეტეროგენულ ასპექტს. შესაძლებელია, რომ სითხის წვეთები, გარდა მყარი ზედაპირების რეაქციებში მონაწილეობისა, ასევე წარმოადგენდნენ მნიშვნელოვან შუამავლებს რეაქციისათვის.



ბუნებრივი ქლორი სტრატოსფეროში ჩვეულებრივ გადაიტანება მეთილქლორიდის (CH_3Cl) სახით, რომელიც, როგორც ჩანს, ხვდება ზღვისა და ხმელეთის ბიოლოგიური წყაროებიდან, მაგრამ ეს ბუნებრივი წყაროები შეადგენენ ქლორის მხოლოდ 25%, რომელიც გადადის ტროპოპაუზის საშუალებით.

ატომური ქლორი სტრატოსფეროში ჩნდება ასევე რიგი ქლორფტორნახშირბადების ფოტოქიმიური დაშლისას, რომლებიც მცირე ქიმიური აქტივობის და დიდი სასიცოცხლო დროის წყალობით ასწრებენ სტრატოსფეროში, ოზონის მაქსიმალური შემცველობის ზონაში მიღწევას.

ქლორფტორნახშირბადებს შორის უფრო მეტ საშიშროებას წარმოადგენენ უკანასკნელ პერიოდამდე დიდი რაოდენობით წარმოებული მაცივარაგენტებიდან ზოგიერთები.

ეს არატოქსიკური, ხანძარფეთქებაუსაფრთხო, დაბალი რეაქციისუნარიანი ნაერთები ფართოდ გამოიყენებოდა სასაცივრო ტექნიკაში, ქაფპლასტების და კაუჩუკის წარმოებისას, სხვადასხვა საყოფაცხოვრებო საქონლის დამზადებაში და სხვა. სტრატოსფეროში მოხვედრისას ამ ნაერთებს შეუძლიათ ურთიერთქმედება 240 ნმ ნაკლები ტალღის სიგრძის გამოსხივებასთან ატომური ქლორის წარმოქმნით, როგორც, მაგალითად, CFC-11 (CFCl_3) და CFC -12 (CF_2Cl_2) შემთხვევაში

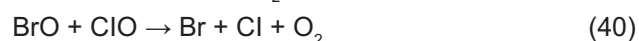


და, შესაბამისად, ოზონის შრის რღვევა.

ამჟამად მონრეალის პროტოკოლის და უკანასკნელ წლებში ხელმოწერილი დამატებითი რიგი საერთაშორისო პროტოკოლების შესაბამისად, ოზონსაშიში მაცივარაგენტების წარმოება აკრძალულია. მათ ნაცვლად მრეწველობის სხვადასხვა დარგში ხშირად გამოიყენება ნაკლებად ეფექტური, მაგრამ უფრო უსაფრთხო ორგანული ნაერთები. ასე, მაგალითად, ქლორფტორნახშირბადის მოლეკულაში წყალბადის ატომების შეყვანა ნაერთს უფრო რეაქციისუნარიანს ხდის, მისი სიცოცხლის დრო ტროპოსფეროში მნიშვნელოვნად მცირდება, ასეთი ნაერთები უკვე ვეღარ აღწევენ სტრატოსფეროში და ვერ ახდენენ გავლენას მასში ოზონის შემცველობაზე. სხვა გზა დაკავშირებულია მაცივარაგენტის მოლეკულაში ქლორის ატომის სრულ ან ნაწილობრივ შეცვლასთან. ამ შემთხვევაში მოლეკულა ან უფრო რეაქციისუნარიანი ხდება (არსებობის დროის შემცირებით), ან არ წარმოადგენს საშიშროებას ოზონის შრისათვის, რამდენადაც ქლორის ციკლი შეუძლებელია ქლორის არარსებობისას.

2.4. ბრომის ციკლი

ბრომის ატომს ქლორის ატომის მსგავსად შეუძლია ოზონთან ურთიერთქმედებისას წარმოქმნას ბრომის ოქსიდი და ჟანგბადის მოლეკულა. მაგრამ ქლორის ოქსიდისაგან განსხვავებით BrO -ს შეუძლია რეაქციაში შევიდეს ბრომის ოქსიდის მეორე მოლეკულასთან ან ქლორის ოქსიდთან; ამ დროს წარმოიქმნება შესაბამისი ჰალოგენის ორი ატომი და ჟანგბადის მოლეკულა:



ოზონის შრის რღვევის აქამდე განხილულ ყველა ციკლში რეაქცია ატომური ჟანგბადის მონაწილეობით არის მეტად ნელი და მისი სიჩქარე ზღუდავს შესაბამის ციკლებს. ბრომის ციკლის შემთხვევაში პროცესი მნიშვნელოვნად ჩქარდება და ბრომი ოზონის შრისათვის პოტენციურად უფრო მეტად საშიში ხდება. მაგრამ ამ ციკლის გავლენა ოზონის შრეზე ამჟამად ნაკლებია, ვიდრე სხვა განხილული ციკლებისა. ეს დაკავშირებულია ბრომის მცირე კონცენტრაციებთან სტრატოსფეროში. ბრომის ძირითად წყაროს სტრატოსფეროში წარმოადგენს ბრომშემცველი ორგანული ნაერთები, რომლებიც ხანძრების ჩასაქრობად გამოიყენება (ჰალონები). ეს ნაერთები ისევე, როგორც მაცივარაგენტები, მდგრადია ტროპოსფეროში, აქვთ სიცოცხლის დიდი დრო და სტრატოსფეროში მოხვედრისას იშლებიან ხისტი ულტრაიისფერი გამოსხივების მოქმედებით. ამ დროს წარმოქმნილ ბრომის ატომს შეუძლია ოზონის მოლეკულასთან ურთიერთქმედება.

აღსანიშნავია, რომ ცალკეული ციკლები მოქმედებენ არა იზოლირებულად, არამედ განიცდიან ურთიერთგავლენას. მაგალითად, რეაქცია



ერთმანეთთან აკავშირებს ქლორისა და აზოტის ციკლებს. რამდენადაც მასში წარმოიქმნება შედარებით მდგრადი რეზერვუარის აირი, ადგილი აქვს როგორღაც ქლორისა და აზოტის ციკლების დამუხრუჭებას. პირიქით, ქლორისა და ბრომის ციკლები ერთმანეთს აჩქარებენ მათი ოქსიდების ურთიერთქმედების პროცესის წყალობით.

3. „ოზონის ხვრელი“ ანტარქტიკის თავზე

3.1. ხვრელები დედამიწის ოზონის შრეში – აღმოჩენის ისტორია, პრობლემის არსი

გასული ასწლეულის 70-80-იან წლებში სტრატოსფერული ოზონის კონცენტრაცია სერიოზული შესწავლის საგანი გახდა. ზიანი, რომელსაც ოზონის შრეს აყენებს ატმოსფეროში ისეთი ნივთიერებების გაუონვა, როგორიცაა ქლორფტორ- და ჰიდროქლორფტორნახშირბადები, შემთხვევით იქნა აღმოჩენილი.

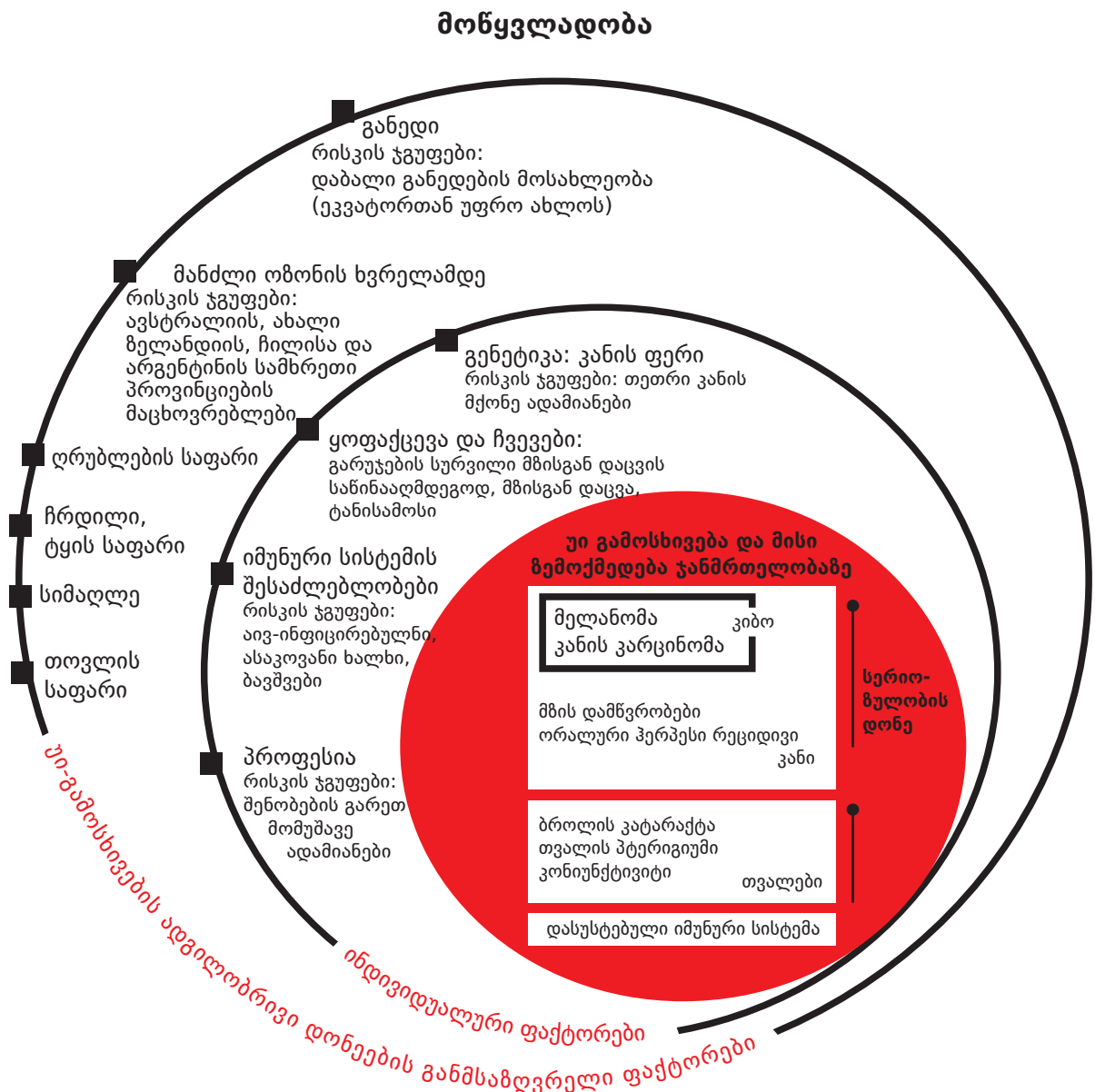
1974 წელს კალიფორნიის უნივერსიტეტის ქიმიკოსებმა მარიო მოლინამ (Mario Molina) და ფრეკ შერვუდ როლანდმა (Frank Sherwood Rowland) იგარაუდეს, რომ ხანგრძლივად არსებული ჰალოგენშემცველ ნაერთებს, ისეთებს, როგორიცაა იმ დროისათვის ფართოდ გამოყენებული ქლორფტორნახშირბადები, ატმოსფეროში მოხვედრისას შეუძლიათ ოზონის შრის რღვევა. აქამდე ცოტა ადრე მსგავსი ჰიპოთეზით, რომელიც, მართალია, ეხებოდა სხვა ნივთიერებას – აზოტის (I) ოქსიდს, გამოვიდა გერმანელი ფიზიკოსი პოლ კრუტცენი (Paul Crutzen).

ამ დროს დაგროვილი იყო მონაცემები, რომლის თანახმადაც, დედამიწაზე მოხვედრილი ულტრაიისფერი გამოსხივების რაოდენობა მნიშვნელოვნად გაიზარდა 1925 წელთან შედარებით. ულტრაიისფერი გამოსხივების საშიშროება კი ცოცხალი ორგანიზმებისათვის უკვე კარგად იყო შესწავლილი. სარწმუნოდ იქნა დადგენილი, რომ ულტრაიისფერი გამოსხივების ინტენსივობის გაზრდა მცენარეებისათვის ართულებს ფოტოსინთეზის პროცესს და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირებას იწვევს: ულტრაიისფერისაგან იღუპება ფიტოპლანქტონი – მსოფლიო ოკეანის ბინადართა საკვები ბაზა, ნეგატიურად მოქმედებს ინტენსიური ულტრაიისფერი გამოსხივება ადამიანზეც – იზრდება დაავადებებისადმი მიდრეკილება, იცვლება კანის სტრუქტურა და პიგმენტაცია, თვალების, სიმსივნური დავადებების წარმოშობის ალბათობა, დნკ მოლეკულების დაზიანება. სურ.2-ზე წარმოდგენილია ოზონის ხვრელების საშიშროება, ადამიანის მოწყვლადობა მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების მიმართ. მაგრამ ამ ზემოქმედების კავშირი ოზონის შრის რღვევასთან ადამიანის მოღვაწეობის შედეგად სიმართლეს მოკლებული ეგონათ. უფრო მეტიც, მაცივარაგენტების მწარმოებლები და მეცნიერთა ნაწილი ასეთი კავშირის დაშვების ჰიპოთეზის მკაცრი კრიტიკით გამოვიდნენ.

კრუტცენის, როლანდის და მოლინის სიმართლის დამტკიცება მოხდა 80-იან წლებში, ხოლო 1995 წელს მათ მიენიჭათ ნობელის პრემია ქიმიის დარგში. დიდი ბრიტანეთის ანტარქტიკის მართვის პროგრამის ჩარჩოებში შეგროვებული მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ ოზონის უმცირესი კონცენტრაციის მნიშვნელობა, ჩვეულებრივ შემჩნეული სტრატოსფეროში ანტარქტიკის თავზე ოქტომბრის შუა რიცხვებში, 1975 წლიდან 1984 წლამდე პერიოდში 40%-ით შემცირდა. 1987 წლის გაზაფხულზე შეიმჩნეოდა ოზონის შემცველობის შემცირება 300 დ.ე.-დან 150-200 დ.ე.-მდე, ხოლო ზოგიერთ არეში – 100 დ.ე.-მდე. ამასთან, ზონა, რომელშიც ოზონის შემცველობამ შეადგინა 200 დ.ე.-ზე ნაკლები, ამ პერიოდში იკავებდა დაახლოებით 40 მლნ. კმ²-ს.

ოზონის ხვრელები არა მარტო ანტარქტიკის თავზე წარმოიქმნება, ზამთარში ისინი მუდმივად არსებობენ ევროპის დიდი ნაწილის – აღმოსავლეთ ციმბირის თავზე. ოზონის შემცველობის ხანგრძლივმა ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა ევროპის თავზე აჩვენა, რომ ოზონის საერთო შემცველობის საშუალოკვადრატულმა გადახრამ 10-12%-ს მიაღწია ჯერ კიდევ 1957-1979 წწ.-ში. ოზონის შესახებ ცენტრალური აეროლოგიური ობსერვატორიის სპეციალისტების გამოკვლევების

თანახმად, მნიშვნელოვანი წვლილი ოზონის საერთო შემცველობის ხანგრძლივი ცვლილებების ფორმირებაში ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში შეაქვთ ბუნებრივ გეოფიზიკურ პროცესებს. ოზონის საერთო შემცველობის ანომალიურად დაბალი მნიშვნელობები 1992-1993 წწ.-ში გამოწვეული იყო 1991 წელს ფილიპინებზე ვულკან პინატუბოს მძლავრი ამოფრქვევით.



სურ. 2. ოზონის ხვრელების საშიშროება. ადამიანის მონყვლადობა ულტრაიისფერი გამოსხივების მიმართ²

თანამედროვე გამოკვლევები აჩვენებს, რომ ვულკანების ამოფრქვევას ახლავს ფტორშემცველი ნივთიერებების მნიშვნელოვანი ამონატყორცნი. ადრე მიიჩნეოდა, რომ ამგვარი ნივთიერებები შეიძლება ყოფილიყო მხოლოდ ანთროპოგენური წარმოშობის. გეოლოგები მიუთითებენ ოზონის შრეზე მოქმედების კიდევ ერთი შესაძლო ბუნებრივი მექანიზმის შესახებ. დედამიწის ბირთვში გახსნილია წყალბადის მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომელიც ხვდება ატმოსფეროში. ატმოსფეროში წყალბადი მოქმედებს ოზონთან და შლის მას. ოზონის დაშლას იწვევს ასევე ატმოსფეროში წყალბადთან ერთად მოხვედრილი მეთანი.

2. წყარო: ჯმო, Global burden of disease from solar ultraviolet radiation, 2006

უკანასკნელ წლებში სულ უფრო ხშირად ჩნდებოდა ცნობები ამ მოვლენის მასშტაბების პერიოდული გაზრდის შესახებ, „ოზონის ხვრელების“ არემ უკვე მიაღწია ავსტრალიისა და ჩილეს ტერიტორიებს. ამ ქვეყნების მთავრობა და მოსახლეობა იძულებული იყო შესაძლო შედეგებთან საბრძოლველად საგანგებო ღონისძიებებისათვის მიემართა. მაგალითად, დამატებითი დასხივების თავიდან ასაცილებლად, ულტრაიისფერი სხივებისაგან დასაცავად, რომლებსაც ოზონის შემცირებისას შეეძლოთ დედამიწის ზედაპირამდე მოეღწიათ, ავსტრალიაში ბავშვებს დახურულ საბანაო კოსტიუმებს აცმევდნენ, ხოლო ჩილეში გამოჩნდა სპეციალური რეკომენდაციები, თუ როგორ უნდა მოქცეულიყო მოსახლეობა დღის საათებში გარეთ, ღია ჰაერზე გასვლისას.

თანდათანობით დადგინდა ამ მოვლენის ზოგიერთი კანონზომიერება. პრაქტიკულად დადასტურდა წლების წინ გამოთქმული ჰიპოთეზა, რომ სამხრეთ ნახევარსფეროში სექტემბერსა და ოქტომბერში – გაზაფხულის პირველ თვეებში, როცა მზე ხანგრძლივი პოლარული ზამთრის შემდეგ ჰორიზონტზე ჩნდება, უამრავი ფოტოქიმიური რეაქციის ინიცირებას ახდენს ოზონის მოლეკულებსა და სტრატოსფეროში მოხვედრილი ბუნებრივი და ანთროპოგენური წარმოშობის ორგანული ნაერთებიდან გამოყოფილი ქლორისა და ბრომის ატომებს შორის. სავსე გამოკვლევებით დამტკიცდა, რომ დედამიწის ატმოსფეროში ნამდვილად არსებობს ოზონის ხვრელების პრობლემა.

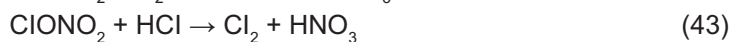
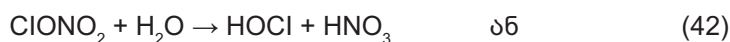
„ჩვენი ჯგუფი დაარწმუნა 11-დღიანი საშუალო გაზომვების მინიმალური მნიშვნელობების გრაფიკმა, რომელზეც მკვეთრად ჩანდა, რომ კონცენტრაციის შემცირება გაზაფხულზე სისტემატურ ხასიათს ატარებს“, – აღნიშნავდა ჯონატან შანკლინი (Jonatan Shanklin), რომელმაც თავის კოლეგებთან ჯო ფარმანთან (Joe Farman) და ბრაიან გარდინერთან (Brian Gardiner) ერთად დიდი ბრიტანეთის ანტარქტიკის მართვიდან შეაგროვა ძირითადი სავსე მონაცემები. ფარმანმა დაამუშავა ზოგადად დაკვირვების შედეგების ამხსნელი ქიმიური თეორია და ოზონის შემცველობის კლება დაუკავშირა ქლორფტორნახშირბადების კონცენტრაციის გაზრდას, ხოლო გარდინერმა მონაცემთა ხარისხის აუცილებელი კონტროლი ჩაატარა.

თანამედროვე წარმოდგენებით, ანტარქტიკის თავზე „ოზონის ხვრელების“ წარმოქმნა კომპლექსურად ხდება და დაკავშირებულია როგორც ბუნებრივი მოვლენების (პოლარული გრიგალი) ერთობლიობასთან, ისე ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობაზე ანთროპოგენურ გავლენასთან. მაგალითად, ატმოსფეროში ქლორფტორნახშირბადების მოხვედრის სისტემატურმა გაზრდამ, რაც შეინიშნებოდა გასული საუკუნის მეორე ნახევარში, და ჰაერის მასების მოძრაობის სპეციფიკამ მაღალი განედების ატმოსფეროში გამოიწვიეს ის, რომ „ოზონის ხვრელების“ წარმოქმნის პერიოდში ჰაერში ოზონდამშლელი ნივთიერებების კონცენტრაცია ანტარქტიკის თავზე მკვეთრად იზრდებოდა. ქლორის ოქსიდის შემცველობა, რომელიც მაღალი კონცენტრაციების დროს დიმერებს (ClO)₂ წარმოქმნის, 100-ჯერ აღემატებოდა სტრატოსფეროს მეზობელ არეებში რეგისტრირებულ შესაბამის მნიშვნელობას.

მდგრადი ანტიციკლონი, ე.წ. პოლარული გრიგალი ან პოლარული ვორტექსი, წარმოშობილი ყოველ ზამთარს ანტარქტიკის თავზე, იწვევს ჰაერით მიმოცვლის დროებით შეწყვეტას სტრატოსფეროს სხვა არეებთან და ოზონის ჩამოედინას ტროპოსფეროში. სტრატოსფეროს ტროპიკულ ან საშუალოგანედურ ზონებში წარმოქმნილი ოზონის მოხვედრა ამ პერიოდში წყდება. მაგრამ ოზონის წარმოშობილი დეფიციტი პოლარული ღამეების პირობებში არ წარმოადგენს საშიშროებას ბიოტისათვის.

ჰაერის ტემპერატურა გრიგალის შიგნით მკვეთრად ეცემა -70 ან -80 °C-მდე. სტრატოსფეროში ჩნდება მდგრადი აეროზოლური წარმონაქმნები – „ვერცხლისებრი“ ღრუბლები, რომლებიც

შედგება ყინულის კრისტალებისა და გადამეტცივებული სითხის წვეთებისაგან. ამ აეროზოლების შემადგენლობაში შედის ქლორის ოქსიდის დიმერი $(\text{ClO})_2$, ქლოროვანი ნიტროზილი (ClONO_2) და აზოტის სხვა ნაერთები $(\text{HNO}_3, \text{HNO}_2)$. ზამთრის პერიოდში ეს ნაერთები, დაკავშირებული აეროზოლებთან, არ ურთიერთქმედებენ ოზონთან. გაზაფხულზე ცირკუმპოლარული გრიგალი იშლება და ტემპერატურის გაზრდისას ყინულის კრისტალების ზედაპირზე იწყებენ მიმდინარეობას ჰეტეროგენული ქიმიური პროცესები:



წარმოქმნილი მოლეკულები Cl_2 და HOCl არამდგრადებია და განსხვავებით HCl -ისა და ClONO_2 -ისაგან, პირველი მზის სხივების გამოჩენისას იშლებიან ხილული გამოსხივების ზემოქმედებითაც კი:



ამგვარად, გაზაფხულის დადგომასთან ერთად სტრატოსფეროში ანტარქტიდის თავზე ჩნდება რიგი ოზონდამშლელი ნივთიერებისა და იწყება ოზონის რღვევის ჯაჭვური პროცესები ოზონის ბუნებრივი დეფიციტის ფონზე, რომლის შემცველობა ვერ ასწრებს აღდგენას პოლარული ლამეების დამთავრების და ვორტექსის დარღვევის შემდეგ.

ანტარქტიდის თავზე ოზონის შრის რღვევაში განსაკუთრებულ როლს ასრულებენ ქლორის ოქსიდის დიმერები. ეს ნაერთები არამდგრადია და გამოსხივების ზემოქმედებით იშლებიან

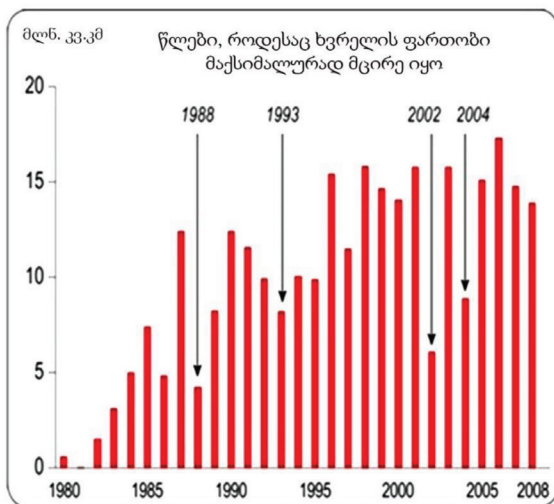


„დიმერის ციკლის“ ყველა განტოლების შეჯამებით მივიღებთ:



მაშასადამე, ჰეტეროგენული რეაქციების მიმდინარეობა და „დიმერის ციკლი“, როგორც ზემოთ აღინიშნა, მკვეთრად ინტენსიურ ხასიათს აძლევს ოზონის შრის რღვევის პროცესს ანტარქტიდის თავზე გაზაფხულის პერიოდში და „ოზონის ხვრელების“ წარმოქმნას იწვევს. შემდეგ ყინულის კრისტალები დნება, ჰეტეროგენული პროცესები წყდება, ქლორის ოქსიდი ნაწილობრივ იხარჯება, ხოლო ნაწილობრივ უერთდება აზოტის დიოქსიდს ქლოროვანი ნიტროზილის წარმოქმნით. ოზონი ატმოსფეროს სხვა არეებიდან პოლარულ არეში ძირითადად სტრატოსფერული ცირკულაციის დინამიკური პროცესების წყალობით ხვდება, მისი ნაწილი სინთეზირდება ანტარქტიდის თავზე და „ხვრელი“ თანდათანობით, ერთი-ორი თვის განმავლობაში იხურება.

ატმოსფეროში ოზონის ხვრელის არსებობის შესახებ კვლევის შედეგები შემაშფოთებელი და რაღაც ხარისხით დაუჭერებელი აღმოჩნდა აშშ-ის მეცნიერებისათვის, რომლებიც რთული თანამგზავრული სისტემის დახმარებით ატარებდნენ ოზონის შრის მონიტორინგს. თავდაპირველად მათ მიერ ჩატარებულმა ანალიზმა ოზონის შრეში არავითარი ცვლილება არ აჩვენა, მაგრამ თანამგზავრებიდან მონაცემების განმეორებითი შესწავლის შემდეგ მისი რღვევა დამტკიცდა. სურ. 3-ზე წარმოდგენილია ოზონის ხვრელის საშუალოწლიური ფართობები სპექტრომეტრული აპარატურის გამოყენებით გაზომვების შედეგების მიხედვით.



სურ. 3. ოზონის ხვრელის საშუალოწლიური ფართობები, სპექტრომეტრული აპარატურის გამოყენებით გაზომვების შედეგების მიხედვით³.

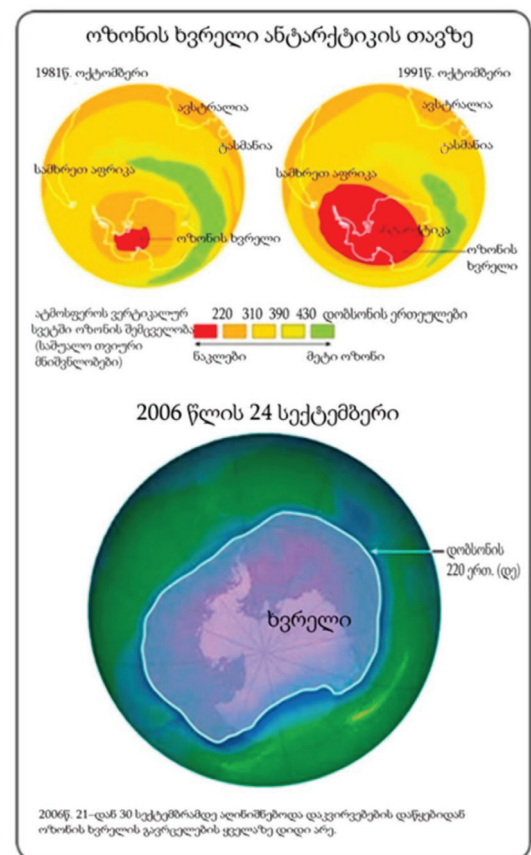
სურ. 4-ზე წარმოდგენილია ოზონის ხვრელები ანტარქტიკის თავზე, შესაბამისად, 1981 და 1991 წლების ოქტომბერში და 2006 წლის სექტემბერში. აღსანიშნავია, რომ 2006 წლის 21 სექტემბრიდან 30 სექტემბრის ჩათვლით გამოვლინდა დაკვირვების დაწყებიდან ოზონის ხვრელის ყველაზე დიდი გავრცელების არე (220 დობსონის ერთეული).

ოზონის შრე დედამიწაზე წინანდებურად მცირდება, ხოლო „ოზონის ხვრელების“ ფართობმა ანტარქტიდის რაიონში, 2006 წლის სექტემბრის მონაცემებით, შეადგინა თითქმის 29,3 მლნ. კმ². ეს თითქმის ორჯერ აჭარბებს თვით კონტინენტის ზომებს, ნათქვამია ეკოლოგიის სამინისტროს ტოკიოში გავრცელებულ მოხსენებაში. მასში აღნიშნულია, რომ „ოზონის ხვრელების“ სიდიდე ანტარქტიკის თავზე იცვლება წლიდან წლამდე.

2006 წლის სექტემბერში „ხვრელები“ ზომებით მხოლოდ 2000 წლის სექტემბრის მონაცემებს ჩამორჩებოდა, როცა იაპონიის ეკოლოგიის სამინისტროს ექსპერტების თანახმად, მათმა ფართობმა თითქმის 30 მლნ. კმ²-ს მიაღწია, რაც აბსოლუტური რეკორდი იყო მთელი დაკვირვების პერიოდში.

1992 წელი მეცნიერებისათვის აღინიშნა იმით, რომ უკვე ჩრდილოეთ ნახევარსფეროზე ანტარქტიკაში წარმოიქმნა კიდევ ერთი ოზონის ხვრელი, გაცილებით ნაკლები დიამეტრით, ხოლო 2008 წელს ანტარქტიკაში აღმოჩენილი ოზონის ხვრელის დიამეტრმა მაქსიმალურ რეკორდულ ზომებს – 27 მლნ. კმ²-ს მიაღწია.

მეცნიერთა ჯგუფმა გამოაქვეყნა კვლევის შედეგები ოზონის შრის შესახებ ანტარქტიკის ტერიტორიის თავზე და გამოარკვეეს, რომ 2012 წელს მან მაქსიმალურ ზომებს 22 სექტემბერს მიაღწია. უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მაქსიმალური ზომა გახდა ყველაზე მცირე მაჩვენებელი დაკვირვების გავლილი ათი წლის მანძილზე.

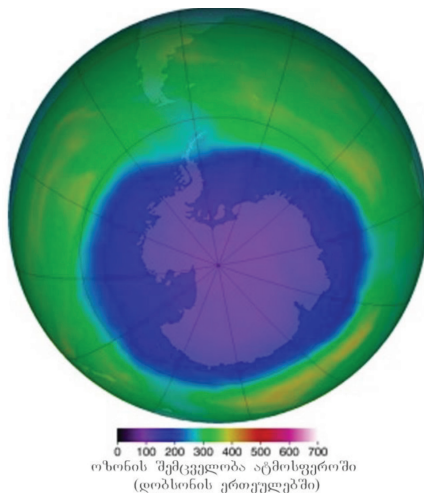


სურ. 4. ოზონის ხვრელები ანტარქტიკის თავზე, შესაბამისად, 1981 და 1991 წლების ოქტომბერსა და 2006 წლის სექტემბერში⁴.

3. წყარო: აშშ-ის ოკეანური და ატმოსფერული გამოკვლევების ნაციონალური სამმართველო (NOAA), აერონავტიკისა და კოსმოსური სივრცის კვლევის ნაციონალური სამმართველო (NASA), 2007

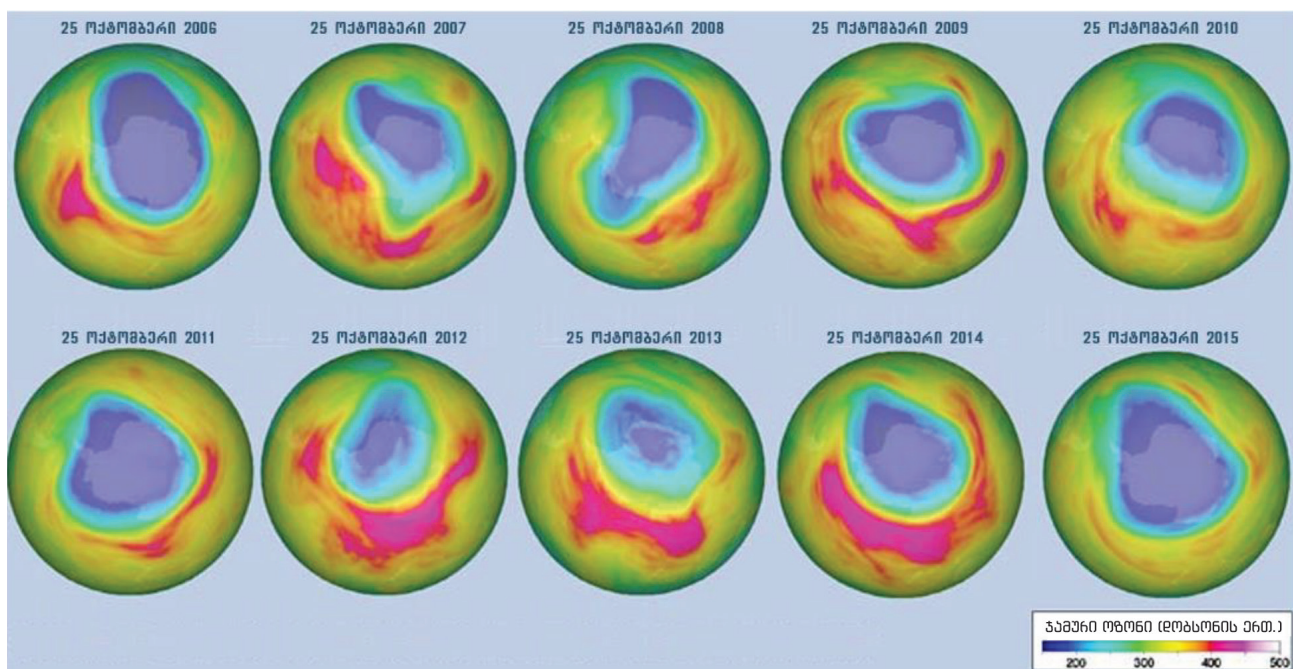
4. წყარო: აშშ-ის ოკეანური და ატმოსფერული კვლევების ეროვნული სამმართველო (NOAA)

NASA-მ 2015 წლის 2 ოქტომბერს მეტეოთანამგზავრიდან გაკეთებული ოზონის ხვრელის გამოსახულება გამოაქვეყნა.



სპეციალისტების შეფასებით, ამ დღეს ოზონის ხვრელის ფართობმა ანტარქტიკის თავზე 2015 წლისათვის რეკორდულს მიაღწია. იგი გაიშალა 28,2 მლნ. კმ²-ზე. ეს მეოთხეა სიდიდის მნიშვნელობით თანამგზავრებით დაკვირვების მთელი დროის მანძილზე, ანუ 1979 წლიდან. უფრო მეტიც, 4 ოქტომბერს ოზონის კონცენტრაციამ წლიურ მინიმუმს – 101 დ.ე.-ს მიაღწია, რაც სტრატოსფეროში დიდი რაოდენობით ოზონდამშლელი ქლორისა და ბრომის არსებობას უკავშირდება. რეკორდული მნიშვნელობა დაფიქსირებული იყო 2000 წლის 9 სექტემბერს.

ქვემოთ, სურათზე 5, წარმოდგენილია ოზონის კონცენტრაციის ცვლილება 2006-2015 წლების ერთსა და იმავე პერიოდში.



სურ. 5. ჯამური ოზონის კონცენტრაციის ცვლილება 2006-2015 წწ.-ში, 25 ოქტომბერს⁵

ზოგიერთი პროგნოზით, ატმოსფეროში ოზონდამშლელი ნივთიერებების აირების შემცირებას შეუძლია დამცავი შრის სიმკვრივის აღდგენა, მაგრამ, ჯერჯერობით არანაირი ნიშნები არ არის იმისა, რომ ეს დადებითი პროცესი ნამდვილად დაიწყო.

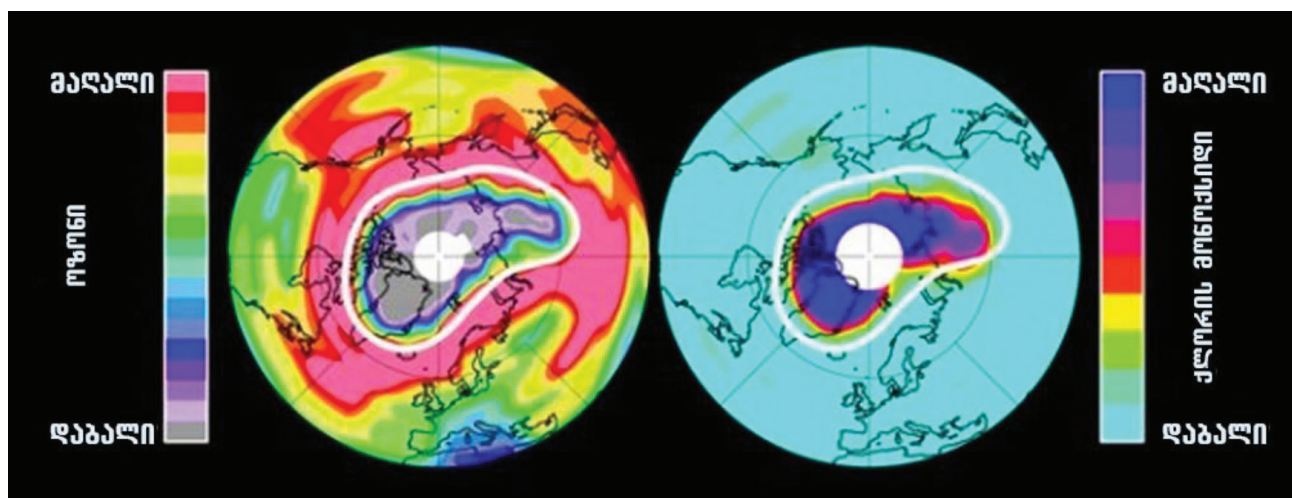
მეცნიერებისათვის მაშინ უკვე ნათელი იყო, რომ ატმოსფეროდან ოზონდამშლელი ნივთიერებების გაქრობასა და დედამიწაზე ოზონის ხვრელების პრობლემის გადაწყვეტას ათწლეულები დასჭირდებოდა, რამდენადაც ოდნ-ის დაშლის პროცესები მიმდინარეობს ნელა – ასე, მაგალითად, ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული მაცივარაგენტის CFC-12-ის ატმოსფეროში სიცოცხლის (ყოფნის) დრო დაახლოებით 100 წელს შეადგენს. ამ თეორიის საბოლოო დამტკიცებამდე მოცდა იყო ძალიან საშიში და ამის გაცნობიერებამ იძულებული გახადა საერთაშორისო საზოგადოება მიეღოთ დაუყოვნებელი ზომები.

5. WMO Antarctic Ozone Bulletin no. 4, 2015

მეცნიერებმა არქტიკის თავზე ოზონის უდიდესი ხვრელი აღმოაჩინეს, – ნათქვამია ჟურნალ „Nature“-ში გამოქვეყნებულ სტატიაში.

2010-2011 წლის ზამთარსა და გაზაფხულზე არქტიკაში პირველად შენიშნეს პროცესი, რომელსაც შეიძლება ეწოდოს ოზონის ხვრელის ფორმირება. აპრილის დასაწყისში მსოფლიო მეტეოროლოგიურმა ორგანიზაციამ განაცხადა, რომ ოზონის რაოდენობა ატმოსფეროში, არქტიკულ რეგიონში, რეკორდულ სიდიდემდე – 40%-მდე შემცირდა.

მეცნიერთა ჯგუფმა გლორია მენის (Gloria Manney) ხელმძღვანელობით NASA-ს რეაქტიული მოძრაობის ლაბორატორიიდან დაწვრილებით გაანალიზა (2011წ) ოზონის ხვრელის ფორმირების პროცესი და მივიდა დასკვნამდე, რომ ეს შემთხვევა იყო უპრეცედენტო თავისი მასშტაბებით და იმ შემთხვევაში, თუ ზამთარი არქტიკაში იქნება ცოტა უფრო მკაცრი, ოზონის კონცენტრაციის გარდნა უფრო მკვეთრი იქნება.



„ეს ჩვენთან, ჩრდილოეთში, პირველად ხდება. ოზონის რაოდენობის შემცირება არქტიკაში ყოველთვის იყო მნიშვნელოვნად ნაკლებად გამოსახული, ვიდრე ანტარქტიკაში. 1994-1995 წელს იყო 30%-ით გარდნა, მაგრამ ასეთი აქამდე არასოდეს ყოფილა. ახლა დაცემა იყო 40%-ით, ეს უკვე ედარება ანტარქტიკულს, იქ ოზონის ხვრელი 50-60%, რიგი უკვე ერთნაირია“, – აღნიშნა კვლევის ერთ-ერთმა ავტორმა ვ. დოროხოვმა, რუსეთის ჰიდრომეტის ცენტრალური აეროლოგიური ობსერვატორიის უფროსმა მეცნიერ-თანამშრომელმა.

2010-2011 წლის ზამთარში არქტიკაში უჩვეულოდ დიდხანს შენარჩუნდა ცირკუმპოლარული გრიგალი – ძლიერი სტრატოსფერული ჰაერის დინების ზოლები პოლარული ზონის ირგვლივ, რომლებიც თბილ ჰაერს პოლუსისაკენ არ უშვებდნენ. შედეგად გაზაფხულის დასაწყისისათვის ოზონის კონცენტრაცია მკვეთრად დაეცა.

3.2. ეკოლოგებმა გრენლანდიაში ოთხი ახალი ოზონდამშლელი ნივთიერება აღმოაჩინეს

ევროპელმა ეკოლოგებმა გრენლანდიის თოვლში აღმოაჩინეს ოთხი ადრე უცნობი ოზონდამშლელი ნივთიერების მოლეკულები, რომლებიც, მიუხედავად ქლორფთორნახშირბადების წარმოებისა და გამოყენების სრული აკრძალვისა, კვლავაც ხვდებიან ატმოსფეროში, – ნათქვამია ჟურნალ „Nature Geoscience“-ში გამოქვეყნებულ სტატიაში. „ოთხი ახალი ნივთიერების აღმოჩენა მეტად გვაღელვებს ჩვენ, ვინაიდან არ ვიცით მათი წყარო და ისინი განაგრძობენ

ოზონის შრის რღვევას. როგორც ჩანს, მათ გამოტყორცნიან ელექტრონიკის ან პესტიციდების მწარმოებელი საწარმოები“, – განაცხადა ნორვიკში იოხანეს ლაუბემ აღმოსავლეთ ინგლისის უნივერსიტეტიდან (დიდი ბრიტანეთი).



ფოტო: Ian Joughin

ლაუბემ და მისმა კოლეგებმა შეისწავლეს უკანასკნელი 50 წლის მანძილზე გრენლანდიაში ფორმირებული თოვლის ბუდობების ქიმიური შედგენილობა. ამ თოვლის ფენებში წყალთან ერთად დატოვებულია (შენარჩუნებულია) მრეწველობის „კვალიც“. აანალიზებდნენ რა თოვლის ცალკეული ფენის შედგენილობას, მეცნიერები მიღებულ მონაცემებს ადარებდნენ იმ ინფორმაციას, რომელიც გროვდებოდა ატმოსფერული სადგურებით ტასმანიის ტერიტორიაზე. ეს დაეხმარა მათ გამოეყოთ ნივთიერებები, რომლებიც ამ დროს არსებობდა დედამიწის ატმოსფეროში და თოვლიდან მიედოთ ოზონდამშლელი ქლორფტორნახშირბადები.

გარდა „ჩვეულებრივი“ ფრეონებისა, რომელთა წარმოება აკრძალული იყო „მონრეალის ოქმით“, სტატიის ავტორებმა შეძლეს ეპოვათ ქლორფტორნახშირბადის ოთხი ადრე უცნობი ფორმა, ეთანის ნაერთები ქლორისა და ფტორის ატომების სხვადასხვა რიცხვით. ეს ნივთიერებები დედამიწის ატმოსფეროში გამოჩნდა გასული საუკუნის 60-იან წლებში და დღესაც განაგრძობენ იქ მოხვედრას.

მეცნიერთა შეფასებით, ამ ქლორფტორნახშირბადების მასა შედარებით დაბალი რჩება – ყოველ წელს გამოიტყორცნება ამ ნივთიერებათა დაახლოებით 3 ათასი ტონა. ეს ასჯერ ნაკლებია ოზონდამშლელი აირების ტიპურ გამონატყორცნზე XX საუკუნეში, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, ეს აირები მაინც ახდენენ შესამჩნევ გავლენას დედამიწის ოზონის ფარის ჯანმრთელობაზე, – ასკვნიან სტატიის ავტორები.

4. ოზონის შრის რღვევის გავლენა ჯანმრთელობასა და გარემოზე

სტრატოსფეროში ოზონის შემცველობის შემცირების შედეგად, გლობალური კლიმატური სისტემის ყველა სხვა მახასიათებლის უცვლელად შენარჩუნებისას, მოხდება დედამიწის ზედაპირზე მოღწეული მზის ულტრაიისფერი რადიაციის ნაკადის გაზრდა.

აშშ-ის გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემებით, სტრატოსფეროში ოზონის შემცველობის თითოეული დაკარგული პროცენტი იწვევს ულტრაიისფერი მზის რადიაციის ზემოქმედების ინტენსივობის გაზრდას 1,5-2%-ით. ულტრაიისფერი გამოსხივების ინტენსივობის გაზრდა, უპირველეს ყოვლისა, საშიშია ადამიანისათვის მის კანსა და თვალებზე მზის რადიაციის ზემოქმედების გამო. რადიაციას ტალღის სიგრძით სპექტრში 280-320 ნმ (ულტრაიისფერი სხივები), რომელიც ნაწილობრივ იბლოკება ოზონით, შეუძლია გამოიწვიოს ნაადრევი დაბერება, კანის კიბოთი დაავადების რიცხვის ზრდა, ასევე მცენარეთა და ცხოველთა დაზიანება. რადიაცია ტალღის სიგრძით 320 ნმ-ზე მეტი პრაქტიკულად არ შთაინთქმება ოზონით და ფაქტობრივად აუცილებელია ადამიანისათვის, D ვიტამინის ფორმირებისათვის, რომელიც ორგანიზმში კალციუმისა და ფოსფორის მიმოცვლას არეგულირებს. ულტრაიისფერი რადიაციას, ტალღის სიგრძით სპექტრში 200-280 ნმ, შეუძლია გამოიწვიოს სერიოზული შედეგები ბიოლოგიური ორგანიზმებისათვის. მაგრამ ამ სპექტრის გამოსხივება პრაქტიკულად სრულად შთაინთქმება ოზონით. საბედნიეროდ, ოზონის მიერ ულტრაიისფერი რადიაციის შთანთქმის უნარი გამოსხივების ტალღის სიგრძის შემცირების პროპორციულად იზრდება.

აშშ-ის გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემებით, ოზონის შრის რღვევის შემთხვევაში გაიზრდება სამი სახის კანის კიბოს სიხშირე. კანის კიბოს ორი უფრო მეტად გავრცელებული ტიპია ბაზალურ-უჯრედოვანი კიბო (ბაზალიომა) და ბრტყელუჯრედოვანი კიბო. ამჟამად, ყოველწლიურად, ამ დაავადებებით 500 ათას ამერიკელზე მეტი ავადდება. კიბოს ეს ტიპები განვითარების ნაადრევ სტადიაზე იკურნება. კიბოს მესამე ტიპი – სარკომა გვხვდება მნიშვნელოვნად იშვიათად, მაგრამ ეს მეტად საშიში ფორმაა. ყოველწლიურად აღინიშნება ამ დაავადების დაახლოებით 25 ათასამდე შემთხვევა. 5 ათას შემთხვევაში სარკომა იწვევს ლეტალურ გამოსავალს, რაც ყველა სიკვდილიანობის 65 %-ს შეადგენს, გამოწვეულს კანის კიბოს ყველა სახეობით, ერთად აღებული. რუსეთის ფედერაციის უსაფრთხოების საბჭოს მონაცემების მიხედვით, 1970 წლიდან 1980 წლის ჩათვლით კანის ყველა სახის სიმსივნური დაავადებების 13 %-ით ზრდა აღინიშნა ყოფილ საბჭოთა კავშირში და 8 % 1985-დან 1986 წლის ჩათვლით პერიოდში (რიცხვმა თითქმის 80 ათასს მიაღწია). უსაფრთხოების საბჭოს ვარაუდით, დაავადებულთა რიცხვი ყოველ რვა წელიწადში გაორმაგდება.

იმ დროს, როცა მეცნიერები ძირითადად თანხმდებიან იმაზე, რომ გაზრდილი ულტრაიისფერი რადიაცია იწვევს კანის ბაზალურ-უჯრედოვან და ბრტყელუჯრედოვან კიბოს, კავშირი მზის რადიაციასა და სარკომას შორის არც ისე ნათელია. კიბოს უფრო რბილი (მსუბუქი) ფორმებისათვის შეიმჩნევა პირდაპირი კორელაცია მზეზე გატარებულ დროსა და დაავადების წარმოშობას შორის – ეს ყველაზე ხშირად ემართებათ ადამიანებს 70-80 წლის ასაკში, იქ, სადაც კანი არ არის დაფარული მზის სინათლის ზემოქმედებისგან (მაგალითად, სახესა და ხელებზე).

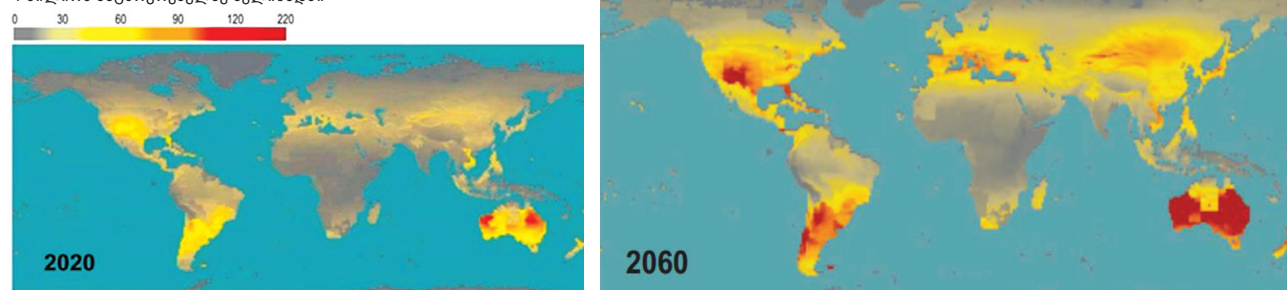
გარემოს დაცვის სააგენტომ გამოთვალა, რომ ულტრაიისფერი რადიაციის გაზრდა 2%-ით გამოიწვევს კიბოთი დაავადების შემთხვევების (არა სარკომის) გაზრდას 2-6%-ით. სარკომა ვითარდება უფრო ახალგაზრდებში და იმათშიც, ვინც შეიძლება განიცდიდეს პირდაპირი მზის სხივების ზემოქმედებას. სარკომით შეიძლება დაავადდნენ ის ადამიანები, რომლებიც საერთოდ არ ატარებენ დიდ დროს ღია ჰაერზე. სარკომის განვითარების საშიშროება პირდაპირ

უკავშირდება ადამიანის კანის მგრძნობელობას მზის სინათლისადმი (ღია ფერის კანის მქონე ადამიანებს უფრო აქვთ მიდრეკილება ამ პროცესისადმი, ვიდრე მუქკანიანებს). ეკოლოგიური პოლიტიკის ინსტიტუტისა და ენერგიისა და გარემოს კვლევის ინსტიტუტის მონაცემებით, რომელიც გამოქვეყნდა 1988 წელს წიგნში „როგორ ვუშველოთ ჩვენს კანს“, ასეთი ფორმის კიბოს მსხვერპლი თითქმის მხოლოდ კავკასიური წარმოშობის ადამიანები ხდებიან, ღია ფერის კანით. უკანასკნელ ათწლეულში სარკომის შემთხვევები გამოვლინდა ღია ფერის კანის მქონე ადამიანებში მთელ მსოფლიოში.

პროგნოზების მიხედვით, ოზონის შრის 10%-იანი შემცირება სტრატოსფეროში კანზე ყოველწლიურად წარმოშობის ახალწარმოქმნის (არა-მელანომის) დამატებით 300000 შემთხვევას გამოიწვევს და 4500 მელანომას მთელ მსოფლიოში.

კანის კიბოთი დაავადების შემთხვევათა დამატებითი რაოდენობა ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად მილიონ მცხოვრებზე წელიწადში 2020 და 2060 წლებისათვის წარმოდგენილია სურ. 6.

უი-გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად კანის კიბოს დაავადების შემთხვევათა დამატებითი რაოდენობა 1 მილიონ მცხოვრებელზე წელიწადში



სურ. 6. კანის კიბოთი დაავადების შემთხვევათა დამატებითი რაოდენობა ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედების შედეგად⁶

აშშ-ის გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემებით, ულტრაიისფერი რადიაცია ასუსტებს იმუნურ სისტემას და აქვეითებს მის უნარს გაუმკლავდეს გარკვეულ დაავადებებს, რის გამოც კაცობრიობა ორჯერ მეტად ავადდება.

ულტრაიისფერ რადიაციას შეუძლია დააზიანოს თვალის რქოვანა, თვალის შემაერთებელი გარსი, თვალის ბროლი და ბადისებრი გარსი. მას შეუძლია გამოიწვიოს ფოტოკერატოზი (ან თოვლის სიბრმავე). ოზონის შრის რღვევის შედეგად ადამიანებზე ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედების გაზრდის შესახებ წიგნის „როგორ ვუშველოთ ჩვენს კანს“ ავტორთა აზრით, ხალხში მოიმატებს კატარაქტის შემთხვევების რიცხვი. კატარაქტა ხურავს თვალის ბროლს, ამცირებს მხედველობის სიმახვილეს და შეიძლება გამოიწვიოს სიბრმავე. მსოფლიოში ყოველწლიურად 12 მლნ. ადამიანი იტანჯება სიბრმავისაგან.

მსოფლიო ჯანდაცვის ორგანიზაციის მონაცემებით, სიბრმავის ყველა შემთხვევის ნახევარი მსოფლიოში (დაახლოებით 35 მილიონი ადამიანი) გამოწვეულია მზის რადიაციის გადაჭარბებული ზემოქმედებით, მათგან, საგარეოდ, 20% უკავშირდება ულტრაიისფერი რადიაციის ზომაგადასულ ზემოქმედებას. დედამიწის მოსახლეობის 40 წელზე მეტი ასაკის თითქმის 5%-ს აწუხებს თვალის სხვადასხვა დაავადება, რომელთაგან ბევრი აიხსნება ულტრაიისფერი რადიაციის მოქმედებით.

ულტრაიისფერი რადიაციის შთანთქმის უნარი მკვეთრად განსხვავდება ორგანიზმთან დამოკიდებულებით. ულტრაიისფერი რადიაცია მავნედ მოქმედებს მცენარეთა ზრდაზე, მცირდება

6. წყარო: Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Laboratory for Radiation Research (www.rivm.nl/milieuStoffen/straling/zomerthem-uv/), 2007

ფოთლების ზომები და მით უფრო მცირდება სასარგებლო ფართობი ენერგიის შესაკავებლად. აშშ-ის გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემებით, ჩერდება მცენარეთა განვითარება და შეინიშნება მცენარეთა მასის შემცირება.

მიუხედავად ამისა, დღეისათვის არ არსებობს მეცნიერული ინფორმაცია, რომელსაც შეეძლო ერთმნიშვნელოვნად გაეცა პასუხი ულტრაიისფერი გამოსხივების მცენარეებზე გავლენის შესახებ. დედამიწის ათეული ეკოსისტემიდან შესწავლილი იყო მხოლოდ ოთხი – ზომიერი ზოლის ტყეები, სასოფლო-სამეურნეო ეკოსისტემები, ზომიერი ზოლის ბალახოვანი ეკოსისტემები, ტუნდრის და მაღალმთიანი ტუნდრის ეკოსისტემები. უფრო მეტიც, მონაცემები მიიღეს ლაბორატორიულ პირობებში, სადაც მცენარეები, ბუნებრივ პირობებში გაზრდილ მცენარეებთან შედარებით, უფრო მგრძნობიარე არიან ულტრაიისფერი გამოსხივების მიმართ.

მერილენდის უნივერსიტეტის მიერ ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ მცენარეების ორმა მესამედმა გამოავლინა მგრძნობელობა ულტრაიისფერი გამოსხივებისადმი, ხოლო ზოგიერთ სარეველას, კულტურულ მცენარეებთან შედარებით, დიდი მდგრადობა აღმოაჩნდა. ცალკეულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ოზონის 25%-ით შემცირებამ შეიძლება გამოიწვიოს სოიოს პარკების მნიშვნელოვანი შემცირება.

ბევრმა ორგანიზმმა გამოიმუშავა მზის რადიაციისაგან დაცვის მექანიზმები: რადიაციასთან კონტაქტის დროს შემცირება (ზოგიერთი ზღვის ორგანიზმი გაურბის აქტივობას შუადღეს, როცა ულტრაიისფერი გამოსხივება მეტად ძლიერია); პიგმენტური დაცვა; დაზიანებული დნკ ან ქსოვილების აღდგენა. მიუხედავად ამისა, მზის რადიაციის ინტენსიური გაზრდის შემთხვევაში ბევრი ორგანიზმისათვის არსებული მექანიზმები აშკარად არასაკმარისი იქნება დაცვისათვის. სურ. 7-ზე წარმოდგენილია ულტრაიისფერი გამოსხივების გავლენა მოსავალზე და შესაძლო ცვლილებები მცენარეთა მახასიათებლებში.

ფიტოპლანქტონი და ზოოპლანქტონი საკვანძო როლს ასრულებენ ზღვის ეკოსისტემების რთულ კვებით ჯაჭვში. ეს ორგანიზმები განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან ულტრაიისფერი გამოსხივებისადმი. რამდენადაც ულტრაიისფერი გამოსხივება შთაინთქმება მხოლოდ უჭრედების ზედაპირული ფენით, მსხვილი ბიოლოგიური სისტემები დაცულია უკეთესად, ვიდრე წვრილი, და ისეთი სისტემები, როგორიცაა ერთუჯრედიანი წყლის ორგანიზმები, აღმოჩნდნენ მეტად მოწყვლადი ბიოლოგიური სახეობების რიცხვში.

უი გამოსხივების გაძლიერების გავლენა მოსავალზე

შესაძლო ცვლილებები მცენარეთა მახასიათებლებში	ნეგატიური შედეგები	განსახიზველი მოწყვლადობის კულტურა
- შემცირებული ფოტოსინთეზი - ტენის შთანთქმის დაქვეითებული უნარი - გვალვისადმი მოწყვლადობის ზრდა - ფოთლების ფართობის შემცირება - ფოთოლთა ტენგამტარობის შემცირება - ცვლილებები ყვავილობის პროცესში (ინჰიბირება ან სტიმულაცია) - მშრალი მასის წარმოების შემცირება	- მცენარეთა გაზრდილი მოწყვლადობა - ზრდის შესაძლებლობების შეზღუდვა - მოსავლიანობის შემცირება	- ბრინჯი - შვრია - სორგო - სოიო - პარკოსნები

სურ. 7. კვლევის ჯამური დასკვნები მცენარეთა ხელოვნური ექსპოზიციის მიხედვით⁷.

7. წყარო: modified from Krupa and Kickert (1989) by Runeckles and Krupa (1994) in: Fakhri Bazzaz, Wim Sombroek, Global Climate Change and Agricultural Production, FAO, Rome, 1996.

ეკოლოგიური პოლიტიკის ინსტიტუტისა და ენერგიისა და გარემოს კვლევის ინსტიტუტის მოხსენების თანახმად, პლანქტონის ბევრი სახეობა უკვე არის ულტრაიისფერი რადიაციის მიმართ მაქსიმალური ბიოლოგიური მგრძნობელობის ზღვარზე. ამგვარად, ულტრაიისფერი დონის უმნიშვნელო გაზრდასაც კი შეუძლია კრიტიკულად იმოქმედოს პლანქტონზე და ზღვის ეკოსისტემებზე მთლიანად. წყლის ზედა ფენებში მობინადრე წყლის ორგანიზმები შეწყვეტენ არსებობას. საბოლოოდ დაიხოცება ამაზონის ჯუნგლების ფაუნა პითონებითა და თუთიყუშებით. მნიშვნელოვნად შემცირდება თევზის რეწვა და სასოფლო-სამეურნეო მოსავალი.

ოზონის შრის რღვევა ნეგატიურად აისახება არა მხოლოდ ყველა ცოცხალ არსებაზე – ადამიანებზე, ცხოველებზე, მცენარეებზე, ტროპიკულ ტყეებზე, არამედ საგნებზეც. მაგალითად, თუ ოზონის შრე ძალიან გათხელდება, რეზინი, გამოყენებული სახალხო მეურნეობაში, მნიშვნელოვნად დაკარგავს თვისებებსა და, შესაბამისად, ვარგისიანობას. ოზონის შრის რღვევის კიდევ ერთი შედეგია პოლიმერების კოროზია: ულტრაიისფერი რადიაციის გაზრდა დააჩქარებს პლასტმასების გადახურვის რღვევასაც.

ოზონი, როგორც აღვნიშნეთ, ყველაზე შესამჩნევ ზემოქმედებას ახდენს რეზინზე და ბევრ სხვა პოლიმერულ მასალაზე, მათ შორის, საფეიქრო ნაკეთობებზე. ატმოსფეროს დამაბინძურებელი კომპონენტების მოქმედებისადმი ყველაზე უფრო მდგრადი ბამბის ქსოვილიც კი მნიშვნელოვნად კარგავს სიმტკიცეს შედარებით მცირე რაოდენობის ოზონის შემცველ ჰაერთან მუდმივი შეხებისას. მაგალითად, დადგენილია, რომ ასეთი ქსოვილების სიმტკიცე დაახლოებით სამჯერ მცირდება ოზონის კონცენტრაციის 40-დან 120 მკგ/მ³-მდე გაზრდისას. კიდევ მეტი ხარისხით ვლინდება ეს ეფექტი სინთეზური მასალების ქსოვილებზე.

ოზონი შეუმჩნევლად, მაგრამ საკმაოდ ეფექტურად ურთიერთქმედებს ასევე საფეიქრო მრეწველობაში გამოყენებულ საღებარებთან, რის შედეგადაც ქსოვილები კარგავენ ან თანდათანობით იცვლიან ფერს. ანალოგიურ მოქმედებას ახდენს ოზონი ზეთოვან ან სხვა საღებარებზე, რაც საფრთხეს უქმნის ხელოვნების მრავალ ქმნილებას, იქნება ეს სურათები თუ ფრესკები.

ქსოვილებისა და საღებრების ფოტოოქსიდანტების მოქმედებისადმი მდგრადობის გასაზრდელად მათ შემადგენლობაში დანამატების სახით შეჰყავთ სპეციალური ნივთიერებები – ანტიოქსიდანტები. ასეთივე ღონისძიებებს მიმართავენ რეზინის ნაკეთობათა მომსახურების ვადის გაზრდისათვის, რომლებიც ძლიერ ზიანდება ოზონით დაბინძურებულ ჰაერთან მუდმივი შეხებისას.

რეზინი და სხვადასხვა ქსოვილი ძალიან ფართოდ გამოყენებული მასალებია. ამიტომ მათი ნაადრევი დაძველება უდიდეს ზარალს იწვევს. შეფასებების თანახმად, ყოველწლიური დანაკარგები ამ მასალების დაზიანებისაგან ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების შედეგად დასავლეთ ევროპის ქვეყნებისათვის 90-იანი წლების შუაში 4-10 მლრდ. ეკიუს ითვლიდა. კიდევ 3-20 მლრდ. ეკიუ იკარგებოდა ხალხის მაღალი ავადობის გამო. ამ ზარალის მნიშვნელოვანი ნაწილი დაკავშირებულია ატმოსფეროს ფოტოქიმიურ დაბინძურებასთან.

5. ოზონის შრის რღვევა და კლიმატის ცვლილება

საერთაშორისო საზოგადოების მიერ ოზონის შრის რღვევისა და კლიმატის ცვლილების შესახებ გლობალური ეკოლოგიური პრობლემების სერიოზულად აღქმამ თავდაპირველად ოზონის შრის შესახებ „ვენის კონვენციის“ (1985) და „ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების შესახებ მონრეალის ოქმის“ (1987) ხელმოწერა განაპირობა, ხოლო შემდეგ – „კლიმატის ცვლილების შესახებ გაეროს ჩარჩოკონვენციის“ (1992) და „კიოტოს ოქმის“ (1997). მომდევნო წლებში სრულდებოდა მოქმედებები, რომლებიც მიმართული იყო ამ საერთაშორისო შეთანხმებების მიზნების მიღწევისაკენ.

უკანასკნელ დროს სამეცნიერო კვლევებმა გამოავლინა სავსებით მოსალოდნელი შედეგი – შეუძლებელია დადებითი ეკოლოგიური ეფექტის მიღება რომელიმე ცალკეულ მიმართულებაში ატმოსფეროზე სხვადასხვა ზემოქმედების ურთიერთგავლენის გათვალისწინების გარეშე. მიუხედავად ატმოსფეროში ოზონდამშლელი ნივთიერებების უკანასკნელ წლებში მიღწეული მნიშვნელოვანი რაოდენობით შემცირებისა, „ოზონის ხვრელები“ პოლუსების თავზე კი არ შევიწროვდა, არამედ, პირიქით, გაიზარდა. 2005 წელს ოზონის შრის სისქე სამხრეთ პოლუსზე შემცირდა 50%-ით, ნორმალურზე დაბალ მაჩვენებელამდე, რაც ფაქტობრივად რეკორდულ დაკვირვებულ სიდიდეს წარმოადგენს. ტემპერატურა, ტენიანობა, ქარი, ასევე სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებების არსებობა ატმოსფეროში გავლენას ახდენს ოზონის შრის მდგომარეობაზე, ხოლო ოზონის შრის მდგომარეობა, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს ატმოსფეროს მდგომარეობაზე და მასთან დაკავშირებულ კლიმატურ ცვლილებებზე, მაგალითად, ისეთზე, როგორიცაა გლობალური დათბობა. ცოტა ხნის წინანდელი პროგნოზით, 2050 წლისათვის ოზონის შრე 1980 წლის დაკვირვებულ დონემდე უნდა აღდგენილიყო, თუკი ქვეყნების უმეტესობა, რომლებიც მხარს უჭერენ საერთაშორისო შეთანხმებას ოზონდამშლელი ნივთიერებების წარმოებიდან და მოხმარებიდან ეტაპობრივი ამოღების შესახებ, შეასრულებდნენ თავიანთ ვალდებულებას. მაგრამ ბუნება განაგრძობს ჩვენს გაკვირვებას და ატმოსფერული მოვლენების ბოლოდროინდელმა გამოკვლევებმა აჩვენეს ახალი ურთიერთკავშირები ატმოსფეროში, რაც ალბათ შეცვლის თავდაპირველ პროგნოზებს ოზონის შრის აღდგენის ვადებთან დაკავშირებით. როგორც ამ ახალი წარმოდგენების შედეგი, ოზონის შრის აღდგენის ვადები, სავარაუდოდ, 2060-2070 წლები იქნება. ოზონის ზემოქმედება კლიმატზე უმთავრესად დაიყვანება ტემპერატურის ცვლილებაზე. ტემპერატურა, გარდა სხვა ფაქტორებისა, ასევე დამოკიდებულია ოზონის შემცველობაზე. რაც მეტია ოზონის შემცველობა ატმოსფეროს რომელიმე შრეში, მით მეტ სითბოს აკუმულირებს იგი. ოზონი გამოიმუშავებს სითბოს სტრატოსფეროში, როგორც მზის ულტრაიისფერი რადიაციის შთანთქმისას, ისე დედამიწის ზედაპირიდან და ატმოსფეროს ქვედა შრეებიდან (ტროპოსფერო) ინფრარითელი გამოსხივების შთანთქმის ხარჯზე. შესაბამისად, ოზონის შემცველობის შემცირება სტრატოსფეროში იწვევს მისი ტემპერატურის შემცირებას. დაკვირვებები აჩვენებს, რომ უკანასკნელ ათწლეულებში სტრატოსფეროს შუა და ზედა შრეები (30-დან 50 კმ. სიმაღლემდე დედამიწის ზედაპირიდან) გაცივდა 10-18°C-ით, სტრატოსფეროში ოზონის შემცველობის შემცირების შედეგად. სტრატოსფეროს ეს გაცივება მოხდა სათბურის აირების გამონატყორცნის მოცულობის გაზრდასთან ერთად ატმოსფეროს ქვედა შრეებში, ე.ი. ტროპოსფეროში. ოზონის შემცველობის შემცირების პროცესი სტრატოსფეროში იწვევს დადებითი უკუკავშირის წარმოქმნას. რაც ნაკლებია ოზონის შრის სისქე სტრატოსფეროში, მით ნაკლებია მისი ტემპერატურა. თავის მხრივ, ტემპერატურის შემცირება იწვევს სტრატოსფეროში ოზონის შემცველობის შემცირებას პოლარულ რეგიონებში დაჩქარებული დაშლის გამო.

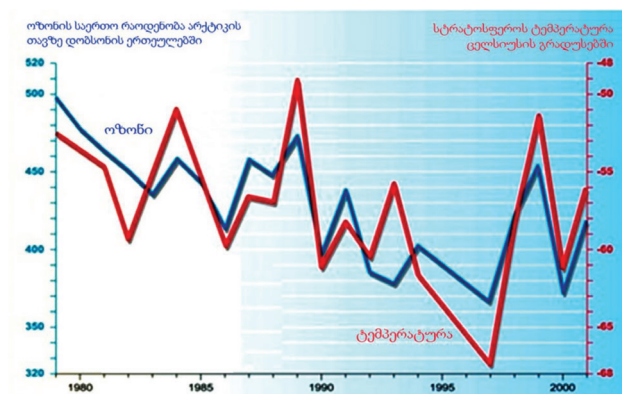
ოზონის შრის სისქის ყველაზე დიდი შემცირება შეიმჩნევა არქტიკასა და ანტარქტიკაში განსაკუთრებული პირობების შედეგად, რომლებსაც ადგილი აქვს ზამთარსა და ადრეულ გაზაფხულზე. როდესაც ტემპერატურა -78°C -ზე დაბლა ეცემა, წარმოიქმნება თხელი პოლარული სტრატოსფერული ღრუბლები თოვლის, აზოტმუავის და გოგირდმუავის, ასევე სხვა მრავალნაირი ქიმიური ნივთიერებების ნარევის სახით. გაზაფხულის დათბობასთან ერთად ქიმიური რეაქციები ყინულის კრისტალების ზედაპირზე ღრუბლებში იწვევენ იქ არსებული საწყისი ფორმებიდან ოზონდამშლელი ნივთიერებების აქტიური ფორმების წარმოქმნას. იწყება ოზონის შრის რღვევის აქტიური პროცესი ე.წ. „ოზონის ხვრელების“ წარმოქმნით. ტემპერატურის შემდგომ გაზრდას ახლავს ყინულის აორთქლება და ოზონის შრე იწყებს აღდგენას. სურ. 8-ზე წარმოდგენილია სტრატოსფეროს ტემპერატურისა და ოზონის შრის სისქის კავშირი არქტიკის თავზე 1979 წლიდან. ტემპერატურის შემცირებით რეგულარულად წარმოიქმნება პოლარული სტრატოსფერული ღრუბლები ნარევთან ოზონდამშლელ ნივთიერებებთან აქტიურ ფორმაში და მკვეთრად მცირდება ოზონის შრის სისქე როგორც პოლუსებზე, ისე გლობალური მასშტაბით. ატმოსფერული გადაადგილებები იწვევენ ტემპერატურის ცვლილებას წლიდან წლამდე. ბევრი მკვლევარი ემხრობა იდეას ოზონის შრის რღვევის პროცესების კავშირის შესახებ – რომ სტრატოსფეროს გაცივებამ ოზონის დაკარგვის შედეგად შეიძლება გამოიწვიოს შეფერხება ოზონის შრის აღდგენაში. სხვადასხვა გლობალურ კლიმატურ მოდელთან დაკავშირებული ექსპერიმენტები ანალოგიურ შედეგებამდე მივიდა, რაც ამტკიცებს ატმოსფეროში მიმდინარე კლიმატური პროცესების სარწმუნოებას.

უნდა ითქვას, რომ სტრატოსფეროს გაცივება უკანასკნელ ათწლეულში სხვა მიზეზებითაც აიხსნება.

სტრატოსფეროს გაცივების მეორე მიზეზია სათბურის აირების რაოდენობის გაზრდა ატმოსფეროს ქვედა შრეებში (ტროპოსფეროში) და სითბოს აკუმულაცია დედამიწის ზედაპირის თბური გამოსხივებიდან, რომელიც ჩვეულებრივ აღწევდა სტრატოსფეროს და ათბობდა მას.

სპეციალისტებს შორის არის სხვადასხვა აზრი რაოდენობრივი ურთიერთკავშირის სიდიდეზე, ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების ბუნების შესახებ საერთო წარმოდგენების შეუცვლელად, თუმცა უმეტესი გლობალური კლიმატური მოდელი კარგად ეთანხმება ერთმანეთს და დაკვირვებებს ოზონის შრის შემდგომ აღდგენასთან დაკავშირებით, ბევრი რეგიონული მოდელი კი საკმაოდ წინააღმდეგობრივია.

კლიმატური მოდელებით საკმაოდ კარგად განისაზღვრება წინასწარ ოზონის შრის რღვევაზე გაცივების გავლენა ანტარქტიკაში, მაგრამ მნიშვნელოვნად ცუდად – არქტიკაში.

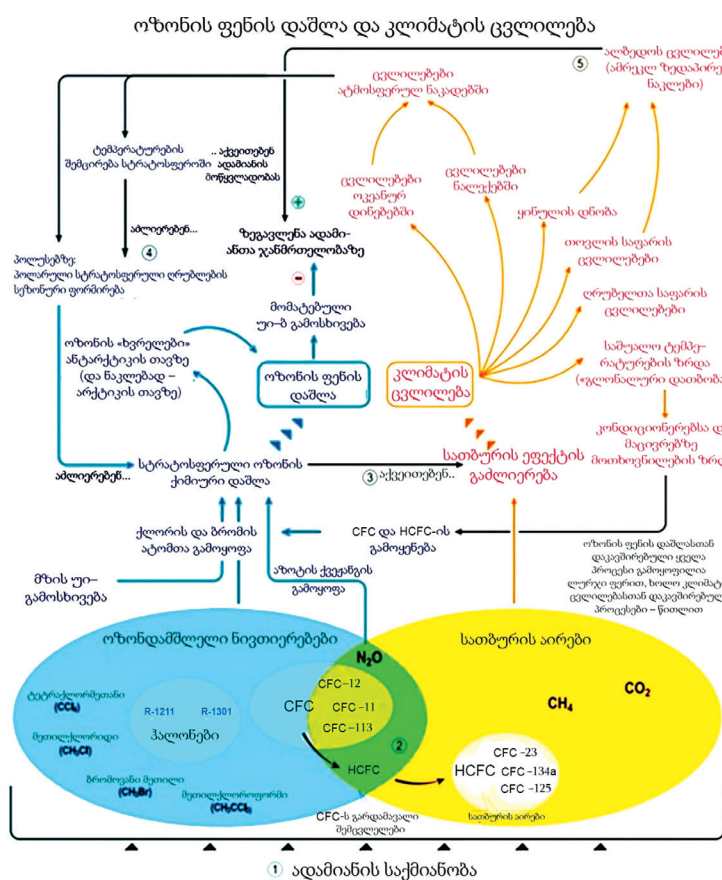


სურ. 8. სტრატოსფეროს ტემპერატურისა და ოზონის შრის სისქის კავშირი არქტიკის თავზე.⁸

რეგიონებს შორის განსხვავება ნათელყოფს, რომ ატმოსფეროში რთული ქიმიური პროცესების პროგნოზირება საკმაოდ პრობლემატურია. ვითარება არქტიკის და ანტარქტიკის რეგიონებში, სადაც ოზონის დაბალი შემცველობაა სტრატოსფეროში და იწვევენ დიდ განგაშს, მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს მაღალი განედების რთული რელიეფი, ხმელეთისა და ოკეანეების კონტრასტული განაწილებით არქტიკაში, განსაზღვრავს ატმოსფეროს ქცევის მეტად დინამიკურ და ცვალებად

8. წყარო: www.theozonehole.com/climate.htm, მონაცემები წარდგენილია: Paul Newman, NASA GSFC.

ხასიათს. მთლიანობაში ანტარქტიკა წარმოადგენს უფრო ცივ რეგიონს, ვიდრე არქტიკა. ანტარქტიკული ქარები წარმოქმნიან შედარებით სტაბილურ პოლარულ გრიგალებს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, რომლებიც ასტაბილიზებენ რეგიონის სტრატოსფერული ჰაერის ტემპერატურას. ასეთი სტაბილურობა იძლევა საშუალებას, რომ უფრო კარგად განისაზღვროს წინასწარ ანტარქტიკის მდგომარეობა, ვიდრე არქტიკის. მაღალი მთები და კონტრასტი ხმელეთის მსხვილ ტერიტორიებსა და ღია ოკეანეს შორის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გავლენას ახდენს ჰაერის მასების მოძრაობაზე არქტიკის თავზე, არღვევს რა მდგრადი ცირკულაციის ფორმირებას. ნაწილობრივ სტაბილური პოლარული გრიგალების არარსებობა განაპირობებს, რომ არქტიკაში რეგულარულად არ არის ანტარქტიკის ანალოგიური დაბალი ტემპერატურა. მიუხედავად ამისა, უკანასკნელი რამდენიმე წლის მანძილზე არქტიკაში შეიმჩნევა ოზონის შრის მნიშვნელოვანი რღვევა. ანტარქტიკა, არქტიკასთან შედარებით, ნაკლებადაა დამოკიდებული სათბურის აირების გამონატყორცნის გაზრდაზე, რამდენადაც ის ცივია და პოლარული ქარები ანტარქტიკის თავზე ისედაც საკმაოდ ძლიერია. ამასთან, მოდელირებისას მიღებული შედეგების თანახმად, ქარის სიჩქარის გაზრდა მოხდება არა მარტო დიდ სიმაღლეებზე, არამედ დედამიწის ზედაპირთანაც, რამაც უნდა გაზარდოს კატასტროფული კლიმატური მოვლენების სიხშირე. მსგავსი ტენდენციები უკვე აღინიშნება უკანასკნელი ათწლეულის დაკვირვებათა მონაცემებით. გრიგალების რაოდენობა ჩრდილოეთ პოლუსის მიმდებარე რეგიონებში უკანასკნელი 35 წლის მანძილზე გაორმაგდა. კლიმატსა და ოზონს შორის ურთიერთქმედება, ბუნებრივია, ხდება არა მარტო სტრატოსფეროში, არამედ დედამიწის ზედაპირთანაც, ე.ი. ტროპოსფეროში. ცნობილია, რომ მიწისპირა ოზონის ფორმირების დაკვირვებული ქიმიური და ფიზიკური ასპექტები აიხსნება, როგორც კლიმატური ცვლილების ნაწილი. ოზონის ფენის დაშლა და კლიმატის ცვლილება წარმოადგენილია სურ. 9-ზე.



სურ. 9. ოზონის ფენის დაშლა და კლიმატის ცვლილება.⁹

ოზონის შემცველობის გაზრდა ტროპოსფეროში განაპირობებს სათბურის ეფექტის გაძლიერებას და როგორც შედეგი – სტრატოსფეროს შემდგომ გაცივებას, ასევე ბევრ სხვა უარყოფით ეკოლოგიურ შედეგს, როგორცაა, მაგალითად, სმოგის წარმოქმნა.

არ შეიძლება არ აღინიშნოს ოზონის შრის შენარჩუნებისა და კლიმატის ცვლილების თავიდან არიდებასთან დაკავშირებით ზოგიერთი მოქმედების შეუთანხმებლობის შესახებ. ეს გლობალური პრობლემები დიდხანს განიხილებოდა ცალკე პრობლემებად, თავისი სპეციფიკური ნივთიერებებით, და, შესაბამისად, მათი გადაწყვეტა იყო არაეფექტური და არაკოორდინირებული.

მართალია, ოზონის შრის რღვევა და კლიმატის ცვლილება ორი სხვადასხვა პრობლემაა, მაგრამ არ შეიძლება მათი მთლიანად გამიჯვნა, რამდენადაც

9. წყარო: ემანუელ ბურნე. UNEP. გრიდ-არენდა

ორივე ცვლის გლობალურ ციკლებს. ამ ორი პრობლემის სრული მასშტაბი ჯერჯერობით არ არის გარკვეული, მაგრამ დადგენილია რამდენიმე კავშირი, მაგალითად:

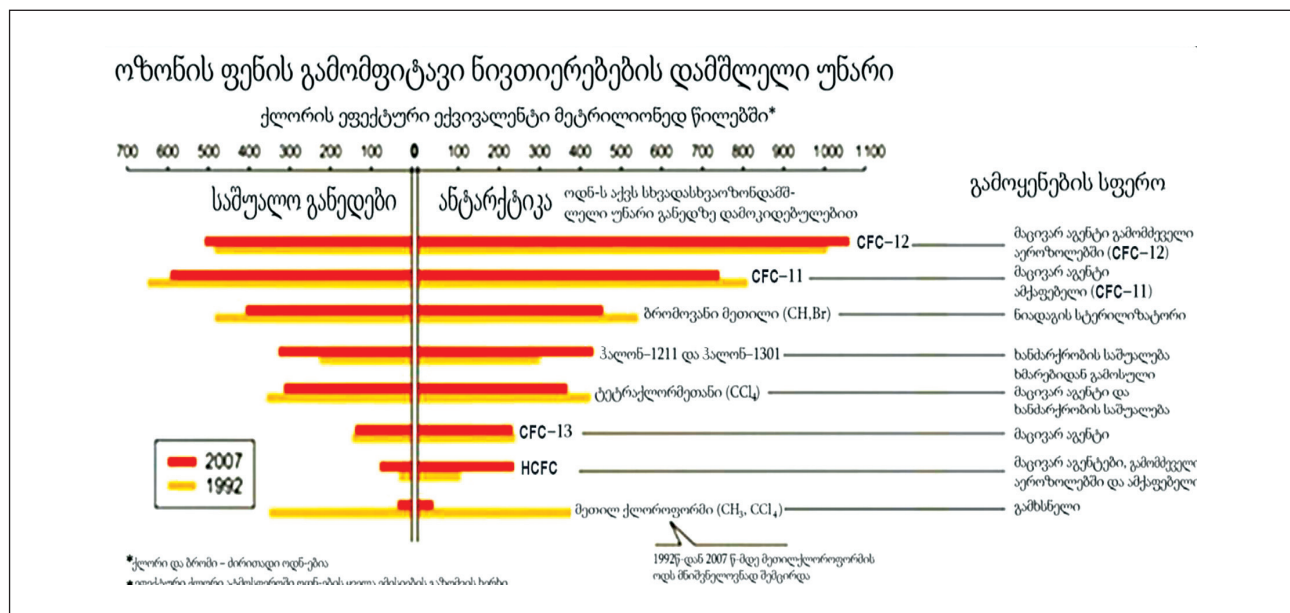
- ორივე პროცესი გამოწვეულია ძირითადად ანთროპოგენური გამონატყორცნებით;
- ბევრი ოზონდამშლელი ნივთიერება იმავე დროს წარმოადგენს სათბურის აირსაც, განსაკუთრებით CFC და HCFC, HFC, რომლებმაც უნდა შეცვალონ CFC, არაიშვიათად აქვთ დიდი გლობალური დათბობის პოტენციალი, ვიდრე იმ ნივთიერებებს, რომლებსაც ისინი ცვლიან;
- ოზონი სათბურის აირია, ამიტომ მისი დაშლა სტრატოსფეროში არაპირდაპირ ეხმარება კლიმატის გაციებას, მაგრამ ეს გაციება მინიმალურია;
- ცვლილებები ატმოსფერულ ნაკადებში შეიძლება იყოს მიზეზი ცოტა ხნის წინ დაკვირვებული სტრატოსფეროს გაციებისა. ზამთარში დედამიწის ზოლებს ზემოთ არსებული დაბალი ტემპერატურები განაპირობებს პოლარული სტრატოსფერული ღრუბლების წარმოქმნას, რომლებიც უფრო მეტად აძლიერებენ ოზონის დაშლას და ოზონის ხვრელების წარმოქმნას;
- ადამიანის მოწყვლადობა ულტრაიისფერი სხივებისადმი ნაწილობრივ დამოკიდებულია ალბედოზე. გლობალური დათბობა ამცირებს თეთრი ზედაპირების ფართობს, რომლებიც პოტენციურად უფრო საშიშია ადამიანისათვის.

6. ოზონდაზიანებული ნივთიერებები და მათი კლასიფიკაცია

ოზონდამშლელი აქტივობის ხარისხის, ანუ ოზონდამშლელი პოტენციალის მიხედვით ჰალოგენშემცველი ნახშირწყალბადები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად:

- ოზონდამშლელი ნივთიერებები;
- გარდამავალი ოზონდამშლელი ნივთიერებები;
- ოზონუსაფრთხო ნივთიერებები.

ოზონდამშლელ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ქლორისა და ბრომის შემცველი ორგანული ნაერთები – ქლორფტორნახშირბადები, ბრომფტორნახშირბადები (ჰალონები), ოთხქლორიანი ნახშირბადი, მეთილქლოროფორმი, მეთილბრომიდი, რომლებსაც აქვთ ოზონდამშლელი უნარი. ოზონდამშლელი უნარის ბაზად მიღებულია CFC-11 ოზონდამშლელი პოტენციალის სიდიდე, 1,0-ის ტოლი. რაც უფრო საშიშია ნივთიერება ოზონის შრისათვის, მით მაღალია მისი ოზონდამშლელი პოტენციალის სიდიდე. სურ. 10-ზე წარმოდგენილია ზოგიერთი ოზონდამშლელი ნივთიერების ოზონდაშლითი უნარი განედზე დამოკიდებულებით.



სურ. 10. ზოგიერთი ოზონდამშლელი ნივთიერების ოზონდაშლითი უნარი.¹⁰

ამ ტიპის ქიმიური ნივთიერებებიდან ყველაზე ცნობილია: R11, R12, R13, R114, R115 და სხვა. მათი ლეგალური ბრუნვა მსოფლიოში ფაქტობრივად დასრულდა 2010 წლის 1 იანვარს.

გარდამავალ ოზონდამშლელ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ფტორქლორშემცველი ორგანული ქიმიური ნაერთები – ჰიდროქლორფტორნახშირბადები, რომლებსაც შედარებით მცირე ოზონდამშლელი უნარი აქვთ და არ არიან შეტანილი „მონრეალის ოქმის“ ჩარჩოებში

10. წყარო: Stephen A Montzka, David J. Hofmann, The NOAA Ozone Depleting Gas Index: Guiding Recovery of the Ozone Layer, 2008.

კონტროლირებად ოზონდამშლელ ნივთიერებათა თავდაპირველ ჩამონათვალში, მაგრამ მათი გლობალური დათბობის პოტენციალი საკმაოდ მაღალია. ჰიდროქლოროფტორნახშირბადების ჯგუფს მიეკუთვნება R21, R22, R141b, R142b, R123, ლ124 და სხვა. მათი მოხმარება და წარმოება „მონრეალის ოქმის“ მხარეების მიერ ექვემდებარება რეგულირებას კოპენჰაგენისა (1992) და პეკინის (1999) შესწორებების საფუძველზე. ამჟამად მსოფლიო საზოგადოება შეუდგა ამ ნივთიერებების ბრუნვიდან თანდათანობით ამოღებას.

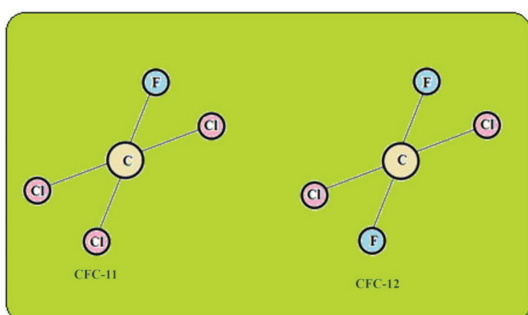
ოზონუსაფრთხო ნივთიერებებს, რომლებიც ოზონდამშლელი და გარდამავალი ოზონდამშლელი ნივთიერებების ალტერნატივებად გამოყენების სხვადასხვა სფეროში (აეროზოლური პროპელენტები, მაცივარაგენტები, ქაფები, გამხსნელები, ცეცხლჩაქრობი საშუალებები) გამოიყენება, მიეკუთვნებიან როგორც ანთროპოგენური (ჰიდროფტორნახშირბადები, ჰიდროფტოროლეფინები, ჰიდროქლოროფტოროლეფინები და სხვა), ისე ბუნებრივი (ამიაკი, ნახშირბადის დიოქსიდი, პროპანი, იზობუთანი, წყალი და სხვა) ნივთიერებები.

მაცივარაგენტები, რომლებიც არ შეიცავენ ქლორს, ითვლებიან სრულიად ოზონუსაფრთხოდ, მაგრამ არსებული მეცნიერული მონაცემები მოწმობენ, რომ მათი გლობალური დათბობის პოტენციალი საკმაოდ მაღალია. ჰიდროფტორნახშირბადები R134a, R152a, R143a, R125, R32, R23, R218 და სხვა ოზონის შრეს ზიანს არ აყენებენ, ამიტომ „მონრეალის ოქმი“ მათ ბრუნვას არ არეგულირებს, მაგრამ ისინი ჩასმულია „კიოტოს პროტოკოლის“ „სათბურის აირების კალათაში“ (იხ. დანართი 1, ცხრილი 1).

მცირე ტოქსიკურობის, ქიმიური ინერტულობის, მაღალი თბოტევადობის და რიგი სხვა ფასეული სამომხმარებლო თვისებების წყალობით ფტორქლორნახშირწყალბადები, განსაკუთრებით, სრულად ჩანაცვლებული ჰალოგენნახშირწყალბადები, ფართოდ გამოიყენება. ხშირად ფრეონებად წოდებული ფტორქლორნახშირწყალბადების სამრეწველო გამოშვება დაიწყო 1930 წლების შუაში. CFC-11 (CFCl_3)-ისა და CFC-12 (CF_2Cl_2)-ის უდიდესი რაოდენობა გამოიყენებოდა ამაქაფებელ საშუალებად ფოროვანი პოლიმერული მასალების, აეროზოლების შეფუთვების შემავსებლების მიღებისას, აგრეთვე მაცივრებისა და კონდიციონერების გამაცივებელ აგენტებად. ეთანის რიგის ზოგიერთ ფტორქლორნახშირბადს – CFC-113 ($\text{C}_2\text{F}_2\text{Cl}_4$) და CFC-114 ($\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$) იყენებდნენ ტექნიკაშიც გაუცხიმოვნებლობისათვის.

მიჩნეულია, რომ ფტორქლორნახშირწყალბადები მხოლოდ ანთროპოგენური მინარევია ატმოსფეროსი, მაგრამ CFC-11 და CFC-12 და ამ კლასის ზოგიერთი სხვა ნაერთების მნიშვნელოვანი კონცენტრაციები გამოვლინდა მოქმედი ვულკანების აირად გამონატყორცნებში (სტოიბერი და თანაავტ., 1971; ისიდოროვი და თანაავტ., 1985) და ჰიდროთერმული წყაროების აირებში სეისმურად აქტიურ რაიონებში (ისიდოროვი და თანაავტ., 1990).

ფტორქლორნახშირწყალბადების ბუნებრივი ემისიის სიდიდე აქამდე არ არის განსაზღვრული,



მაგრამ ეჭვს გარეშეა, რომ შესამჩნევად ნაკლებია ანთროპოგენურ გამონაფრქვევებთან შედარებით, რომელთა მეტად სწრაფი ზრდა შეინიშნებოდა 1950-1970-იან წლებში. მაგალითად, CFCl_3 საშუალო კონცენტრაცია ატმოსფეროში 1971-1979 წწ.-ში დაახლოებით 60-იდან 180 ტრლნ⁻¹-მდე გაიზარდა. შემდგომში შეიმჩნეოდა ფრეონების შემცველობის მატების ფარდობითი სიჩქარის შემცირება. 1982-1988 წწ.-ში ანტარქტიდაში ჩატარებული გამოკვლევების თანახმად, CFCl_3 -ისა და CF_2Cl_2 -ის შემცველობის მატების

სიჩქარეებმა შეადგინეს, შესაბამისად, 5,8 და 5,5% წელიწადში. 1978-დან 1992 წლის ჩათვლით CFC-12-ის შემცველობა გაიზარდა 260-დან 490 ტრლნ-1-მდე, თუმცა მისი კონცენტრაციის ტენდენციამ ამ პერიოდის ბოლოსათვის წელიწადში 3%-მდე დაიწია.

ე.წ. ფრეონების, ანუ ოზონდამშლელი ნივთიერებების შემცველობის მატების სიჩქარის შემცირება უკავშირდება 1980-იანი წლების მეორე ნახევრიდან ბევრ სამრეწველო განვითარებულ ქვეყანაში ამ პროდუქციის წარმოება-მოხმარებაზე შეზღუდვების შემოღებას. ფტორქლორნახშირბადების გამოყენების თანდათანობით აკრძალვასთან დაკავშირებით მიღწეული საერთაშორისო შეთანხმებების გათვალისწინებით (დანართი 1, ცხრილი 2, ოზონდამშლელი ნივთიერებების მწარმოებელი ქვეყნები 2010 საანგარიშო წლისათვის) მოსალოდნელია უახლოეს წლებში მათი შემდგომი შემცირების ტენდენცია. რაც შეეხება ჰალოგენნახშირბადებს, მათი აბსოლუტური კონცენტრაციები ატმოსფეროში იქნება და ალბათ გაიზრდება კიდევ მრავალი წლის განმავლობაში, მათი წარმოების სრული შეწყვეტის შემდეგაც კი. 1991 წლისათვის წარმოებული CFC₁₂-ის ნახევარზე მეტი არის ტროპოსფეროში, დაახლოებით 19% გადაადგილდა სტრატოსფეროში, ხოლო 22%-მდე დღემდე არის აქტიურ (სასაცივრო დანადგარები და სხვა) ან პასიურ (პოლიქაფურეთანების ტიპის ფოროვანი პოლიმერების ნაკეთობათა შედგენილობაში) გამოყენებაში და თანდათანობით გამოიყოფა გარემოში (ცხრილი 3).

CFC-11 და CFC-12, რომელთა არსებობის საშუალო დროდ ტროპოსფეროში შეფასებულია, შესაბამისად, დაახლოებით 55 და 120 წელი (რ. პრინი, 1994), საკმაოდ თანაბრად განაწილებული ტროპოსფეროს სისქეში, მაგრამ შეინიშნება მათი კონცენტრაციის განედური ასიმეტრია. ჰალოგენნახშირბადების გაზრდილი შემცველობა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში აიხსნება იმით, რომ მათ დიდ რაოდენობას აწარმოებენ სამრეწველო განვითარებული ქვეყნები. ამჟამად ითვლება, რომ ჰალოგენნახშირბადების გამოყვანის პრაქტიკულად ერთადერთ გზას წარმოადგენს მათი გადატანა სტრატოსფეროში, სადაც ისინი განიცდიან ფოტოლიზურ დაშლას (36, 37). ამ დროს გამოყოფილი ქლორის ატომის მონაწილეობა ოზონის დაშლაში გახდა მაცივარაგენტების გამოყენების აკრძალვების შემოღების მიზეზი. ამ ღონისძიებებს შეეძლო იმავდროულად შეემცირებინა სათბურის ეფექტის საშიშროება, რამდენადაც CFC-11 და CFC-12 მიეკუთვნებიან ქვენაფენი ზედაპირის UV – გამოსხივების აქტიურ მშთანთქმელთა რიცხვს. მათი წარმოების შემცირებას თან ახლავს ე.წ. „ფრეონებშემცველების“ გამოშვების გაზრდა, რომლებიც გაცილებით ნაკლებად საშიშია სტრატოსფერული ოზონისათვის.

ცხრილი 1. 1991 წლისათვის წარმოებული CFC-11-ის განაწილება სხვადასხვა რეზერვუარს შორის (ხალილი და რასმუსენი, 1995)

რეზერვუარი, გამოყენების სფერო	CFC ₁₁ ³ რაოდენობა	
	10 ³ t	% წარმოებულიდან
ტროპოსფერო	5360	58,6
სტრატოსფერო		
მათ შორის:	2450	26,8
დაშლილია წინა წლებში	1709	18,7
ნარჩენი რაოდენობა	741	8,1
ოკეანეები	33	0,4
მათ შორის:		
ზედაპირული წყლები	27	0,3
სიღრმისეული წყლები	6	0,1
ნიადაგები	1	0,0
ფოროვანი პლასტმასები	1031	11,3
სასაცივრო დანადგარები	89	1,0
აეროზოლური შეფუთვები	24	0,3
სხვა მასალები და გამოყენების სფეროები	166	1,8
სულ	9152	100

დედამიწის კლიმატური სისტემის არაგანზრახი ცვლილებების თავიდან არიდების მიზნით აუცილებელია უარი ითქვას ქიმიური მრეწველობის ამ პროდუქტების წარმოებასა და ფართომასშტაბიან გამოყენებაზე.

6.1. მაცივარაგენტები

მაცივარაგენტი არის მაცივარდანადგარში გამოყენებული ნივთიერება (თხევადი ან გაზობრივი), რომელსაც გადააქვს სითბო ერთი ადგილიდან მეორეში. ჩვეულებრივ კომპრესიულ სისტემებში მაცივარაგენტი იცვლის თავის აგრეგატულ მდგომარეობას. იგი გადადის თხევადი ფაზიდან გაზობრივ ფაზაში, შთანთქავს სითბოს და უბრუნდება ისევ თხევად მდგომარეობას. სასაცივრო ტექნიკაში უმეტესად გამოიყენება მაცივარაგენტები ჰალოგენნახშირბადები, რომლებიც ერთი ან მეტი ჰალოგენის ატომის შემცველი ნახშირწყალბადის მოლეკულებია.

მაცივარაგენტები აღინიშნება შესაბამისი დანომვრის სისტემით. მაგალითად, ძირითადი ქლორ-ფტორნახშირბადები:

მ-11 ან R-11 ან CFC-11 მ-12 ან R-12 ან CFC-12
მ-114 ან R-114 ან CFC-114 მ-115 ან R-115 ან CFC-115

მთავარი ჰქვან-ებია:

მ-22 ან R-22 ან HCFC-22 მ-123 ან R-123 ან HCFC-123
მ-124 ან R-124 ან HCFC-124

ხოლო ჰქვან-ებია:

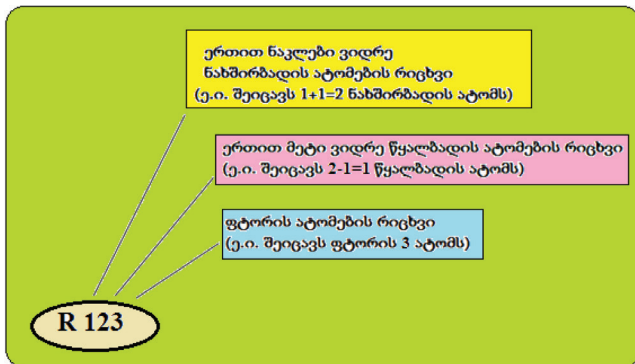
მ-134ა ან R-134ა ან HFC-134ა მ-125 ან R-125 ან HFC-125
მ-32 ან R-32 ან HFC-32

მაცივარაგენტები, რომლებიც არ მიეკუთვნებიან ჰალოგენნახშირბადებს და მიეკუთვნებიან ბუნებრივ მაცივარაგენტებს.

ამიაკი (NH_3); მ-717 ან R-717, წყალი (H_2O); მ-718 ან R-718
პროპანი (C_3H_8); მ-290 ან R-290, იზობუტანი (C_4H_{10}); მ-600ა ან R-600ა
ნახშირორჟანგი (CO_2); მ-744 ან R-744

(R აღნიშნავს მაცივარაგენტს ინგლისური სიტყვიდან Refrigerant)

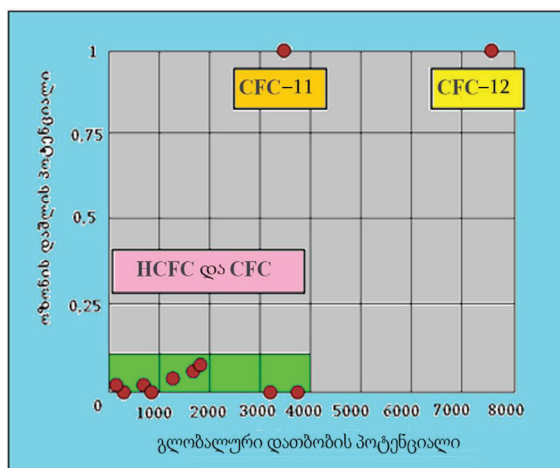
თანამედროვე ალტერნატიული მაცივარაგენტები შეიძლება წარმოადგენდნენ ერთკომპონენტიან ქიმიურ ნივთიერებებს ან ასეთი ნივთიერებების ნარევებს. მაცივარაგენტების აღნიშვნა შეიცავს ასო R-ს და ორ ან სამ ციფრს, რომლებიც ასახავენ მათ ქიმიურ შემადგენლობას. პირველი ციფრი (მაცივარაგენტებისათვის, რომელთა აღნიშვნაში სამი ციფრია) არის ერთით ნაკლები, ვიდრე ნახშირბადის ატომების რიცხვი მოლეკულაში. თუ მაცივარაგენტის მოლეკულა შეიცავს ნახშირბადის მხოლოდ ერთ ატომს, მაშინ პირველი ციფრი არ ფიგურირებს. მეორე ციფრი არის ერთით მეტი, ვიდრე წყალბადის ატომების რიცხვი მოლეკულაში, ხოლო მესამე ციფრი უდრის ფტორის ატომების რიცხვს მაცივარაგენტის მოლეკულაში. მაგალითად:



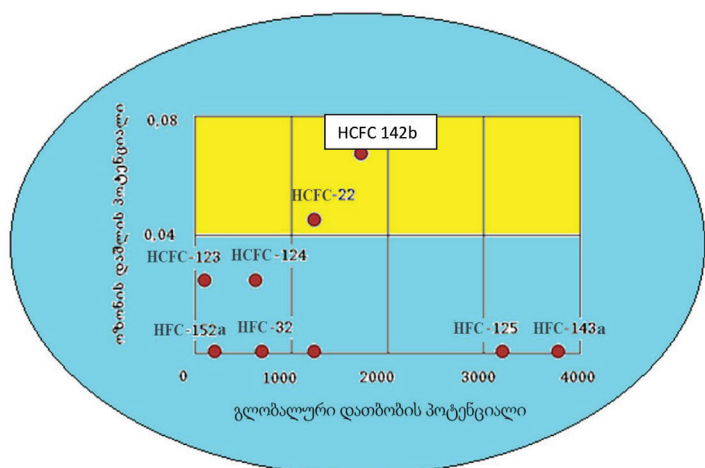
კონდენსაციის დროს იცვლება და არაიზოთერმულობის კოეფიციენტი ერთზე მეტია. აზეოტროპული ნარევებს წარმოადგენენ მაცივარაგენტები, რომლებიც აღინიშნება სამნიშნა რიცხვებით და იწყება „5“-ით. მაგალითად R500, R502 და სხვა. ასეთი მაცივარაგენტები მუშაობენ, როგორც ერთკომპონენტიანი ნივთიერებები.

არააზეოტროპები აღინიშნება სამნიშნა რიცხვებით და იწყება „4“-ით. აღნიშვნა მთავრდება ასოთი, რომელიც განასხვავებს ნარევების ქიმიურ შემადგენლობას, მაგალითად, R401ა.

განვიხილოთ ძირითადი მაცივარაგენტების ოზონის დაშლის პოტენციალი (ოდპ) და გლობალური დათბობის პოტენციალი (გდპ) (სურათი 11). გრაფიკზე ჰორიზონტალურ ღერძზე ნაჩვენებია გდპ, ხოლო ვერტიკალურ ღერძზე – ოდპ. გრაფიკის ზედა ნაწილში განლაგებულ მაცივარაგენტებს ახასიათებთ უფრო მაღალი ოდპ, მარჯვენა ნაწილში მოყვანილ მაცივარაგენტებს კი – უფრო მაღალი გდპ. მაცივარაგენტების უმეტესობა განთავსებულია გრაფიკის ქვედა მარცხენა ნაწილში.



სურ. 11. ძირითადი მაცივარაგენტების გდპ/ოდპ

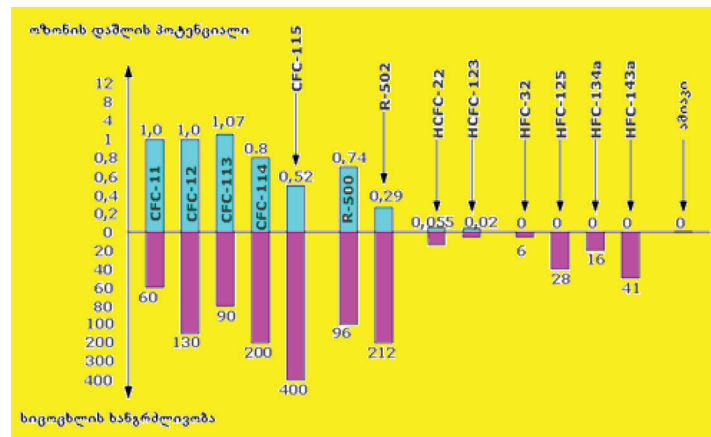


სურ. 12. ჰიდროქლოროფტორნახშირბადების და ჰიდროფტორნახშირბადების გდპ/ოდპ

თუ გრაფიკის ამ ნაწილს უფრო დაწვრილებით განვიხილავთ, მივიღებთ გრაფიკს, რომელიც სურ. 12-ზეა ნაჩვენები.

მაცივარაგენტებისათვის მისაღებია მცირე ან ნულოვანი ოდპ-ის მნიშვნელობა ისევე, როგორც მოკლე ატმოსფერული სიცოცხლისუნარიანობა. დათბობის ზემოქმედების ჯამური ეკვივალენტი დამოკიდებულია გლობალური დათბობის როგორც პირდაპირ, ასევე არაპირდაპირ ზემოქმედებაზე. არაპირდაპირი ზემოქმედება შეიძლება განპირობებული იყოს დანადგარების ენერგოეფექტურობით. სურ. 13-ზე ნაჩვენებია ძირითადი მაცივარაგენტების ატმოსფერული სიცოცხლის ხანგრძლივობა და მათი ოზონის დაშლის პოტენციალი.

სხვა პირობები, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს მაცივარაგენტები, არის ზოგადად ადამიანის ჯანმრთელობისათვის მათი უსაფრთხოება. მრავალი ქიმიური ნივთიერება, მათ შორის მაცივარაგენტები, შეიძლება იყოს სახიფათო მათი არასწორად გამოყენების შემთხვევაში. ორი ყველაზე მნიშვნელოვანი პირობა ამ თვალსაზრისით არის ტოქსიკურობა და ფეთქებადობა.



სურ. 13. ძირითადი მაცივარაგენტების ოდპ და ატმოსფერული სიციცხლისუნარიანობა

ტოქსიკურობასთან და აალებადობასთან ერთად საჭიროა გვახსოვდეს, რომ ყველა ჰალოგენ-ნახშირბადი ჰაერზე მძიმეა და მისმა დაგროვებამ დახურულ სივრცეში შესაძლოა გამოიწვიოს მხუთავი ეფექტი.

ცხრილში 2 წარმოდგენილია უფრო მეტად გავრცელებული ოზონდამშლელი ნივთიერებების და მათი ალტერნატიული შემცვლელების მახასიათებლები ოზონის შრესა და კლიმატზე მათი გავლენის ხარისხზე დამოკიდებულებით.

ცხრილი 2. ოზონდამშლელი ნივთიერებების და მათი ალტერნატიული შემცვლელების მახასიათებლები

მაცივარაგენტის დასახელება	ოზონდამშლელი პოტენციალი (ოდპ)	გლობალური დაბობის პოტენციალი (გდპ)
R22 (HCFC - 22)	0,055	1810
R23 (HFC - 23)	0	14800
R32 (HFC - 32)	0	675
R123 (HFC - 123)	0	77
R125 (HFC - 125)	0	3500
R134 (HFC - 134)	0	1100
R134a (HFC - 134a)	0	1430
R143 (HFC - 143)	0	353
R143a (HFC - 143a)	0	4470
R152 (HFC - 152)	0	153
R152a (HFC - 134a)	0	124
ნარევი 404A	0	3922
ნარევი R407c	0	1800
ნარევი R410a	0	2100
HFO-1234yf	0	4
HFO-1234zeH	0	6
R170 (ეთანი)	0	6

R290 (პროპანი)	0	3
R600 (ბუთანი)	0	4
R600a (იზობუთანი)	0	3
R601 (პენტანი)	0	20
R714 (ამიაკი)	0	0

დღესდღეობით კონდიციონერებისა და სასაცივრო დანადგარებში გამოიყენება ოთხი ძირითადი ჯგუფის მაცივარაგენტები, ესენია:

1. ოზონდამშლელი ნივთიერებები;
2. ფტორის შემცველი აირები;
3. ჰიდროფტოროლეფინები;
4. ბუნებრივი მაცივარაგენტები.

ოზონდამშლელი ნივთიერებების, როგორც არის ქლორფტორნახშირბადები (CFC) და ჰიდროქლორფტორნახშირბადები (HCFC), გამოყენება, როგორც ზემოთ აღინიშნა, რეგულირდება „მონრეალის ოქმის“ საფუძველზე, როგორც ოზონის დამშლელი და გლობალური დათბობის ნივთიერებები.

მთელ მსოფლიოში შეწყვეტილია ქლორფტორნახშირბადების წარმოება, ხოლო ოზონის შრის-თვის ნაკლებად საშიშ ჰიდროქლორფტორნახშირბადებს ნელ-ნელა იღებენ ხმარებიდან. 2030 წლისთვის ჰიდროქლორფტორნახშირბადები მთლიანად უნდა იყოს ამოღებული ხმარებიდან.

დღესდღეობით აქტიურად გამოიყენება ფტორის შემცველი ჰიდროფტორნახშირბადები (HFC) და მათი ნაერთები: R410A, R404A, R407, R507, R32, R134a და სხვა. მათი ოზონდამშლელი პოტენციალი ნულის ტოლია, მაგრამ (HFC) ითვლებიან სათბურის აირებად, რომლების მოხმარება რეგულირდება „კიოტოს კლიმატის ცვლილებების ოქმით“.

აღნიშნული ნივთიერებების ბრუნვას ევროკავშირის ქვეყნები არეგულირებენ ახალი რეგლამენტის N517/2014 საფუძველზე, რომელიც გამოიყენება 01.01.2015 წლიდან. ახალი რეგლამენტი ამკაცრებს მოთხოვნებს ფტორშემცველი სათბურის აირების გამოყენებისადმი სხვადასხვა მოწყობილობაში და აჩქარებს აღნიშნული ნივთიერებების ბრუნვიდან ამოღების ვადებს.

სამომავლოდ საერთაშორისო ბაზრის ინტერესში არ იქნება ჰიდროფტორნახშირბადები, თავიანთი მაღალი და საშუალო გლობალური დათბობის პოტენციალით.

ჰიდროფტოროლეფინები – კომერციული დასახელება (HFO) გამოირჩევიან გლობალური დათბობის ნაკლები პოტენციალით, რომელთა ინდუსტრიული წარმოება ფართოდ იგეგმება ჩინეთსა და სხვა ქვეყნებში. საერთაშორისო კორპორაციები აქტიურად წარმოაჩენენ ჰიდროფტოროლეფინებს, როგორც ადამიანისთვის უვნებელ და ეკოლოგიურად სუფთა ალტერნატიულ მაცივარაგენტებს.

თანამედროვე სასაცივრო სისტემებში უფრო აქტიურად მოიხმარებენ ბუნებრივ მაცივარაგენტებს, კერძოდ, ამიაკსა (R717) და ნახშირბადის დიოქსიდს (R744), პროპანსა (R290) და იზობუტანს (R600a).

ბუნებრივი მაცივარაგენტების უპირატესობა გამოიხატება მის მაღალენერგოეფექტურობაში და არ ახდენს უარყოფით გავლენას კლიმატსა და ოზონის შრეზე.

7. მრეწველობის სხვადასხვა დარგში გამოყენებული ზოგიერთი ოზონდამშლელი ნივთიერება

უმეტეს განვითარებად ქვეყანაში ჯერ კიდევ არსებობს სფეროები, სადაც ფართოდ გამოიყენება ოზონდამშლელი ნივთიერებები. ძირითადად ეს არის სასააცივრო და ჰაერის კონდიციონერების სისტემები, სადაც CFC-ები და HCFC-ები გამოიყენება, როგორც მაცივარაგენტები. ოზონდამშლელი ნივთიერებები გამოიყენება ასევე გამათბობელ სისტემებში.

CFC მაცივარაგენტები თანდათანობით იცვლება ოზონის ნაკლებადდამშლელი თვისების მქონე HFC მაცივარაგენტებით (ოდპ=0, მაგრამ გლობალური დათბობის პოტენციალი გდპ>0) და ჰიდრონახშირბადული მაცივარაგენტებით (ოდპ და გდპ=0).

საყოფაცხოვრებო მოხმარების ბევრ მაცივარში გამოიყენება CFC-12. კომერციულ მაცივრებში კი, რომლებიც განკუთვნილია ცოცხალი და გაყინული საკვების შესანახად, მაცივარაგენტებად იყენებენ CFC-12, R-502 (CFC-115 და HCFC-22-ის ნარევს) ან HCFC-22-ს. მაცივრებისა და ჰაერის კონდიციონერების სისტემები, რომლებიც არის საგზაო და სარკინიგზო ტრანსპორტის კონტეინერებსა თუ სატვირთო და სამგზავრო გემებში, შესაძლოა იყენებდნენ CFC-11, CFC-12, CFC-114, HCFC-22 ან CFC-ს, რომელსაც შეიცავს R-500 (CFC-12 და HFC-152a-ს ნარევი) და R-502 (CFC-115 და HCFC-22-ის ნარევი). ნაგებობებისთვის განკუთვნილი ჰაერის კონდიციონერება და გამათბობელი სისტემები შეიძლება მაცივარაგენტებად შეიცავდეს დიდი რაოდენობით HCFC-22, CFC-11, CFC-12, ან CFC-114-ს.

ძველი ტრანსპორტის უმეტესობაში ხშირად გამოყენებულია CFC მაცივარაგენტები.

ქლორფტორნახშირბადები (CFC) მიეკუთვნება იმ ნივთიერებათა კლასს რომელთაც, როგორც ზემოთ აღინიშნა, ჰალოგენნახშირბადებს უწოდებენ. ქლორფტორნახშირბადები გამოირჩევა შედარებით დაბალი ფასით, ხასიათდება არატოქსიკურობით, მედეგობით კოროზიის მიმართ, არაალებადობითა და სტაბილურობით (ისინი არ შედიან რეაქციაში უმეტეს ნივთიერებებთან). ამ თვისებების გამო CFC-ები ფართო მოხმარების შესანიშნავ პროდუქტს წარმოადგენს. ქლორფტორნახშირბადები გამოიყენება აეროზოლურ პროდუქციაში, სამედიცინო აპარატურის სტერილიზაციისათვის საჭირო ნივთიერებების წარმოებისას, ასევე სხვადასხვა პრაქტიკული გამოყენების ფართო სპექტრი აქვთ, საკვების გაყინვის, თამბაქოს ნედლეულის დამუშავების, ფუმიგაციის და კიბოს თერაპიის ჩათვლით. ტეტრაქლორმეთანი გამოიყენება ნედლეულად CFC-11-ისა და CFC-12-ის წარმოებაში, ძირითადი სამკურნალო პრეპარატების და სასოფლო-სამეურნეო ქიმიკატების წარმოებაში, ასევე კატალიზატორის პრომოტორად.

ქლორფტორნახშირბადები ფართოდ გამოიყენება პოლიურეთანების, ფენოლების, პოლისტიროლების და პოლიოლეფინების პოლიმერების ქაფების წარმოებაში, რომლებსაც სხვადასხვა პროდუქტში იყენებენ. ზოგად ქაფწარმოქმნელებს მიეკუთვნება CFC-11, CFC -12, CFC -113 და CFC -114.

CFC -11 და CFC -12 ფართოდ გამოიყენება, როგორც აეროზოლის გამფრქვევი, რადგანაც ისინი არიან არაალებადი, არაფეთქებადი და არატოქსიკური. CFC-114 გამოიყენებოდა ალკოჰოლის

შემცველი პროდუქტების დასამზადებლად. CFC-113 გამოიყენებოდა და ახლაც გამოიყენება აეროზოლებში გაწმენდის მიზნით.

შესაძლებელია CFC-ების აბსოლუტურად სუფთა სახით მიღება და ისინი წარმოადგენენ კარგ გამხსნელებს. აეროზოლების გავრცელებული პროდუქტებია ლაქები, აეროზოლები, საპარსი ქაფები, სუნამოები, მწერების საწინააღმდეგო ნივთიერებები, ფანჯრისა და ქურების საწმენდები, ფარმაცევტული პროდუქტები, სავეტერინარო პროდუქტები, საღებარები, წებოები, შესაზეთი ნივთიერებები და ზეთები. 1970-იანი წლების შუაში აეროზოლებში გამოყენებული გამფრქვევი CFC შეადგენდა მსოფლიოში გამოყენებული CFC-11-ისა და CFC-12-ის 60%-ს. 1970-იანი წლების ბოლოს ქვეყნებმა დაიწყეს აეროზოლებში CFC-ების გამოყენების აკრძალვა ან შემცირება.

ბრომის ოზონდამშლელ ატომებს შეიცავენ „ჰალონები“. ჰალონი 1211 ფართოდ გამოიყენება გადასატანი ცეცხლმქრობების გაწყობისათვის. ჰალონმა 1301 ფართო სამრეწველო და კომერციული გამოყენება ჰპოვა სტაციონარულ სისტემებში, ასევე საზღვაო დაცვასა და საავიაციო მრეწველობაში. ჰალონი 2402 ძირითადად გამოიყენება ზოგიერთ ქვეყანაში თავდაცვის, სამრეწველო, საზღვაო და საავიაციო დარგებში.

სტრატეგია ჰალონების სექტორში არსებითად ორი მიდგომისაგან შედგება: ჰალონების შეცვლა ალტერნატიული ვარიანტებით და მარაგების ან ჰალონების ბანკის შექმნა. ჰალონების შეცვლის ალტერნატიულ ვარიანტებს წარმოადგენენ ჰალოგენნახშირბადები, ინერტული აირები, წყლის ნისლი, აეროზოლების წვრილდისპერსიული ნაწილაკები და ნაკადური აგენტები. ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლებელია ხანძარსაწინააღმდეგო დაცვის სტრატეგიების გადახედვა და ჰალონებზე მოთხოვნის თავიდან აცილება. ჰალონების ბანკის შექმნის ვარიანტი, რომელიც მოიცავს რეკუპერაციას, რეცირკულაციას და მარაგების დაგროვებას, გამოიყენება კომპანიებისა და ქვეყნების მიერ ჰალონების არსებული მიწოდების რეგულირების სფეროში მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად, გამოყენების დარჩენილი სახეების კონტექსტში.

ჰიდროქლოროფტორნახშირბადები ფართოდ გამოიყენება სასაცივრო მრეწველობაში, ქაფების, გამხსნელების, აეროზოლებისა და ცეცხლმქრობი საშუალებების წარმოებისას, როგორც ქლოროფტორნახშირბადების გარდამავალი ნივთიერება-შემცვლელი. HCFC გამოიყენება ასევე ნედლეულად სხვა ქიმიური პროდუქტების წარმოებაში. ჰიდროქლოროფტორნახშირბადები დაინერგა 1990-იან წლებში, როგორც CFC-ის ალტერნატიული ქიმიური ნივთიერებები და დამატებულია „მონრეალის ოქმით“ რეგულირებად ნივთიერებათა სიაში. იმ დროს მიიჩნევდნენ, რომ ამ ქიმიურ ნივთიერებებს მნიშვნელოვნად ნაკლები ოზონდამშლელი უნარი აქვთ, ეს იყო გარდამავალი ეტაპი და მათი წარმოება და მოხმარებაც შეწყდება „მონრეალის ოქმის“ ფარგლებში. მართალია, ბევრი HCFC მნიშვნელოვნად ნაკლები ოზონდამშლელი უნარით ხასიათდება, ვიდრე CFC, მაგრამ მათ აქვთ გლობალური დათბობის მაღალი პოტენციალი – თითქმის 2000-ჯერ მეტი, ვიდრე ნახშირორჟანგს. 2006 წელს HCFC მსოფლიოში აწარმოეს 34 400 ტონა ოზონდამშლელი საშუალებები და დაახლოებით 75% – HCFC მსოფლიო მოხმარების კონდიციონირების და გამაციებელ სისტემებში. ყველაზე ხშირად გამოიყენება HCFC-22 ან ქლორდიფტორმეთანი.

„მონრეალის ოქმის“ ოცი წლისთავისადმი მიძღვნილ სხდომაზე ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების თაობაზე მიღწეულ იქნა შეთანხმება, მომხდარიყო კორექტირება HCFC-ის ეტაპობრივი ამოღების გრაფიკის „მონრეალის ოქმის“ ფარგლებში, რათა დაჩქარდეს მათი წარმოებისა და მოხმარების შეწყვეტა. ეს გადაწყვეტილება გამოიწვევს როგორც ოზონის შრის რღვევის მასშტაბების მნიშვნელოვან შემცირებას, ისე გლობალური დათბობის ტემპების დაწევას.

მეთილბრომიდი ფართოდ გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში, როგორც ფუმიგანტი მავნებლებთან ბრძოლისათვის, პროდუქციის შესანახ სათავსოებსა და ბაზებში, ასევე საკარანტინო დამუშავებისათვის. აირის დახმარებით დეზინფექცია იმ მავნებლებთან ბრძოლის საშუალებას იძლევა, რომლებიც არიან ნიადაგში, ხანგრძლივი სარგებლობის საქონელში, მალფუჭებად პროდუქტებში, ასევე სათავსოების კონსტრუქციულ დეტალებში და პროდუქციის ტრანსპორტირებისას.

ეს ქიმიური ნივთიერება მავნებლების ფართო სპექტრთან ბრძოლის საშუალებას იძლევა, მათ შორის – პათოგენურ მიკროორგანიზმებთან (სოკოებთან, ბაქტერიებთან და ნიადაგით გადამტან ვირუსებთან), მწერებთან, ტკიპებთან, ნემატოდასთან და მღრღნელებთან.

წარსულში CFC-113-ის გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა მრეწველობის ბევრ სექტორში: ელექტრონული პროდუქციის აწყობის ხაზზე, ლითონური ზედაპირის ზუსტი გაწმენდისა და გაუცხიებისათვის წარმოების საერთო პროცესში, ასევე ქიმიწმენდასა და გამოყენების სხვა სამრეწველო სფეროებში. CFC-113-ის გამოყენება დაიწყო 1970-იან წლებში ლითონური ზედაპირის გაუცხიებისათვის და სხვა სფეროებში, ადრე გამოყენებული ქლორირებული გამხსნელების საშიშ ტოქსიკურობასთან დაკავშირებით.

მრავალი წლის მანძილზე 1,1,1-ტრიქლორეთანი წარმოადგენდა სხვა, უფრო ტოქსიკური ქლორშემცველი გამხსნელების შემცვლელ გამხსნელს მეტალის გაწმენდისათვის. ტეტრაქლორმეთანი, ტოქსიკურობის გამო, უმეტეს ქვეყანაში უკვე აღარ გამოიყენება გამხსნელად.

ამგვარად, ქლორფტორნახშირწყალბადები, HCFC, ტეტრაქლორმეთანი, CFC-113, 1,1,1-ტრიქლორეთანი, ბრომქლორმეთანი ოზონდამშლელი ნივთიერებებია, რომელთა წარმოება და მოხმარება რეგულირდება „მონრეალის ოქმის“ ფარგლებში, და განვითარებადი ქვეყნები მათ ეტაპობრივ ამოღებას მრავალმხრივი ფონდის დახმარებით ახორციელებენ. მეთილბრომიდიც წარმოადგენს ოზონდამშლელ ნივთიერებას, რომლის წარმოება და მოხმარება რეგულირდება „მონრეალის ოქმის“ ფარგლებში. განვითარებადი ქვეყნები და ქვეყნები გარდამავალი ეკონომიკით გლობალური ეკოლოგიური ფონდისა და მონრეალის ოქმის მრავალმხრივი ფონდის მხარდაჭერით ამცირებენ და საბოლოო ჯამში მოხმარებიდანაც ამოიღებენ ამ ქიმიურ ნივთიერებებს. მეთილბრომიდის მოხმარება შესაძლებელია შემცირდეს, ხოლო მოთხოვნა დაკმაყოფილდეს ალტერნატიული ვარიანტების მიღების გზით, რომლებიც გამოიყენება 90-ზე მეტი დანიშნულებით. მათ მიეკუთვნება ქიმიური ნივთიერებები, არაქიმიური ღონისძიებები, მავნებლებისაგან მცენარეთა დაცვისადმი კომპლექსური მიდგომის ჩათვლით, ან მათი კომბინაციით.

ოზონდამშლელი ნივთიერებების სტრატოსფეროში გაბნევა სხვადასხვა გზით მიმდინარეობს, კერძოდ:

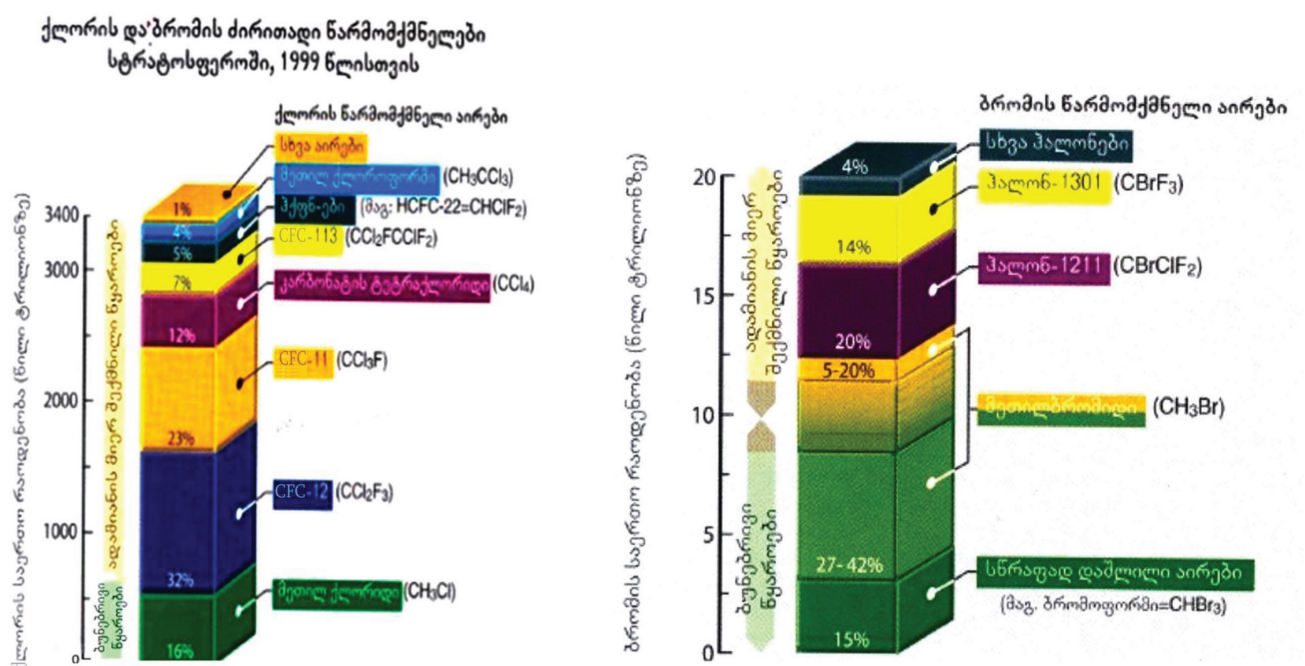
- საწმენდი ხსნარების, საღებავების, ცეცხლის ჩასაქრობი მოწყობილობების და აეროზოლების ბალონების ტრადიციული გზის გამოყენებით;
- სასაცივრო და ჰაერის კონდიციონერების სისტემის მომსახურების დროს გაბნევით;
- მეთილბრომიდის გამოყენებით ნიადაგის ფუმიგაციაში და საკარანტინო და გადაზიდვის წინა პერიოდში;
- ოზონდამშლელი ნივთიერებების შემცველი პროდუქტების და მოწყობილობების, როგორიცაა ქაფები ან მაცივრები, გაუვნებელყოფის დროს;
- მაცივრებიდან გაჟონვისას.

ატმოსფეროში ერთხელ გაბნეული ოზონდამშლელი ნივთიერება ერევა გარშემო მყოფ ჰაერს და ამ ჰაერის ნაკადის გავლით, ასევე თერმოდინამიკისა და დიფუზიის ზეგავლენით, შესაძლოა მიაღწიოს სტრატოსფეროს.

რადგანაც ოზონდამშლელ ნივთიერებებს ხანგრძლივი სიცოცხლისუნარიანობა აქვთ, მათ შესაძლოა სტრატოსფეროს საკმაოდ დონემდე მიაღწიონ. მათი გამანადგურებელი პოტენციური უდიდესია, რადგანაც ისინი ფოტოქიმიურ რეაქციათა ჯაჭვში შედიან ოზონის მოლეკულებთან. მას შემდეგ, რაც ოზონის ერთი მოლეკულა დაიშლება, ოზონდამშლელ ნივთიერებებს აქვთ უნარი ოზონის სხვა მოლეკულებიც დაშალონ. ოზონდამშლელი ნივთიერებების ოზონის დაშლის აქტივობის უნარი მერყეობს 100-დან 400 წლამდე. ეს დამოკიდებულია ამ ნივთიერებების ტიპზე. ამიტომაც ოზონდამშლელი ნივთიერების ერთ მოლეკულას შეუძლია გაანადგუროს ოზონის ასიათასობით მოლეკულა.

ადამიანის მიერ წარმოებული ქლორისა და ბრომის შემცველი აირების ემისია მნიშვნელოვნად გაიზარდა მე-20 საუკუნის შუა წლებში. ატმოსფეროში „ჰალოგენშემცველი აირების“ ემისია ზოგიერთი საწარმოო პროცესისა და სამომხმარებლო პროდუქციის ფართო მასშტაბებით გამოყენების შედეგია, რასაც თან ახლავს ოზონის დაშლა, მსოფლიო მასშტაბით პოლარულ არეალებში ფიქსირებული უდიდესი დანაკარგებით. ჰალოგენშემცველი აირების ემისია ხდება როგორც ბუნებრივი გზით, ასევე ადამიანის საქმიანობის შედეგად. ქლორის უმეტესი ნაწილის სტრატოსფერომდე მიღწევა გამოწვეულია ქლორშემცველი აირებით. სტრატოსფერომდე მიღწეული ბრომის წარმოქმნაში ბუნებრივი წყაროების წილი მეტია, ვიდრე ჯამური ქლორის წარმოქმნაში. CFC-ის შემცველი აირების – HCFC-ების წილი ქლორშემცველ გაზებში მცირეა, მაგრამ მზარდი. ადამიანის მიერ წარმოებული ოზონდამშლელი აირების სხვა მაგალითებია „ჰალონები“, რომლებიც გამოიყენება ცეცხლსაქრობებში და შეიცავენ ბრომის ოზონდამშლელ ატომებს.

სურ. 14-ზე წარმოდგენილია ქლორისა და ბრომის ძირითადი წარმოქმნელები სტრატოსფეროში.



სურ. 14. ქლორის და ბრომის წარმოქმნელები აირები სტრატოსფეროში

სურ. 14-ზე ქლორის და ბრომის ფარდობითი შემცველობის წონასწორობა გვჩვენებს, რომ სტრატოსფეროში ქლორის რაოდენობა 170-ჯერ აღემატება ბრომის რაოდენობას (ერთეული „წილი ტრილიონზე“ არის აირის ფარდობითი შემცველობის საზომი: 1 ნაწილაკი ტრილიონში ნიშნავს ამ აირის ერთი მოლეკულის არსებობას სხვა ტრილიონ მოლეკულას შორის). ემისიის შემდეგ ჰალოგენიზებული აირები ან განიდევენებიან ატმოსფეროდან ან ქიმიურად გარდაიქმნიებიან. დროს, რომელსაც აირის 69% ანდომებს გადაადგილებას ან გარდაქმნას, ეწოდება ატმოსფეროში „არსებობის ხანგრძლივობა“. ქლორისა და ბრომის შემცველი ძირითადი აირებისათვის იგი 1-დან 120 წლამდე მერყეობს.

უმცირესი ხანგრძლივობის მქონე აირები (მაგ., HCFC., მეთილბრომიდი, მეთილქლორიდი და ძალიან მცირე სასიცოცხლო პერიოდის მქონე აირები) უმთავრესად იშლებიან ტროპოსფეროში და აქედან გამომდინარე, ემიტირებული აირის მხოლოდ მცირედი ნაწილი იღებს მონაწილეობას სტრატოსფერული ოზონის დაშლაში.

ატმოსფეროში არსებული ჰალოგენიზებული აირების რაოდენობა დამოკიდებულია აირის არსებობის ხანგრძლივობასა და ატმოსფეროში გაფრქვეულ მის რაოდენობაზე. ემისიები ძირითადი აირების წყაროებისათვის ძლიერ მერყეობს, 1990 წლიდან იკლო „მონრეალის ოქმით“ რეგულირებული აირების ემისიამ და მომავალ წლებში მოსალოდნელია ყველა რეგულირებადი აირის ემისიის შემცირება.

ფტორი და იოდი ასევე წარმოადგენენ ჰალოგენატომებს. სურ.14-ზე მოყვანილი აირის წყაროების უმეტესობა ქლორთან და ბრომთან ერთად შეიცავს ფტორის ატომებს. მას შემდეგ, რაც ეს აირები გარდაიქმნიებიან სტრატოსფეროში, ამ აირების შემადგენელი ფტორი იღებს ოზონისათვის უვნებელ ქიმიურ ფორმას. იოდი ოკეანეებიდან ბუნებრივად გაფრქვეული აირების უმეტესობის შემადგენელია. იოდი ასევე იღებს მონაწილეობას ოზონდამშლელ რეაქციებში, იოდშემცველი აირების უმეტესობა გადაადგილდება ტროპოსფეროში ბუნებრივი პროცესების შედეგად, სანამ არ მიაღწევს სტრატოსფეროს.

ადამიანის საქმიანობის შედეგად სტრატოსფეროში სხვა აირების რაოდენობამაც იმატა, რომლებიც ზემოქმედებენ სტრატოსფერული ოზონის გავრცელებაზე. ამის მნიშვნელოვანი მაგალითებია მეთანი (CH_4) და აზოტის ჰემიოქსიდი (N_2O), რომლებიც რეაგირებენ წყლის ორთქლის, რეაქციის უნარმქონე წყალბადისა და აზოტის ოქსიდების წარმოქმნით სტრატოსფეროში. ეს რეაქციის უნარმქონე ნაწარმი ასევე მონაწილეობს სტრატოსფერული ოზონის წარმოქმნასა და დანაკარგებს შორის ბალანსირებაში. მთლიანობაში ამ აირების ზემოქმედება ოზონზე გაცილებით მცირეა, ვიდრე ადამიანის საქმიანობით გაფრქვეული ქლორ- და ბრომშემცველი აირების რაოდენობის ზრდით გამოწვეული ზემოქმედება.

8. სერთაშორისო შეთანხმებები ოზონის შრის დასაცავად

8.1. ვენის კონვენცია ოზონის შრის დაცვის შესახებ

სტრატოსფერული ოზონის კონცენტრაციის შემცირების დამატებითი დადასტურებამ იძულებული გახადა მსოფლიო საზოგადოება დაფიქრებულიყო იმაზე, როგორ შეენარჩუნებინა დედამიწის ოზონის შრე. 1985 წელს ვენაში მოიწვიეს კონფერენცია, რომლის მონაწილეები შეთანხმდნენ ოზონის შრის დაცვის შესახებ ღონისძიებების მიღების აუცილებლობაზე. 1985 წლის ვენის კონვენციის ჩარჩოსებრი ხასიათი არ ითვალისწინებდა რაიმე სახის კონკრეტულ მოქმედებას მასზე მიერთებული ქვეყნების მხრიდან. ერთი წლის შემდეგ ოზონის შრის დაცვა კვლავ გახდა მრავალმხრივი მოლაპარაკებების საგანი. კანადა, აშშ, ნორვეგია, ფინეთი, ავსტრალია და სუდანი მიიწვედნენ, რომ გამოსავალი მათი წარმოების გაყინვასა და მოხმარების მნიშვნელოვან შემლუდვაში იყო. ეს იყო ოზონის შრის დაცვის საქმეში საერთაშორისო თანამშრომლობის დასაწყისი. თავდაპირველად, 1985 წლის მარტში, კონვენციას ხელი მოაწერა 21-მა ქვეყანამ. „ოზონის შრის დაცვის შესახებ“ 1985 წლის „ვენის კონვენცია“ მოწოდებულია დაიცვას ადამიანის ჯანმრთელობა და გარემო იმ არასასიკეთო შედეგებისაგან, რომლებიც გამოწვეულია ან შესაძლოა გამოწვეული იყოს ადამიანის საქმიანობით, რომელიც ცვლის ან შესაძლოა ცვლიდეს ოზონის შრის მდგომარეობას. ამ მიზნით მხარეები მათ განკარგულებაში არსებული საშუალებებისა და შესაძლებლობების შესაბამისად თანამშრომლობენ სისტემატური დაკვირვებების, გამოკვლევებისა და ინფორმაციის გაცვლის გზით, რათა ღრმად შეიცნონ და შეაფასონ ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოზე ოზონის შრის სახეცვლილების ზემოქმედება. მხარეები აგრეთვე იღებენ სათანადო საკანონმდებლო და ადმინისტრაციულ ზომებს და თანამშრომლობენ შესაბამისი სტრატეგიის ჰარმონიზაციისათვის მათი იურისდიქციის ან კონტროლის ქვეშ მყოფი ადამიანის საქმიანობის რეგულირების, შეზღუდვის, შემცირების ან თავიდან აცილებისათვის, თუ აღმოჩნდება, რომ ეს საქმიანობა იწვევს ან შესაძლებელია გამოიწვიოს არასასიკეთო შედეგები ოზონის შრის მდგომარეობის შეცვლის ან შესაძლო შეცვლის გამო. კონვენციის თანახმად, მხარე-ქვეყნები იღებენ ვალდებულებებს თანამშრომლონ შეთანხმებული ზომების, პროცედურების და სტანდარტების დადგენაში კონვენციის ცხოვრებაში გატარებისათვის ოქმების და დანართების მიღების მიზნით.

8.2 მონრეალის ოქმი

ოქმი ძალაში შევიდა 1989 წლის 1 იანვარს და დღეისათვის მსოფლიოს 200-მდე ქვეყანამ (თითქმის მთელმა მსოფლიომ) იკისრა ამ ოქმის შესაბამისად ოზონდამშლელი ნივთიერებების წარმოებისა და მოხმარების შეწყვეტა. „მონრეალის ოქმს“ აქვს ექვსი დანართი A, B, C, D, E და F, რომლებშიც ჩამოთვლილია კონტროლირებადი ნივთიერებები (დანართი 2) და მათში გათვალისწინებულია ამ ნივთიერებების წარმოება/მოხმარებასთან დაკავშირებული კონკრეტული ვალდებულებები.

„მონრეალის ოქმის“ ძირითად დებულებებს მოიცავს მისი შემდეგი მუხლები: 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10 (დანართი 3).

„მონრეალის ოქმის“ თანახმად, ნებისმიერ მხარეს, რომელიც წარმოადგენს განვითარებად ქვეყანას, ვალდებულებების შესრულებისათვის აქვს 10 წელი. „მონრეალის ოქმი“ ემყარება „თავიდან აცილების პრინციპს“, რაც საშუალებას აძლევს მსოფლიო საზოგადოებას ყურადღება დაუთმოს მთავარ მსოფლიო ეკოლოგიურ პრობლემას ყველა სამეცნიერო, გარემოსდაცვითი

თუ ტექნიკური საკითხების სრულად გადაჭრამდე. ამ მიდგომის ასახვისთვის ოქმის მონაწილე მხარეებმა მოილაპარაკეს დროთა განმავლობაში თავად შეთანხმების განვითარების პროცედურაზე, რათა მასში აისახოს უახლესი მონაცემები ოზონის შრის მდგომარეობის, ოზონის შრის დაშლისა და მეცნიერებისა და ალტერნატიული ტექნოლოგიების შესწავლისა და დანერგვის მიმართულებით წინსვლის შესახებ. შეთანხმების განვითარების სურათი არის „მონრეალის ოქმის“ და მისი დამატებებისა და შესწორებების თანახმად მიღებული კონტროლის ზომების რეგულარული და ყოველმხრივი შეფასება. ამ რეგულარული შეფასებების განსახორციელებლად მხარეებმა დააარსეს სამი საერთაშორისო კომისია, რომლებიც შედგება ექსპერტებისა და/ან მეცნიერებისაგან საწარმოებიდან, მეცნიერებათა აკადემიებიდან, მთავრობებიდან და არასამთავრობო ორგანიზაციებიდან. ეს კომისიებია: სამეცნიერო შეფასების კომისია, გარემოსდაცვითი ზემოქმედების კომისია და ტექნოლოგიური და ეკონომიური შეფასების კომისია. „მონრეალის ოქმის“ არსებობის განმავლობაში შეთანხმებულია ოთხი ცვლილება და ხუთი შესწორება იმის უზრუნველსაყოფად, რომ „მონრეალის ოქმში“ აისახოს მეცნიერებისა და ტექნიკის თანამედროვე მიღწევები. „მონრეალის ოქმის“ შესწორებებს კვლევათა ახალ შედეგებზე დაყრდნობით შეუძლია შეცვალოს როგორც უკვე კონტროლირებადი ნივთიერებების ამოღების განრიგი, ისე კონტროლირებადი ნივთიერებების ოზონდამშლელი პოტენციალის მნიშვნელობები. ისინი ავტომატურად სავალდებულოა ყველა ქვეყნისათვის, რომლებმაც ოქმის ან იმ შესაბამისი ცვლილების რატიფიცირება მოახდინეს, რომლებშიც კონტროლირებადი ნივთიერებებია წარმოდგენილი. შესწორებებით შესაძლებელია შეიცვალოს ოქმის ტექსტი. მხარეებმა ასევე შეიძლება მიიღონ გადაწყვეტილება, რომელიც შესაძლოა არ ცვლის ტექსტს, მაგრამ მის ინტერპრეტაციას ახდენს. „მონრეალის ოქმის“ ცვლილებებს შეუძლია წარმოადგინოს ახალი ოზონდამშლელი ნივთიერებების კონტროლის ზომები. თითოეული ცვლილება სავალდებულოა მხოლოდ ხელმომწერთა მხრიდან რატიფიცირების შემდეგ. მაგალითად, ქვეყნები, რომელთაც არ მოახდინეს გარკვეული ცვლილების რატიფიცირება, განიხილებიან, როგორც მხარეები, რომლებიც წარმოდგენილი ოზონდამშლელი ნივთიერებების მიმართ არ მოქმედებენ ცვლილებების ფარგლებში. 1987 წლიდან, ოზონის დაშლის უფრო საფუძვლიანი მეცნიერული წარმოჩენის შესაბამისად, შეიცვალა ძირითადი ჰალოგენაირები და ხელმისაწვდომი გახდა მათი შემცვლელი, მონრეალის ოქმი კი განტოვდა სათანადო ცვლილებებითა და შესწორებებით. ამ შევსებებით ოქმს დაემატა ახალი კონტროლირებადი ნივთიერებები, უფრო ეფექტური გახდა არსებული მაკონტროლირებელი ზომები და განისაზღვრა ზოგი ჰალოგენშემცველი აირის ხმარებიდან ამოღების პროგრამა. თავდაპირველი ოქმი ითვალისწინებდა მხოლოდ ქლორფთორ-ნახშირბადის (CFC) და ჰალოგენების წარმოების შემცირებას. ოქმის 1990 წლის ლონდონის ცვლილებები ითვალისწინებს ძლიერი ოზონდამშლელი ნივთიერებების ხმარებიდან ამოღებას: განვითარებულ ქვეყნებში – 2000 წლამდე, ხოლო განვითარებად ქვეყნებში – 2010 წლამდე. 1992 წლის კოპენჰაგენის შესწორებამ ხმარებიდან ამოღების თარიღი განვითარებად ქვეყნებში 1996 წლამდე გადასწია. ოზონდამშლელ ნივთიერებებზე სამომავლო კონტროლი განისაზღვრა მოგვიანებით, ვენის (1995), მონრეალის (1997), პეკინის (1999) შეხვედრებზე მიღწეული შეთანხმებებით. მხარეთა მე-2 შეხვედრაზე დამატებით დასახელდა კონტროლირებადი ნივთიერებები – CFC-ები – ნახშირბადის ტეტრაქლორიდი და მეთილქლოროფორმი და წარმოდგენილ იქნა მათი კონტროლის ზომები. ამით დაჩქარდა ამოღების არსებული განრიგი და მიღებულ იქნა დამატებითი საკონტროლო ზომები CFC-ებისა და ჰალოგენებისათვის როგორც განვითარებადი, ასევე განვითარებული ქვეყნებისათვის. ამასთან, მხარეებმა გადაწყვიტეს განვითარებადი ქვეყნებისათვის ტექნიკური და ფინანსური დახმარების გასაწევად დაეარსებინათ მრავალმხრივი ფონდი.

მრავალმხრივი ფონდი შეიქმნა „მონრეალის ოქმის“ განსახორციელებლად, რათა დახმარებოდა განვითარებად ქვეყნებს „მონრეალის ოქმის“ ვალდებულებების შესრულების ხარჯების დაფინანსებაში, ოზონდამშლელი ნივთიერებების წარმოებიდან და მოხმარებიდან დაჩქარებული

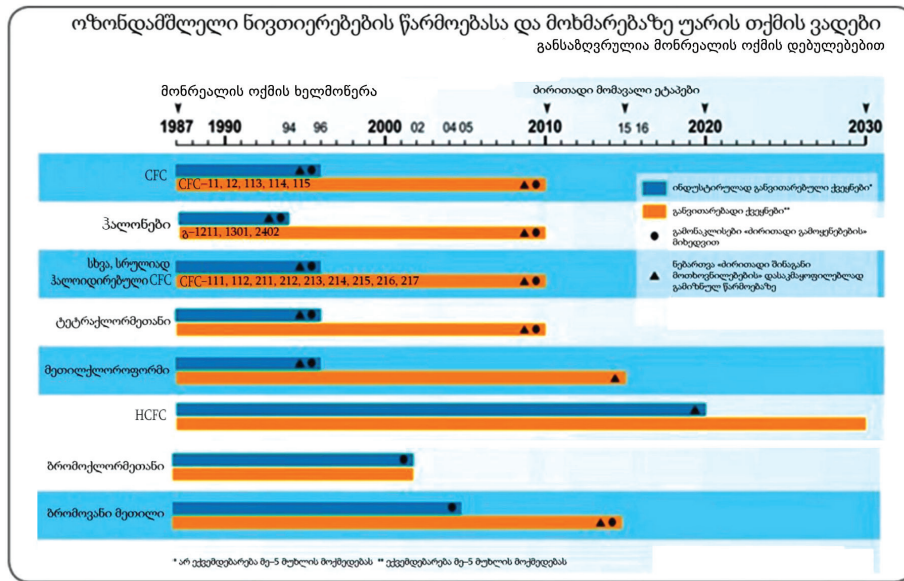
ამოღების ხელშესაწყობად. მრავალმხრივი ფონდი ეხმარება იმ პროექტების დაფინანსებას, რომელთაც მიზნად აქვთ წარმოებიდან და მოხმარებიდან ოზონდამშლელი ნივთიერებების ამოღება. ფონდი ასევე ეხმარება მე-5 მუხლის ფარგლებში მოქმედ ქვეყნებს, შეიმუშაონ სახელმწიფო პროგრამები ოზონის ეროვნული ერთეულების შემოღებით, კანონმდებლობათა საფუძვლებისა და შესაბამისი კანონების შემოღებით და ტრენინგების ორგანიზებით. მრავალმხრივი ფონდის განმახორციელებელი სააგენტოებია: გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამა (UNEP), გაეროს განვითარების პროგრამა (UNDP), გაეროს ინდუსტრიული განვითარების ორგანიზაცია (UNIDO), მსოფლიო ბანკი და ორმხმივი სააგენტოები დონორი ქვეყნებიდან. მხარეთა მე-4 შეხვედრამ კონტროლირებად ნივთიერებებად დაასახელა მეთილბრომიდი და HCFC-ები. წარმოადგინეს კონტროლის ზომები მეთილბრომიდისა და HCFC-ების წარმოებისა და მოხმარებისათვის, აგრეთვე HCFC-ების მოხმარებისათვის განვითარებულ ქვეყნებში. ასევე წარმოადგინეს ამოღების განრიგები CFC-ების, ჰალოგენების, ნახშირბადის ტეტრაქლორიდისა და მეთილქლოროფორმისათვის განვითარებულ ქვეყნებში; დაადგინეს ოზონდამშლელი ნივთიერებების აუცილებელი წარმოებისა და მოხმარების პირობები. მხარეთა მე-7 შეხვედრაზე წარმოადგინეს კონტროლის ზომები მეთილბრომიდისათვის, როგორც განვითარებადი, ისე განვითარებული ქვეყნებისათვის. ასევე – HCFC-ების მოხმარებისა და HCFC-ების წარმოება-მოხმარების კონტროლი განვითარებადი ქვეყნებისათვის. შეხვედრაზე ასევე განიხილეს შეუსრულებლობის პრობლემა.

მხარეთა მე-9 შეხვედრაზე წარმოადგინეს მეთილბრომიდის კონტროლის დამატებითი ზომები განვითარებად ქვეყნებში დასაწესებლად და მათი დაჩქარება განვითარებულ ქვეყნებში. აქ გამოცხადდა მოთხოვნა ყველა მხარისადმი, დაეწესებინათ ოდნ-ის იმპორტ-ექსპორტის ლიცენზირების სისტემები. მხარეთა მე-11 შეხვედრამ ბრომოქლორომეთანი კონტროლირებადი ნივთიერებების სიაში შეიტანა, წარმოადგინეს წარმოებისა და მოხმარების კონტროლის ზომები ბრომოქლორო-მეთანისათვის, წარმოების კონტროლის ზომები HCFC-ებისათვის და მეთილბრომიდის საკარანტინო და გადატვირთვის წინა გამოყენების ანგარიშგების მოთხოვნები.

8.3. მხარეთა ვალდებულებანი „მონრეალის ოქმისა“ და მისი ცვლილებების მიხედვით

„მონრეალის ოქმისა“ და მისი ცვლილებების ხელმოწერმა ყოველმა მხარემ გარკვეული ვალდებულებები უნდა იკისროს. „მონრეალის ოქმის“ მხარედ ყოფნა პრაქტიკულად ნიშნავს, რომ ქვეყანა არის „მონრეალის ოქმის“ წევრი და ასევე თითოეული იმ ცვლილებისა, რომლის რატიფიცირებაც მან მოახდინა. აქედან გამომდინარე, ქვეყანა შეიძლება იყოს ოქმის მხარე, მაგრამ არ იყოს მხარე იმ რომელიმე ცვლილებისა, რომლის რატიფიცირებაც მას არ მოუხდენია. მხარეთა ორი უმთავრესი ვალდებულებაა ოზონდამშლელი ნივთიერებების გაყინვისა და ხმარებიდან ამოღების განრიგის შესრულება და ვაჭრობის აკრძალვა მათთან, ვინც არ წარმოადგენს „მონრეალის ოქმის“ მხარეს. გაყინვისა და ხმარებიდან ამოღების ვალდებულებანი მე-5 მუხლის ფარგლებში მოქმედ ქვეყნებს ანგარიშს უწევს და ითვალისწინებს, რომ განვითარებად ქვეყნებს, როგორც წესი, იოლად არ მიუწვდებათ ხელი ალტერნატიულ ტექნოლოგიებზე, ნოუ-ჰაუებსა და კაპიტალდაბანდებებზე. აქედან გამომდინარე, გაყინვისა და ხმარებიდან ამოღების მათი განრიგი უფრო გრძელვადიანია, ვიდრე განვითარებული (რომლებიც არ მოქმედებენ მე-5 მუხლის ფარგლებში) ქვეყნებისათვის. ეს იძლევა საკმარის დროს მე-5 მუხლის ფარგლებში მოქმედი მხარეებისათვის ტექნიკური და ფინანსური მხარდაჭერის აღმოსაჩენად, რათა თანდათანობით მოხდეს ოზონუსაფრთხო ნივთიერებების შემცველ ტექნოლოგიებზე გადასვლა. განვითარებული ქვეყნები ჯერაც უმეტესწილად ოზონდამშლელ ნივთიერებებს იყენებენ, კერძოდ, CFC-ებსა და ჰალოგენებს. სურ.15-ზე წარმოდგენილია „მონრეალის ოქმის“ დებულებებით განსაზღვრული ოზონდამშლელი ნივთიერებების წარმოება-მოხმარებაზე უარის თქმის ვადები, ხოლო ცხრილში

4 (დანართი 1) სხვადასხვა ოდნ-ის პირველი კონტროლის ზომები და ხმარებიდან საბოლოო ამოღების თარიღები, რომლებიც მისაღებია განვითარებადი ქვეყნებისათვის. აქ არ განიხილება განსხვავებული ნაწარმი და გამოყენებულია დაშვებები, რომლებიც შეიძლება დაწესდეს.



სურ. 15. ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების შესახებ „მონრეალის ოქმის“ მოთხოვნათა შესრულების გრაფიკი.¹¹

8.4. „მონრეალის ოქმის“ მნიშვნელობა

8.4.1. აქტიური ზემოქმედების უნარმქონე ჰალოგენების წარმომქმნელი აირების რაოდენობა წარსულში და მომავალში

„მონრეალის ოქმი“ არის მეტად მნიშვნელოვანი დოკუმენტი, რომელსაც დიდი შედეგი ჰქონდა ატმოსფეროში ოზონდამშლელი აირების რაოდენობის ზრდის შენელებასა და შემცირებაში. იგი არის ერთადერთი საერთაშორისო ხელშეკრულება, რომელსაც აქვს უნივერსალური რატიფიკაცია (197 ქვეყანა) და რომელსაც გაერთიანებული ერების ორგანიზაციამ უწოდა „ყველაზე წარმატებული ხელშეკრულება გაეროს ისტორიაში“. „მონრეალის ოქმი“ შესანიშნავი მაგალითია იმისა, თუ რაოდენ მნიშვნელოვანი შედეგის მიღწევა შეუძლია ერთობლივ ძალისხმევას და მისი ფუნქციონირების ყოველმხრივ მოქნილი სისტემა იქცა ნიმუშად ყველა საერთაშორისო ხელშეკრულებისათვის. ეს წარმატება მნიშვნელოვანწილად განაპირობა განვლილი პერიოდის განმავლობაში გუნდურმა და მიზანმიმართულმა მუშაობამ, რის შედეგადაც ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების 97%-ზე მეტის ხმარებიდან ამოღება მოხდა და დღეს ოზონის შრე აღდგენის ხანგრძლივ, მაგრამ შეუქცევად გზას ადგას.

აქტიური ზემოქმედების უნარის მქონე ქლორის რაოდენობის შემცირება ცალკეული ჰალოგენგამომყოფი აირების გაფრქვევათა შემცირების თანმხლები მოვლენაა. „მონრეალის ოქმით“ გათვალისწინებული კონტროლი ადამიანის მიერ ჰალოგენგამომყოფი აირების წარმოებაზე თითოეული ჯგუფის ერთი ან ორი აირისთვის ცალ-ცალკე განიხილება და რამდენიმე ფაქტორზეა დამოკიდებული. ფაქტორებში ერთიანდება:

- ყოველი ჯგუფის ოზონდამშლელი უნარი და ამ უნარის შედარება სხვა ჰალოგენიზირებულ აირებთან;
- შესაბამისი შემცველი აირების ხელმისაწვდომობა საყოფაცხოვრებო და საწარმოო მოხმარებისათვის;
- კონტროლის დაწესება განვითარებად ქვეყნებში.

11. წყარო: UNEP-ის სამდივნო ოზონთან მიმართებაში. 2009წ.

დაწესებული კონტროლის სათანადო ცვლილება ატმოსფეროში აირების გავრცელებაზე დამოკიდებულია რამდენიმე ფაქტორზე, მათ შორის იმაზე:

- თუ როგორ ხდება აირის მოხმარება და გამოთავისუფლება ატმოსფეროში;
- ქიმიურად რამდენად სწრაფად იშლება აირი ატმოსფეროში;
- ატმოსფეროში დაგროვილი აირის ჯამურ რაოდენობაზე.

მეთილქლოროფორმი და ქლორფტორნახშირბადები

მეთილქლოროფორმის (CH_3CCl_3) შემცირების პროცესი იყო უმთავრესი შემცირების პროცესი ჰალოგენგამომყოფი აირებისთვის. „მონრეალის ოქმის“ დებულებებით გათვალისწინებული მეთილქლოროფორმის მსოფლიო წარმოების თითქმის ნულოვან მაჩვენებლამდე დაყვანით მკვეთრად შემცირდება მისი ატმოსფერული შემცველობები. ატმოსფეროში მათ შემცველობათა მკვეთრი შემცირება აიხსნება ატმოსფეროში მეთილქლოროფორმის არსებობის მცირე ხანგრძლივობით (დაახლოებით 5 წელი). გარდა ამისა, მეთილქლოროფორმი უმეტესწილად გამოიყენება გამსხნელად და ამიტომ მას არ გააჩნია მნიშვნელოვანი ხანგრძლივი შენახვის მარაგები, მაგალითად, ისეთი, როგორც მაცივარაგენტებს. 1990-იან წლებში აქტიური ზემოქმედების უნარმქონე ქლორის შემცირება გამოწვეული იყო მეთილქლოროფორმის უშუალოდ ატმოსფეროში გავრცელების შემცირებით. დაწყებული 1990-იანი წლებიდან ასევე მიმდინარეობდა ქლორფტორნახშირბადების: CFC-11-ის, CFC-12-ისა და CFC-113-ის გაფრქვევათა მნიშვნელოვანი შემცირება. ამის შედეგად ატმოსფეროში შენელდა აირების მოცულობათა ზრდა და ოდნავ იკლო CFC-11-ისა და CFC-113-ის გავრცელებამ. ატმოსფეროში არსებობის შედარებით ხანგრძლივი პერიოდის გამო, მეთილქლოროფორმთან შედარებით, CFC-ების შემცველობათა შემცირება უფრო რთულად მიმდინარეობს.

HCFC შემცველი აირები

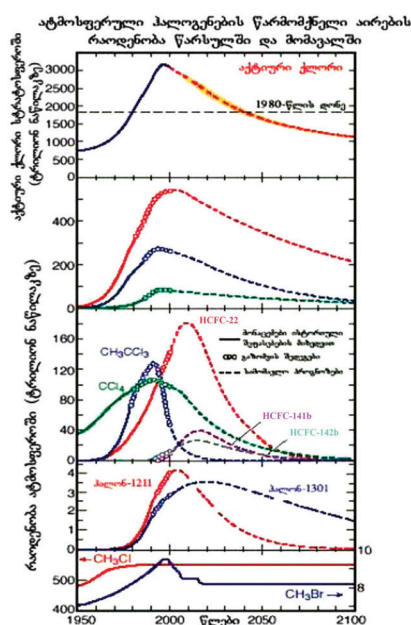
მონრეალის ოქმი ითვალისწინებს ჰიდროქლორფტორნახშირბადების (HCFC) მოხმარებას ქლორფტორნახშირბადების მოკლევადიან შემცვლელებად. ამის შედეგად ატმოსფეროში გრძელდება HCFC-22, HCFC-141b და HCFC-142b შემცველობათა ზრდა. HCFC-ები CFC-ების სასურველი შემცვლელები არიან, რადგან ისინი ქიმიური პროცესის შედეგად ტროპოსფეროში ნაწილობრივ იშლებიან. აქედან გამომდინარე, მცირდება სტრატოსფერული ოზონის დაშლის პროცესზე მათი გაფრქვევების ყოველგვარი ზემოქმედება. „მონრეალის ოქმის“ შესაბამისად, განვითარებულ ქვეყნებში 2030 წლისათვის, ხოლო განვითარებად ქვეყნებში 2040 წლისათვის, HCFC-ების წარმოება ნულოვან მაჩვენებელს მიაღწევს. აქედან გამომდინარე, XXI საუკუნის პირველ ათწლეულებში HCFC-ების რაოდენობრივ მაჩვენებელთა მნიშვნელობები მაქსიმუმს მიაღწევს და მხოლოდ ამის შემდეგ დაიწყება მათი რაოდენობების ეტაპობრივი შემცირება.

ჰალონები

ატმოსფეროში გავრცელებული ჰალონები – ჰალონ-1211 და ჰალონ-1301 ყველა ბრომშემცველი აირის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილებია. განვითარებულ ქვეყნებში მათი წარმოების შეჩერების მიუხედავად, 1994 წელს მათი მოცულობები იზრდებოდა. ეს მოვლენა გამოწვეულია ცეცხლჩაქრობ ხელსაწყოებში მოთავსებული შემცვლელების მარაგით, რომლებიდანაც ჰალონები თანდათანობით გამოთავისუფლდებიან, განვითარებად ქვეყნებში კი კვლავაც ნებადართულია მათი წარმოება და მოხმარება. შენახული ჰალონების გამოთავისუფლება გამოიწვევს XXI საუკუნეში ატმოსფეროში ჰალონების შემცველობის საკმაოდ მაღალი დონის შენარჩუნებას.

მეთილქლორიდი და მეთილბრომიდი

ორივენივეთიერება – მეთილქლორიდი (CH_3Cl) და მეთილბრომიდი (CH_3Br) – სხვა ჰალოგენგამომყოფი აირებისგან გამოირჩევა, რადგანაც მათი წილი შემცველებში დაკავშირებულია ბუნებრივ პროცესებთან. ამ საუკუნეში მოსალოდნელია მეთილქლორიდის საშუალო ატმოსფერულმა მოცულობებმა, რომლებიც მონრეალის ოქმით არ კონტროლდებიან, XXI საუკუნის განმავლობაში თითქმის მუდმივი დონე შეინარჩუნონ. საუკუნის ბოლოსთვის აქტიური ზემოქმედების უნარმქონე ნარჩენი სტრატოსფერული ქლორის უდიდესი ნაწილის არსებობა შეიძლება აიხსნას მეთილქლორიდის არსებობით, ვინაიდან მოსალოდნელია სხვა აირების, როგორცაა CFC, შემცველობათა ძლიერი შემცირება. მეთილბრომიდის შემცველობების შემცირება დაგეგმილია ამ საუკუნის პირველ ათწლეულებში, რასაც არეგულირებს ოქმი, განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებში წარმოების ეტაპობრივი შეწყვეტის შედეგად. ამ საუკუნის დანარჩენ ათწლეულებში მოსალოდნელია მეთილბრომიდის მოხმარების მუდმივი სიდიდეების შენარჩუნება. XX საუკუნის ბოლო ათწლეუდში აქტიური ზემოქმედების უნარმქონე ქლორის შემცველობების ზრდა შენელდა და კლება იწყო. აქტიური ზემოქმედების უნარმქონე ქლორის შემცველობა ქლორშემცველი და ბრომშემცველი აირების აქამდე გამოთვლილი ან დაგეგმილი საერთო რაოდენობების შეჯამებით არის მიღებული. ეს მოვლენა იმით აიხსნება, რომ ბრომს სტრატოსფერული ოზონის დაშლაზე გაცილებით ძლიერი ზემოქმედების უნარი აქვს. XXI საუკუნეში აქტიური ზემოქმედების უნარმქონე ქლორის კლებასთან ერთად დაიკლებს ჰალოგენგამომყოფი აირების ოზონის დაშლის უნარი. ცალკეული ჰალოგენგამომყოფი აირის გაფრქვევათა შემცირების შედეგია აქტიური ზემოქმედების უნარმქონე ქლორის შემცველობათა მაჩვენებლების დაკლება. სურ.16-ზე წარმოდგენილია ატმოსფერული ჰალოგენების წარმოქმნილი აირების რაოდენობა წარსულში და მომავალში.



სურ. 16. ჰალოგენგამომყოფი აირების რაოდენობრივი ცვლილებები

გაფრქვევების შემცირება განაპირობა „მონრეალის ოქმმა“, რომელიც შედგენილია სხვადასხვა ატმოსფერული გამოთვლების ერთმანეთთან შედარებით და მათში შეფასებულია როგორც წარსულში არსებული რაოდენობები, ისე სამომავლოდ სავარაუდო სიდიდეებიც. ბოლო ათწლეულში CFC და მათთან ერთად CCl_4 -სა და CH_2Cl_2 -ის შემცველობათა ზრდა მნიშვნელოვნად შენელდება და ადგილი ექნება მათ კლებას. HCFC შემცველობები, რომლებიც CFC-ის შემცველებად გამოიყენება, მომავალ ათწლეულებში რაოდენობრივად კვლავ მოიმატებს. მომავალში ასევე მოიმატებს რამდენიმე ჰალონის შემცველობა, რამდენადაც დაიშლება ჰალონების არსებული მარაგი.

შეზღუდვების საპასუხოდ, შედარებით მცირე კლება არის მოსალოდნელი მეთილბრომიდის შემცველობებში, რადგანაც მას აქვს ბუნებრივი შემცველი წყაროები. მეთილქლორიდს აქვს ფართო ბუნებრივი წყარო და იგი არ კონტროლდება „მონრეალის ოქმით“.

8.4.2 როდის აღდგება ოზონის შრე?

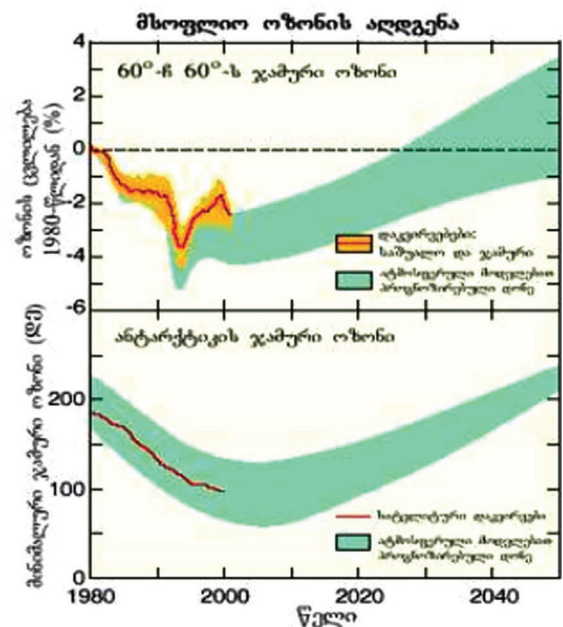
ჯამური ოზონის ცვლილებები სხვადასხვა ადგილას, ანტარქტიკული „ოზონის ხვრელის“ ზომა და რღვევის დონე მნიშვნელოვანი ფაქტორია ოზონის შრის აღდგენის მაჩვენებელთა კონტროლისათვის. ოზონის რაოდენობის ბუნებრივი ცვალებადობა განსაზღვრავს, თუ რამდენად მალე მოხდება ოზონის შრის აღდგენის დეტექტირება ოზონის შრის რაოდენობრივ მახასიათებელთა სამომავლო გაზომვების მონაცემებზე დაყრდნობით.

მსოფლიო ჯამურ ოზონზე ანთროპოგენურ ფაქტორებთან ერთად მოქმედებს ორი ძირითადი ბუნებრივი ფაქტორი, სახელდობრ: მზის გამოსხივების ცვალებადობა და ვულკანური ამოფრქვევები, რაც გათვალისწინებული უნდა იყოს ოზონის აღდგენის გამოთვლისას. მზის სინათლის ზემოქმედება ოზონზე შესაძლოა იყოს პროგნოზირებადი მზის სინათლის გამოყოფის მტკიცედ დადგენილ 11-წლიან ციკლზე დაყრდნობით. უფრო მნიშვნელოვანი ფაქტორია ვულკანური ამოფრქვევა, რადგან ის ზრდის ოზონის დაშლას რეაქციის უნარმქონე ჰალოგენგამომყოფი აირებით, მაგრამ არაპროგნოზირებადია. შემდეგ ათწლეულებში დიდი ვულკანური ამოფრქვევის შემთხვევაში, როდესაც გაიზრდება აქტიური ზემოქმედების უნარმქონე აიროვანი ქლორის დონე, ოზონის დაშლის პროცესის დროებითი ზრდის გამო შეფერხდება ოზონის აღდგენის პროცესის წინსვლა.

ოზონის შრის აღდგენის დეტექტირება დაეყრდნობა ოზონის შემცველობათა უახლესი მონაცემების ძველ შედეგებთან შედარებას. მისი დიდი მნიშვნელობის გამო მომავალში მოსალოდნელია ოზონის რაოდენობრივ მახასიათებელთა განსაზღვრა განხორციელდეს უწყვეტად, სხვადასხვა მეთოდისა და გამოთვლელი მოწყობილობის გამოყენებით. მსოფლიო ოზონის უკანასკნელი ცვლილებების შესაფასებლად და სამომავლო ცვლილებების პროგნოზირებისათვის გამოიყენება ატმოსფეროს კომპიუტერული მოდელები.

მეცნიერები განიხილავენ მსოფლიო ოზონის მნიშვნელოვან რაოდენობრივ მახასიათებლებს 60° – C და 60° -ს და ოზონის მინიმალურ შემცველობებს ანტარქტიკაში – „ოზონის ხვრელს“. ორივე გამოთვლა ასახავს 1980-იან წლებში დაწყებულ ოზონის გაიშვიათებას (სურ. 17).

დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ 1980-იანი წლებიდან დაიწყო კლება მსოფლიო ოზონის საერთო ჯამურმა (ზედა სურათი) და ანტარქტიკის თავზე ჯამური ოზონის მინიმალურმა (ქვედა სურათი) შემცველობებმა. XXI საუკუნის ადრეულ პერიოდში ჰალოგენგამომყოფი აირების ემისიათა კლებასთან ერთად მოსალოდნელია ოზონის მომატება და ოზონის შრის აღდგენა 1980-იანი წლების მაჩვენებლებამდე. ატმოსფეროს კომპიუტერული მოდელები, რომელთა საშუალებითაც განისაზღვრება ჰალოგენიზებული აირების გაფრქვევათა რაოდენობრივი მახასიათებლების ცვლილებები და, ასევე, სხვა ატმოსფერული პარამეტრები, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ოზონის რაოდენობის სამომავლო ზრდის პროგნოზირებისათვის. ამ მოდელების კვლევების შედეგები აჩვენებს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანი იქნება ოზონის შრის მოსალოდნელი აღდგენა 2050 წლისათვის ან, შესაძლებელია, უფრო ადრეც.



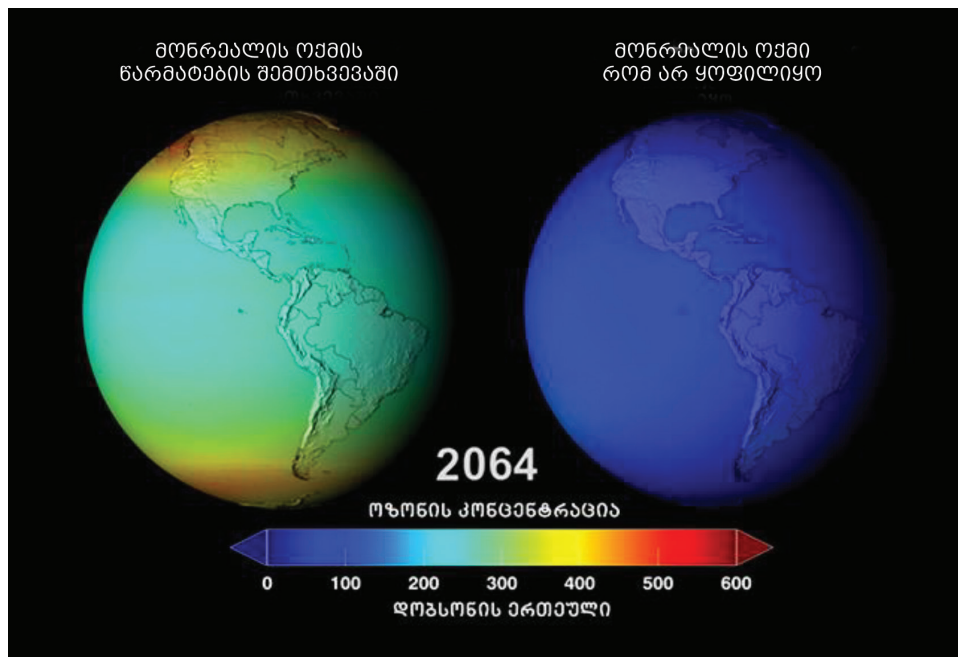
სურ. 17. მსოფლიო ოზონის აღდგენის პროგნოზები

მეცნიერული შეფასების ჯგუფის 2006 წლის ანგარიშის თანახმად, თუ „მონრეალის ოქმის“ და მისი შესწორებების ყველა მხარე შეასრულებს თავის ვალდებულებებს ოზონდამშლელი ნივთიერებების წარმოებიდან და მოხმარებიდან ეტაპობრივად ამოღების შესახებ, ოზონის მოლეკულების კონცენტრაცია სტრატოსფეროში ანტარქტიკის თავზე „ნორმალურ“ დონეს 2065 წლისათვის მიაღწევს. აღდგენის ასეთი ხანგრძლივი პერიოდი ითვალისწინებს ქვენ-11-ისა და ქვენ-12-ის რაოდენობას მაცივრებსა და სხვა მოწყობილობებში, რომელიც, საბოლოო ჯამში, ატმოსფეროში იქნება გაშვებული, და ჰქვენ-22-ის წარმოების გაზრდა. აღდგენის ასეთი პერიოდი

ნაწილობრივ განპირობებულია ოდნ-ის არსებობის ხანგრძლივობით და ჯაჭვური რეაქციებით, რომლებიც შლიან ოზონის მოლეკულას. მოსალოდნელია, რომ ოზონის ხვრელის ფორმირება ანტარქტიკის თავზე რეგულარულად მოხდება კიდევ ორი ათწლეულის განმავლობაში. კანის კიბოს და თვალის კატარაქტის დაავადებათა შემთხვევები „ნორმალურ“ დონემდე, სავარაუდოდ, 20-50 წლების დაყოვნებით, ასწლეულის ბოლოსათვის დაიწევს.

მიმდინარე ასწლეულის შუაში დედამიწის ოზონის შრე შესაძლებელია სრულად აღდგეს. ასეთ დასკვნამდე მივიდა 300-მდე მეცნიერი, რომლებმაც გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის გარემოს დაცვის პროგრამის (UNEP) და მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის (WMO) ეგიდით ჩაატარეს მზის ულტრაიისფერი გამოსხივების მავნე ზემოქმედებისაგან დედამიწის დამცავი ამ მნიშვნელოვანი აირადი გარსის დაცვისათვის გატარებული ღონისძიებების შეფასება (ჟენევა, 2014). მათ დასკვნებს შეიცავს გამოქვეყნებული დოკუმენტი „2014 წლის ოზონის შრის რღვევის მეცნიერული შეფასება“. მასში ნათქვამია, რომ ოზონის შრე დაუბრუნდება 1980 წლის კონტროლირებად დონეს „საუკუნის შუა წლებამდე საშუალო განედებზე და არქტიკაში და ცოტა მოგვიანებით – ანტარქტიკაში“.

„არის პოზიტიური ნიშნები იმისა, რომ ამ ასწლეულის შუაში ოზონის შრე თანდათანობით აღდგება“ – მოყვანილია ამ შემთხვევასთან გავრცელებულ კომუნიკეში UNEP-ის დირექტორ-შემსრულებლის ახიმ შტაინერის სიტყვები. „1987 წელს მიღებული „მონრეალის ოქმი“ ერთ-ერთი მეტად წარმატებული ბუნებისდაცვითი შეთანხმებაა მსოფლიოში, რომელმაც საშუალება მისცა დაცულიყო სტრატოსფერული ოზონის შრე და არ დაუშვა დედამიწის ზედაპირზე შემოღწეული ულტრაიისფერი გამოსხივების ზრდა“, – აღნიშნა მან.



სურ. 18. მონრეალის ოქმის გავლენა ოზონის შრეზე

ანტარქტიკის თავზე ოზონის ხვრელმა შემოჭერა დაიწყო. 2015 წლის სექტემბერში ოზონის ხვრელი აღმოჩნდა ზომით 4 მლნ კვ.კმ-ით ნაკლები, ვიდრე იყო 2000 წელს, რაც დაახლოებით ინდოეთის ფართობს შეესაბამება. მეცნიერები ამტკიცებენ, რომ მიიღეს პირველი ნათელი (აშკარა) დადასტურება იმისა, რომ ანტარქტიკის თავზე ოზონის შრის გათხელებული შუა შრის თანდათანობითი შემჭიდროვება ხდება, იუწყება BBC. ამის ერთ-ერთი ახსნაა ოზონდამშლელი ქიმიური ნივთიერებების გამოყენების აკრძალვის მოქმედება.

ოზონის წარმოქმნისა და დაშლის ბუნებრივი პროცესები სტრატოსფეროში ერთმანეთს გრძელვადიან პერსპექტივაში აბალანსებს და ამგვარად იცავს დედამიწას მზის მავნე ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან.

გაეროს მონაცემებით, რომ არ ყოფილიყო „მონრეალის ოქმი“ და მასთან დაკავშირებული სხვა შეთანხმებები, 2050 წლისათვის ოზონდამშლელი ნივთიერებების დონე ატმოსფეროში შეიძლება ათჯერ გაზრდილიყო. ექსპერტების პროგნოზით, ეს შეთანხმებები 2030 წლისათვის საშუალებას მოგვცემს ყოველწლიურად თავიდან ავიცილოთ კანის კიბოს დაავადების 2 მლნ. შემთხვევა, ადამიანის თვალებისა და იმუნური სისტემის დაზიანება.

8.5. საქართველოს ვალდებულებები და მათი შესრულების მიმდინარეობა

„ვენის კონვენციას“ და „მონრეალის ოქმს“ საქართველო მიუერთდა 1996 წლის 21 მარტს, მაგრამ იმის გამო, რომ თავდაპირველად იგი აღიარებული იყო, როგორც მეორე მუხლის ქვეყანა, იმავე წლის სექტემბერში საქართველოს მთავრობამ ოფიციალური თხოვნით მიმართა ოზონის სამდივნოს მხარეთა შეხვედრას მისთვის მეხუთე მუხლის (ე.ი. 28 განვითარებადი) ქვეყნის კლასიფიკაციის მინიჭების შესახებ. ამ სტატუსს ანიჭებენ ქვეყნებს, რომლებიც იმყოფებიან რთულ ეკონომიკურ პირობებში და საჭიროებენ ფინანსურ დახმარებას. გადაწყვეტილება საქართველოსთვის ახალი კლასიფიკაციის მინიჭების შესახებ მიიღეს მხარეთა მე-8 შეხვედრაზე კოსტა-რიკაში, 1996 წლის ნოემბერში. ეს გადაწყვეტილება ეფუძნება ერთ სულ მოსახლეზე ოზონდამშლელი ნივთიერებების მოხმარების ოდენობით „მონრეალის ოქმის“ მეხუთე მუხლის მოთხოვნებს, რასაც საქართველო სავსებით აკმაყოფილებს. აღსანიშნავია, რომ საქართველოს წარმომადგენლები 1995 წლიდან მონაწილეობდნენ „მონრეალის ოქმის“ მხარეთა ღია სამუშაო ჯგუფების შეხვედრებში, ხოლო მანამდე – ოფიციალური პირები დსთ-ისა და ბალტიისპირეთის ქვეყნების „მონრეალის ოქმის“ სემინარში, მაგალითად, მინსკში 1994 წლის ოქტომბერში.

1996 წელს საქართველოს პარლამენტმა მიიღო საკანონმდებლო აქტები – კანონი გარემოსდაცვითი ნებართვების შესახებ, კანონი სახელმწიფო ექსპერტიზის შესახებ (ორივე – 1996 წლის ოქტომბერი) და ჩარჩოკანონი გარემოს დაცვის შესახებ (1996 წლის 10 ოქტომბერი), რომლებიც ძალზე დიდი მნიშვნელობის დოკუმენტებია ოზონის შრის დაცვის და ოზონდამშლელი ნივთიერებების კონტროლის სხვადასხვა მექანიზმის შემუშავების თვალსაზრისით. მათ შორის უმნიშვნელოვანესია ჩარჩოკანონი გარემოს დაცვის შესახებ. ყოველივე ეს იძლევა საქართველოში ოდნ-ების და სათბურის აირების ხმარებიდან ამოღების მყარ საფუძველს. 1999 წლის 22 ივნისს პარლამენტმა მიიღო კანონი ატმოსფერული ჰაერის დაცვის შესახებ, რომელშიც ცალკე პუნქტადაა შესული ოზონის შრის დაცვა და რომელიც მთლიანად მოიცავს „მონრეალის ოქმის“ მოთხოვნების შესრულების აუცილებლობას. ამრიგად, წარმოადგენს რა მხარე-ქვეყანას, საქართველოსაც შეაქვს თავისი წვლილი ოზონის შრის გადარჩენის საქმეში.

„ვენის კონვენციის“ და „მონრეალის ოქმის“ გადაწყვეტილებებს საქართველო ასრულებს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს პასუხისმგებლობით, უცხოელი ექსპერტების მონაწილეობითა და 1997 წელს შემუშავებული „ოზონდამშლელი ნივთიერებების ხმარებიდან ამოღების ეროვნული პროგრამის“ განხორციელებით.

1998 წელს გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამის (UNEP) მიერ მონრეალის ოქმის მრავალმხრივი ფონდის მხარდაჭერით საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს ატმოსფერული ჰაერის დაცვის სამმართველოს ბაზაზე ჩამოყალიბდა „ოზონის ეროვნული ჯგუფი“, რომელიც პასუხისმგებელია საერთაშორისო ხელშეკრულებების ფარგლებში ქვეყნის მიერ ნაკისრი ვალდებულებების შესრულებაზე. „ვენის კონვენციისა“ და „მონრეალის ოქმის“

ფარგლებში ოზონის ეროვნული ჯგუფი თანამშრომლობს კონვენციისა და ოქმის სამდივნოსთან, გაეროს გარემოსდაცვით პროგრამასთან, გაეროს განვითარების პროგრამასთან და გაეროს ინდუსტრიის განვითარების ორგანიზაციასთან, საქართველოში კი – არასამთავრობო ორგანიზაცია „საქართველოს მემაცივრეთა ასოციაციასა“ და შპს „გარემო და ანალიტიკასთან“.

თამამად შეიძლება ითქვას, რომ საქართველომ, როგორც „მონრეალის ოქმის“ ერთ-ერთმა აქტიურმა მხარე ქვეყანამ თავისი მრავალწლიანი მოღვაწეობით მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა ოზონის შრის დაცვის საქმეში. ამ კუთხით მთავარი მიღწევა იყო ყველაზე საშიში ოზონდამშლელი ნივთიერებების მოხმარებიდან დაჩქარებული ამოღება. კერძოდ, 2006 წელს, დადგენილ ვადაზე 4 წლით ადრე, საქართველომ მოხმარებიდან ამოიღო ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების ერთ-ერთი ჯგუფი – ჰალონები. ასევე დაჩქარებულად, 2008 წელს, ანუ ვადაზე 2 წლით ადრე მოხდა ძირითადი ოზონდამშლელების – ქლოროფტორნახშირბადების მოხმარების შეწყვეტა. იმთავითვე სწორად ჩამოყალიბებული მართვის გეგმის, ასევე ამ გეგმის განხორციელებაში სხვადასხვა სექტორიდან ჩართული თითოეული ადამიანის დაუზარელი შრომის შედეგად „მონრეალის ოქმის“ ვალდებულებათა შესრულების პროცესი საქართველოსთვის არათუ უმტკივნეულო, არამედ ფრიად სასარგებლო გამოდგა. კერძოდ, გადამზადდა და თანამედროვე ტექნოლოგიებსა და მუშაობის პრინციპებს ეზიარა 800-მდე მაცივარტექნიკოსი, შეიქმნა მაცივარაგენტების რეციკლირების 2 ცენტრი, 3 პროფესიულ სასწავლებელში დაინერგა მაცივარტექნიკოსის სასწავლო პროგრამა. ამ სასწავლო ცენტრების კურსდამთავრებულებს საშუალება აქვთ დაეუფლონ სასაცივრო და ჰაერის კონდიციონერების ტექნიკის ექსპლუატაციის თანამედროვე მეთოდებს. შესაბამისი თანამედროვე ტექნიკით აღიჭურვა სასაცივრო დანადგარების მომსახურების 20 კომპანია, საბაჟო უწყებისთვის შეიქმნა სპეციალური კომპიუტერული პროგრამა და გადამზადდა საბაჟოს 200-მდე თანამშრომელი და ა.შ.

ცალკე უნდა აღინიშნოს საქართველოს მოღვაწეობა საერთაშორისო ასპარეზზე. სწორედ ჩვენი ქვეყნის ინიციატივით შეიქმნა ევროპისა და შუა აზიის ოზონის ქსელი, სადაც 19 ქვეყანაა გაერთიანებული. ამ ქსელის ფარგლებში და მის გარეთ საქართველოს თავისი საექსპერტო გამოცდილებით წლების განმავლობაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ოზონის შრის დაცვის მხრივ ქვეყნების შესაძლებლობათა გაძლიერების საქმეში. ჩვენი ქვეყნის ამ ღვაწლის შედეგია საქართველოს, როგორც ოზონის შრის დაცვის საქმეში ერთ-ერთი მოწინავე ქვეყნის საერთაშორისო აღიარება, რაც დასტურდება არაერთი ჯილდოთი თუ „ვენის კონვენციის“ ბიუროს პრეზიდენტობით.

დღეს საქართველოში მიმდინარეობს ჰიდროქლოროფტორნახშირბადების მოხმარებიდან ეტაპობრივად ამოღების მართვის გეგმის შესრულება, რომელიც შემუშავებულია ორფაზიანი მიდგომის პრინციპით. დაგეგმილი საქმიანობების პირველი ფაზა მოიცავდა 2011 წლიდან 2015 წლამდე პერიოდს, ხოლო მეორე ფაზა კი უკავშირდება 2016-2040 წლების პერიოდს. გეგმის პირველი ფაზა ეხებოდა HCFCs-ის მოხმარების გაყინვის ვალდებულებებს 2013 წლისათვის (საბაზო დონე – 2009-2010 წლების წლიური მოხმარება) და HCFCs-ის მოხმარების 10%-ით შემცირებას 2015 წელს. მეორე ფაზაში (2016-2040 წწ.) შევა სხვადასხვა საქმიანობა 2020 (35% შემცირება), 2025 (67.5%-ით შემცირება), 2030 (97.5%-მდე შემცირება) და 2040 წლისათვის კი HCFCs-ის სრული ამოღება საქართველოში, რადგან ეს ვალდებულებები ნაკისრი აქვს საქართველოს მთავრობას ოზონის დამშლელი ნივთიერებების შესახებ „მონრეალის ოქმის“ ფარგლებში.

ზემოაღნიშნული გეგმის განხორციელების ფარგლებში 2016 წლიდან ქვეყანაში მთლიანად შეწყდა CFC-142b-ის მოხმარება.

ამ ეტაპზე საქართველოში არსებული კანონმდებლობით დაშვებულია მხოლოდ ერთი ოზონდამშლელი ნივთიერების – ქლორდიფტორმეთანის (HCFC-22) მოხმარება. ხოლო მეთილბრომიდის მოხმარება დასაშვებია მხოლოდ გადაზიდვის წინა და საკარანტინო მიზნებისთვის (როგორც ეს დადგენილია „მონრეალის ოქმით“). ცხრილში 4 წარმოდგენილია „მონრეალის ოქმით“ გათვალისწინებული ვალდებულებები იმ ნივთიერებებზე, რომლებიც გამოიყენება საქართველოში.

ეროვნული პროგრამის ფარგლებში დადგენილია:

- საქართველოში ოზონდამშლელი ნივთიერებების მოხმარების საბაზისო დონე;
- საქართველოში ოზონდამშლელი ნივთიერებების მოხმარების ძირითადი დარგები;
- საქართველოს მთავრობის სტრატეგია ოზონდამშლელ ნივთიერებებთან დაკავშირებით;
- საქართველოში ოზონდამშლელ ნივთიერებათა ხმარებიდან ამოღების ღონისძიებათა გეგმა.

წელი	დანართი (ნივთიერებები)	განრიგი
1999	დანართი A და B (ქლორფტორნახშირბადები CFCs და ჰალონები HFC)	მოხმარების გაყინვა. საბაზისო დონე 1995-1997 წწ.
2002	დანართი E (მეთილბრომიდი)	მოხმარების გაყინვა. საბაზისო დონე 1995-1998 წწ.
2005	დანართი A და B (ქლორფტორნახშირბადები და ჰალონები)	მოხმარების 50 %-ით შემცირება
2005	დანართი E (მეთილბრომიდი)	მოხმარების 20 %-ით შემცირება
2007	დანართი A და B (ქლორფტორნახშირბადები და ჰალონები)	მოხმარების 85 %-ით შემცირება
2010	დანართი A და B (ქლორფტორნახშირბადები და ჰალონები)	მოხმარებიდან მთლიანი ამოღება
2015	დანართი E (მეთილბრომიდი)	მოხმარებიდან მთლიანი ამოღება
2013	დანართი C (ქლორნახშირწყალბადები)	მოხმარების გაყინვა. საბაზისო დონე 2009-2010 წწ.
2040	დანართი C (ქლორნახშირწყალბადები)	მოხმარებიდან მთლიანი ამოღება

განსაკუთრებული ყურადღება მიექცა CFC-12-ის წლიური მოხმარების სიდიდეს, რომელიც საქართველოსათვის, 1996 წლის მონაცემებით, 23.5 ტონის ოდენობით დაფიქსირდა. აღსანიშნავია, რომ საქართველო არ აწარმოებს ქლორნახშირბადებს, ამიტომ ატმოსფეროში გაუონილი ქვენ-ის რაოდენობის შევსება მაცივარდანადგარებში იმპორტის ხარჯზე ხდება. პრობლემა ისაა, რომ 80-იან წლებში საქართველო ყოველწლიურად მოიხმარდა დაახლოებით 200 ტ მარტო CFC-12-ს, მაგრამ შემდგომ მრეწველობისა და ენერგეტიკის კრიზისმა გამოიწვია აღნიშნული ნივთიერების მსხვილი მომხმარებლების გაჩერება და ზოგიერთი სპეციალისტის აზრით, შემდგომში ეკონომიკური განვითარება ხელს შეუწყობდა აღნიშნულ საწარმოთა ამოქმედებას, რაც თავის მხრივ გამოიწვევდა CFC-12-ის მოხმარების გაზრდას. მეორე მხრივ, საერთაშორისო ვალდებულებებით საქართველოს არათუ უნდა გაეზარდა ეროვნული პროგრამით განსაზღვრული წლიური მოხმარება, არამედ ყოველწლიურად უნდა შემცირებინა იგი და 2005 წელს 7.3 ტ.-მდე უნდა დაეყვანა. პრობლემის გადაჭრის ერთადერთ გზას წარმოადგენდა არსებული სასაცივრო დანადგარების რაც შეიძლება სწრაფი გადაყვანა ალტერნატიულ, ე.წ. ოზონდამზოგ მაცივარაგენტებზე, ეს კი, თავის მხრივ, მოითხოვდა სერიოზულ დაფინანსებას.

ყოველივე ზემოხსენებულის გათვალისწინებით ეროვნულ პროგრამაში განისაზღვრა შემდეგი პრიორიტეტული პროექტები, რომელთა განხორციელებაც ხდებოდა „მონრეალის ოქმის“ მრავალმხრივი ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით:

1. „მაცივარაგენტების შეგროვებისა და რეციკლირების ეროვნული გეგმის განხორციელება“ – პროექტის მიზანს წარმოადგენდა ოზონდამშლელი მაცივარაგენტების, კერძოდ, CFC-12-ის შეგროვება შემდგომში მისი რეციკლირების და ხელმეორედ გამოყენების მიზნით, რითაც შემცირდება, ერთი მხრივ, CFC-12-ის ემისიები ატმოსფეროში და მეორე მხრივ – მოთხოვნილება ახალი CFC-12-ის იმპორტზე. პროექტი ამჟამად დასრულებულია.

2. „სასწავლო პროგრამა სასაცივრო ტექნიკის მომსახურების თანამედროვე პრაქტიკის შესახებ“ – პროექტის მიზანს წარმოადგენდა სასაცივრო სექტორის ტექნიკოსების კვალიფიკაციის ამაღლება, რათა რემონტისა და ექსპლუატაციის დროს შემცირდეს მაცივარაგენტების ემისიები ატმოსფეროში. პროექტი ამჟამად დასრულებულია.
3. „სასწავლო პროგრამა ოზონდამშლელი ნივთიერებების მონიტორინგისა და კონტროლის შესახებ“ – პროექტის მიზანს წარმოადგენდა მეზაჟეთა განათლება, რათა მათ შეძლონ ოზონდამშლელი ნივთიერებების იდენტიფიცირება და კონტროლი იმპორტისა და ექსპორტის დროს. პროექტი ამჟამად დასრულებულია.
4. „მეთილბრომიდის ხმარებიდან ეტაპობრივი ამოღება ნიადაგის ფუმიგაციის სექტორში“ – პროგრამის მიზანი იყო საბაღე კულტურებში გამოყენებული მეთილბრომიდის ქიმიური და არაქიმიური ალტერნატივების იდენტიფიცირება, რომლებიც შეესაბამებოდა საქართველოს გეოგრაფიულ-კლიმატურ ზოლს. პროექტი ამჟამად დასრულებულია.

აღსანიშნავია, რომ 1998 წლიდან მოყოლებული „ოზონის ეროვნულმა ჯგუფმა“ თავის თავზე აიღო პასუხისმგებლობა, რომ ქვეყანაში შექმნილიყო შესაბამისი ატმოსფერო ოზონდამშლელი ნივთიერებების ხმარებიდან ამოღების პროგრამის განსახორციელებლად.

პროგრამის ფარგლებში ჩატარებული ღონისძიებებია:

- სამუშაო გეგმის შემუშავება და ოზონის ჯგუფის როლის განსაზღვრა;
- გაძლიერებული კოორდინაცია, ოზონდამშლელი ნივთიერებების ხმარებიდან ამოღების მონიტორინგი;
- ოზონის შრის დაცვის პრობლემების შესახებ საზოგადოების ცნობიერების ამაღლება მასმედიისა და არასამთავრობო ორგანიზაციების საშუალებით;
- ოზონდამშლელი ნივთიერებების იმპორტის ლიცენზიის/ნებართვის სისტემის შემუშავება;
- სამინისტროსა და დარგობრივ საერთაშორისო ორგანიზაციებს შორის კონტაქტების დამყარება;
- მემაცივრე ტექნიკოსთა სასწავლო პროგრამის კოორდინირება და განხორციელება;
- ანგარიშების წარდგენა გაეროს გარემოსდაცვით პროგრამაში;
- ოზონდამშლელი ნივთიერებების მოხმარების შესახებ წლიური ანგარიშების წარდგენა ოზონის სამდივნოში;
- ეროვნული პროგრამის განხორციელების შესახებ ანგარიშების წარდგენა „მონრეალის ოქმის“ მრავალმხრივ ფონდში.

ამჟამად საქართველოს სასაცივრო და კრიოგენული ტექნიკის და ჰაერის კონდიციონერების ინჟინერთა ასოციაციასთან ფუნქციონირებს ეროვნული პროექტით შექმნილი რეგიკლირების ორი ცენტრი – თბილისსა და ქუთაისში. ამ სასწავლო ცენტრების კურსდამთავრებულებს საშუალება აქვთ დაეუფლონ სასაცივრო და ჰაერის კონდიციონერების ტექნიკის ექსპლუატაციის თანამედროვე მეთოდებს. მნიშვნელოვანია აგრეთვე საბაჟო სამსახურის თანამშრომელთა გადამზადება, რაც აუცილებელია საბაჟო-გამშვებ პუნქტებში ოდნ-ის იმპორტის რეგულირებისათვის. ამრიგად, საქართველოს მოსახლეობის შეგნების დონე მატულობს და სულ უფრო ფართო ფენები ერთვებიან ოდნ-ის ხმარებიდან ამოღების ეროვნული პროგრამის განხორციელებაში. ამასთან, ასოციაციისა და ცენტრის წარმომადგენლები სისტემატურად მონაწილეობენ ამ საკითხებისადმი მიძღვნილ საერთაშორისო ფორუმებსა და არაფორმალურ შეხვედრა-კონსულტაციებში; მჭიდროდ თანამშრომლობენ პარტნიორი ქვეყნების (როგორც ყოფილი საბჭოთა კავშირის, ისე ევროპის და აშშ-ის) შესაბამის ორგანიზაციებთან. ხორციელდება აზრთა გაცვლა-გამოცვლა და გამოცდილების გაზიარება (მაგალითად, ძალიან სასიამოვნოა აღინიშნოს, რომ მოლდოვამ, საქართველოს გამოცდილებით, 2004 წელს დაამუშავა ალტერნატიული მაცივარაგენტების საბოლოო მომხმარებელის წახალისების პროგრამა). ეს ყველაფერი იმის მაჩვენებელია, რომ საქართველო წარმატებით ასრულებს „ვენის კონვენციით“ და „მონრეალის ოქმით“ ნაკისრ ვალდებულებებს. საქართველოში ყოველწლიურად აღინიშნება ოზონის შრის დაცვის საერთაშორისო დღე. 1994 წელს გაეროს გენერალურმა ასამბლეამ 16 სექტემბერი ოზონის შრის დაცვის საერთაშორისო დღედ გამოაცხადა და ის მსოფლიოს 194 ქვეყანაში აღინიშნება.

9. ოზონდამშლელი ნივთიერებების ეკოლოგიურად უსაფრთხო ალტერნატივები, ბუნებრივი მეცნიერებები

ბუნებაში, ბუნებრივად წარმოქმნილ ნივთიერებს ბუნებრივი მაცივარ-აგენტი ეწოდება, ხოლო ხელოვნურად შექმნილს, რომელიც ბუნებაში არ გვხვდება – სინთეზური, ანუ არაბუნებრივი.

როგორც მაცივარაგენტები, ამიაკი, ნახშირორჟანგი და ნახშირწყალბადები ექვემდებარებიან სამრეწველო გაწმენდას და გადამუშავებას. ამის გამო კამათობენ, ეწოდოს თუ არა მათ ბუნებრივი აგენტები, მაგრამ დღესდღეობით დეტალურადაა შესწავლილი მათი ქიმიური თვისებები და უსაფრთხოების მახასიათებლები, განსხვავებით ქლორისა და ფტორის შემცველი აირებისაგან, რომლებიც უარყოფითად მოქმედებენ ოზონის შრეზე და იწვევენ გლობალურ დათბობას.

ბუნებრივი მაცივარაგენტებიდან ყველაზე გავრცელებულია ამიაკი (NH_3 , R717), ნახშირორჟანგი (CO_2 , R744), აგრეთვე ნახშირწყალბადები (HC), როგორიცაა პროპანი (R290), იზობუტანი (R600a) და პროპენი, ანუ პროპილენი (R1270).

აღსანიშნავია, რომ შეიქმნა ამიაკისა და დიმეთილის ეთერის ნარევი (R723) და სხვადასხვა ნახშირწყალბადის ნარევეები, რომლებიც გამოირჩევიან საექსპლუატაციო თვისებებით (იზობუტანის, პროპანის ნარევი R441 და სხვა).

მაცივარაგენტად ნაკლებად ცნობილი წყალი (R718, ოდპ = 0, გდპ = 0) და ჰაერი გამოიყენება აბსორბციულ სასაცივრო ჩილერებში და დაბალტემპერატურულ სისტემებში.

წყლისა და ჰაერის საუკეთესო თვისებებმა (არააალებადობა, არატოქსიკურობა, იდეალური ეკოლოგიური თვისებები) მიიქცია მკვლევრების ყურადღება.

ორი ბუნებრივი მაცივარაგენტი – გოგირდის დიოქსიდი (SO_2) და ქლორმეთილი (CH_3Cl) – უკვე ამოღებულია ხმარებიდან.

სასაცივრო დანადგარებსა და ჰაერის კონდიციონერებში მაცივარაგენტების გამოყენებისას მნიშვნელოვანია ისეთი კრიტერიუმების გათვალისწინება, როგორიცაა უსაფრთხოება და დაცვა. ენერგომატარებლების ფასის მუდმივ ზრდასთან დაკავშირებით დიდი მნიშვნელობა აქვს სასაცივრო მოწყობილობების მიერ ელექტროენერგიის მოხმარებას. მაცივარაგენტების გამოყენების იდეალურ პირობებში უპირატესობა აქვთ მათ თერმოდინამიკურ მახასიათებლებს. კარგი ქიმიური და ფიზიკური თვისებების გარდა, ისინი უარყოფითად არ უნდა მოქმედებდნენ გარემოზე ან მათი გავლენა გარემოზე უნდა იყოს მინიმალური, ხოლო ფასი ხელმისაწვდომი უნდა იყოს ფართო საზოგადოებისათვის. მაგრამ, სამწუხაროდ, არ არსებობს ისეთი მაცივარაგენტები, რომლებსაც ზემოთ აღნიშნული ყველა ეს თვისება აქვთ. ამიტომ პრაქტიკაში უფრო მეტად გავრცელებულია სასაცივრო მოწყობილობები, რომლებიც ოზონუსაფრთხო მაცივარაგენტებზე მუშაობენ.

9.1. ამიაკის გამოყენება მაცივარაგენტად

ამიაკი პირველად გამოიყენეს ამერიკაში 1872 წელს – კარლფონდ ლინდემ ლუდის სახარშ წარმოებაში საკომპრესორო დანადგარებში. აქედან მოყოლებული ამიაკი გამოიყენება სამრეწველო მაცივარდანადგარებში როგორც რენტაბელური და ეფექტური ერთ-ერთი საიმედო მაცივარაგენტი.

ბუნებრივ მაცივარაგენტებს, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მიეკუთვნება ამიაკი (R717), რომლის გამოყენებისას საყურადღებოა მისი უსაფრთხოება, რადგან ის შედარებით უფრო ტოქსიკურია და ნაკლებად აალებადი – ISO 817, ჯგუფი-B2. B2-ის კლასიფიკაცია R717 ნიშნავს, რომ პრაქტიკულად აკრძალულია მისი, როგორც მაცივარაგენტის გამოყენება საცხოვრებელ სახლებში, შენობების შიგნით (გამონაკლისია მცირე მანქანები). ამიაკზე მომუშავე სასაცივრო დანადგარების გამოყენება შეიძლება არასაცხოვრებელ პირობებში, დასახლებული პუნქტებიდან მოშორებით, ასევე გასათვალისწინებელია ვენტილაციის მოთხოვნა და გამოშვების შემდეგი პერიოდი, როდესაც შეიძლება ხალხთან ჰქონდეს შეხება. ამასთან, ქიმიური შედგენილობის გამო დაუშვებელია სპილენძის მილებისა და სისტემის კომპონენტების გამოყენება (EN378: 2000 სისტემების გაციების და თბური ტუმბოების ტექნიკური უსაფრთხოების და ეკოლოგიის ნორმები) და შეიძლება მხოლოდ ფოლადის მილების გამოყენება. 130 წელზე მეტია ამიაკი წარმატებით გამოიყენება სამრეწველო მაცივარდანადგარებსა და ჰაერის კონდიციონერების სისტემებში, მათ შორის საქართველოშიც. საქართველოში არსებობს ამიაკზე მომუშავე რამდენიმე ერთეული სამრეწველო, სასაცივრო საწარმო. წარმოების სიმცირე გამოწვეულია ინფორმაციისა და მომსახურე პერსონალის სიმცირით. დღის წესრიგში დგას ახალი კადრების მომზადება, რომლებიც მომსახურებას გაუწევენ ამიაკზე მომუშავე ყველა სამრეწველო თუ საყოფაცხოვრებო სასაცივრო დანადგარს.

ამიაკი გამოირჩევა საუკეთესო თერმოდინამიკური მაჩვენებლებით. ის წარმოადგენს ერთადერთ მაცივარაგენტს, რომლის წარმოებაში ეფექტურად გამოყენების გამო მომხმარებელი არასდროს ამბობს უარს მის გამოყენებაზე. ამიაკის გამოყენება საერთოდ არ იწვევს ოზონის შრის დაშლას. გარემოზე უსაფრთხოების გამო R717 ხელახლა იძენს პოპულარობას. ამიაკის ოზონდამშლელი და გლობალური დათბობის პოტენციალი ნულის ტოლია. უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ ამიაკს, როგორც მაცივარაგენტს, დადებით მახასიათებლებთან ერთად უარყოფითი მახასიათებლებიც აქვს (დანართი 4, ცხრილი 5).

ამიაკის გამოყენების მაგალითად შეიძლება ჩიკაგოს საგამოფენო ცენტრის დასახელება – McCormick Place, სადაც ეს ნივთიერება გამოყენებულია ტურბინის გასაშვები ჰაერის გასაცივებლად. -45,5°C-მდე ჰაერის გაცივებისათვის 3,3 მგტ. მწარმოებლობის მქონე სასაცივრო სისტემაში გამოიყენება გვერდითი თბოგადამცემი თხევადი ამიაკით.

ქარხანა Roche-ს (სამხრეთ კაროლინას შტატი) ამიაკიანი სასაცივრო სისტემა ყინულით ამარაგებს ულტრათანამედროვე ლაბორატორიებს და საწარმოო სიმძლავრეებს. ტრანსნაციონალური ფარმაცევტული კომპანია Abbott-ი ამიაკით გაცივებას იყენებს ბავშვებისათვის რძის წარმოებაში და ზრდასრულებისათვის სამედიცინო საკვების დასამზადებლად (არიზონას შტატი). ამიაკის სისტემას იყენებს აგრეთვე კომპანია Bayers-ი ბერკლიში (კალიფორნიის შტატი).

ნორვეგიაში ამიაკი, მისი დადებითი ეკოლოგიური და თერმოდინამიკური თვისებების გამო, ფართოდ გამოიყენება, როგორც მუშა სითხე საშუალო და დიდი მასშტაბის სასაცივრო სისტემებში – თბურტუმბოებში (>200კვტ). ნორვეგიაში ამიაკზე მომუშავე თბურ ტუმბოებს იყენებენ XX საუკუნის 90-იანი წლებიდან, მათი უმრავლესობა დაყენებულია მსხვილ შენობებში (200 კვტ-დან

2 მგტ-მდე) და რაიონულ გამათბობელ სისტემებში (700კვტ-დან 8 მგტ-მდე). ამიაკით გაციების სისტემები გამოიყენება საცურო აუზებზე (გასაშრობ დანადგარებში). ამიაკზე მომუშავე 900 კვტ-იანი სისტემა დააყენეს 1994 წელს ქ. ტრონჰეიმში (ნორვეგია), გამოკვლევის ცენტრში 28000 მ² ფართობის გათბობისა და გაციებისათვის, რომელიც შეადგენს 1,5 და 1,35 მგტ-ს. სითბოს წყაროდ გამოიყენება ზღვის წყალი 60 მეტრის სიღრმიდან. ამიაკზე მომუშავე ყველაზე უფრო მსხვილი თბური ტუმბოების სისტემა (CHPS) ნორვეგიაში დააყენეს 1998 წელს, ოსლოს აეროპორტში.

აკერშუსში (ნორვეგია) რაიონული საავადმყოფოსათვის (SiA), რომლის შენობის საერთო ფართობი 160000 მ², კომბინირებული სასაცივრო დანადგარებისა და თბური ტუმბოების (CHPS) ამიაკზე მომუშავე სისტემის საშუალებით ხდება სითბოსა და სიცივის მიწოდება. ეს სისტემა შეერთებულია თბოენერგიის მსხვილ მიწისქვეშა საცავთან (UTES) ევროპაში, რომელიც 2010 წლიდან ჩინეთის სახალხო რესპუბლიკაში ფართოდ ინერგება ამიაკის მოხმარება. დღეისათვის სასაწყობო-სასაცივრო დანადგარების 92%-ში გამოიყენება ამიაკი.

ოლიმპიურ პარკში (იუტას შტატი) ამიაკი გამოყენებულია ბობსლეის ტრასაზე. ზამთრის პერიოდში ტრასის ოლიმპიური სპორტული კომპლექსი „ლეიკ პლესიდის“ (აშშ) ერთი მილის სიგრძის გაცივება ხდება ამიაკით. ტრასის მთელ სიგრძეზე განლაგებულ მილებში მუდმივად გადაიქაჩება ამიაკი, რაც არეგულირებს ბეტონის ტემპერატურას, რომელზეც დევს ტრასის ყინული. ამიაკი ინახება დამხმარე სათავსებში დამონტაჟებულ დანადგარებში. ამიაკის ტემპერატურა რეგულირდება ამინდის პირობების გათვალისწინებით, ყინულის ნახევარდიუმიანი ფენის სიგლუვის შენარჩუნების მიზნით.

ვანკუვერში ზამთრის ოლიმპიადებისა და პარაოლიმპიური თამაშებისათვის აგებული ტრასების გაცივება ხდება ამიაკის სისტემით, რომელიც მაცივარ-დანადგარების თბური დანაკარგების უტილირებას ახდენს.

ამიაკით გაცივება გამოყენებულია ბევრ საციგურო მოედანზე აშშ-სა და კანადაში. მონრეალში ასეთი სისტემებით ცვლიან ჰქფენ-იან სისტემებს. 2009 წ. აშშ-ში ამიაკი გამოიყენეს დროებითი საციგუროებისათვის, ჰოკეის ნაციონალური ლიგის საჭიროებისათვის ეროვნულ სტადიონზე, ჩიკაგოში.

მსოფლიოში ერთ-ერთ ყველაზე დიდ გემ-რეფრიჟერატორზე განლაგებულია ოთხი ცალი ხრახნიანი კომპრესორი 4500 კვტ. საერთო წარმადობით (ამიაკის ტევადობა 1500 კგ.). თევზის პროდუქცია იყინება 36 ვერტიკალურ ფილებთან საყინულეში და ინახება სატვირთო განყოფილების სასაცივრო საწყობებში.

9.1.1. მშენებლობა

ფართომასშტაბიან სამშენებლო პროექტებში გაცივების მოთხოვნა ორ შემთხვევაშია: ბეტონის დიდი მოცულობის გასაცივებლად და მიწის გაყინვისას მიწის სამუშაოების წარმოების დროს. ბეტონის დიდი მოცულობის გასამაგრებლად გამოიყენება მაცივარ-სისტემა, რომელიც გამოდევნის ქიმიურ სითბოს. ძალიან ხშირად ასეთ შემთხვევაში გამოიყენება ამიაკი. მიღებული სიცივე გამოიყენება წყლის გასაცივებლად და ყინულის მისაღებად, რომლებიც შემდგომ ბეტონის გამაგრების რეგულირებისათვის გამოიყენება, რათა მიღწეულ იქნეს მაქსიმალური სიმტკიცე.

მშენებლობაში ამიაკის სიცივე გამოიყენება, ასევე, ნესტიანი მიწის გასაყინად იმ მიწის ახლოს, სადაც მიმდინარეობს მიწის სამუშაოები, მიწის ჩამონგრევა-ჩამოშლის თავიდან ასაცილებლად. ავტომაგისტრალ Interstate-ის სამი გვირაბის მშენებლობის დროს ბოსტონში

2003 წელს მშენებლობის ეფექტურობასა და უსაფრთხოებას უზრუნველყოფდა ამიაკის მაცივარ-დანადგარები მარილხსნარის გაცივების საშუალო დიაპაზონით -25°C -დან -30°C -მდე.

ერთი ჯებირის მშენებლობისათვის საჭირო ყინულისა და გაცივებული წყლის მისაღებად საჭიროა ქერცვლადი ყინულის მისაღები სისტემა მწარმოებლობით 700 ტონა ან 2462 კვტ. დღეში და კომპრესორი 29480 კვტ.-იანი საერთო მწარმოებლობით.

უმეტეს სასააცივრო სისტემაში ამიაკის განაწილებისათვის გამოიყენება მაცივარაგენტის ამპორთქლებელში მიწოდების სისტემა. გუვერას კაშხლის მშენებლობისას, რომელიც დასრულდა 1935 წ., მიწაში ჩაფლეს დაახლოებით 1000 კმ.-ზე 25 მმ-იანი ფოლადის მილები, რომლებიც ატარებდნენ ყინულიან წყალს ბეტონის ბლოკების გავლით. ლოკალური ამიაკის მაცივარ-დანადგარი, რომელიც აცივებს წყალს, ყოველდღიურად აწარმოებს 450 კგ-იან ყინულის ბლოკებს.

9.1.2. სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვება

სიღრმის გადიდებით იზრდება ტემპერატურა. ზედმეტი სითბოს გამოყოფის თავიდან ასაცილებლად და მიწის ქვეშ მომუშავე ადამიანების უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით აუცილებელია პრაქტიკულად განუწყვეტელივ ხდებოდეს ზედაპირული გაცივება და ყინულოვანი თოშის მიწოდება. ზედაპირულ ჩილერებში, რომლებიც ემსახურებიან მაღაროებს, ძალიან ცივი წყლის მისაღებად ჩვეულებრივ გამოიყენება ამიაკი. მის მიმართ ინტერესი იზრდება ყინულოვანი თოშის წარმოებისა თუ მაღაროების გასააცივებლად მყარი ყინულის მისაღებად. ამგვარად, მაღაროებში აუცილებელი ვენტილაციის შესაქმნელად Kidd Creek-ის შახტაში კომპანია Falkonbridge-ი ამიაკის მაცივარ სისტემას იყენებს. ჰაერის კონდიცირებასთან ერთად მაცივარ-დანადგარები გამოყენებულია აგრეთვე ოქროს მოპოვებაში კონდენსაციით ვერცხლისწყლის ორთქლის მოსაცილებლად.

9.1.3. კვების პროდუქტების გადამამუშავება

კვების პროდუქტების გადამამუშავებელ სფეროში წამყვანი ადგილი დაიკავა ამიაკმა. ამიაკის სასააცივრო დანადგარები გამოიყენება თევზისა და ხორცის მრეწველობაში, მეფრინველეობის გადამამუშავებელ წარმოებებში, საკონდიტრო ფაბრიკებში, ღვინისა და ლუდის წარმოებაში, რძის მრეწველობაში, პურის საცხობებში და ა.შ. ამ ნივთიერებამ ფეხი მოიკიდა დიდი ენერგოტევადობის, ანუ სიცივის მწარმოებლურობის ტონა-სიცივებზე (ტონა-სიცივის ამერიკული განზომილება – 1 ტონა = 3020 კკალ/სთ) მოხმარებული სიმძლავრის დაბალი მოთხოვნილებით.

რძის მწარმოებელი ქარხანა Kleinpeter Farms Dairy აღჭურვილია ამიაკის სასააცივრო სისტემით, რომლის მიერ გამოყოფილი სითბო ათბობს წყალს, რომელიც იხმარება რძის პასტერიზაციისა და დანადგარების რეცხვისთვის.

ამიაკის სასააცივრო დანადგარები ასევე ფართოდ გამოიყენება (ოკლაჰომას შტატი) ხორცის წარმოებაში.

ამიაკი ასევე ფართოდ გამოიყენება თბურ ტუმბოებში. თანამედროვე სასააცივრო სისტემები, მომუშავე ბუნებრივ მაცივარაგენტებზე, გარდა იმისა, რომ ეკოლოგიურად სუფთაა, მნიშვნელოვნად ეკონომიურია როგორც ენერგომოხმარების, ისე ტექნიკური და ექსპლუატაციური დანახარჯების თვალსაზრისით.

9.1.4. ცენტრალიზირებული თბომომარაგება

ჩიკაგოს საქმიან ნაწილში, სადაც მიწისქვეშა მილგაყვანილობებით გადაიტუმბება გადაცივებული წყალი და მოწყობილია ყინულის დიდი ბუნკერები, პიკური დატვირთვის პერიოდში ემსახურებიან და აწვდიან სიცივს 4 მილიონი კვ.მ. ფართის ასობით სახლებისა და დაწესებულებების ჰაერის

კონდიციონერებს, რომლებმაც ჩაანაცვლეს 30000 ტონა სიცივის R22-ზე მომუშავე ძველი სასაცივრო დანადგარები.

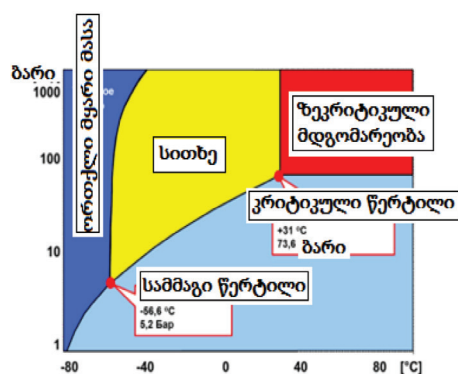
9.2. CO₂-ის გამოყენება მაცივარაგენტად

თანამედროვე პირობებში CO₂-ის მაცივარაგენტად გამოყენების პერსპექტივა შესამჩნევად გაიზარდა. ნახშირბადის დიოქსიდი სასაცივრო სისტემის ერთადერთი მაცივარაგენტი გადამოს უსაფრთხოების და გარემოს ეფექტურობის პრობლემებიდან გამომდინარე, იმის გათვალისწინებით, რომ ტრადიციული მაცივარაგენტების გამოყენება შეზღუდულია სხვადასხვა ნორმატივებით. ამავე დროს მთელ მსოფლიოში შეინიშნება ტრადიციული მაცივარაგენტების განადგურების ტენდენცია და ბუნებრივი მაცივარაგენტების უფრო ფართო გამოყენება. CO₂ მიეკუთვნება ბუნებრივი მაცივარაგენტების ჯგუფს, რომელთაც აქვთ დედამიწის ოზონის შრის დამშლელი ნულოვანი პოტენციალი (ოდპ=0) და გლობალური დათბობის პოტენციალი ერთის ტოლი (გდპ=1).

CO₂ მაცივარაგენტსაც თავისი ნაკლი აქვს: მისი გავლენა გარემოს არეში არ არის ერთგვაროვანი. ერთი მხრივ, CO₂ შედის გარემომცველ ჰაერში და აუცილებელია სასიცოცხლო პირობების მიმდინარეობისათვის, მეორე მხრივ, ითვლება, რომ ნახშირორჟანგის დიდი კონცენტრაცია ჰაერში წარმოადგენს გლობალური დათბობის ერთ-ერთ მიზეზს.

CO₂-ის სასაცივრო ტექნიკაში გამოყენების ინიციატივა ეკუთვნის სკანდინავიის ქვეყნებს, სადაც კანონი მნიშვნელოვნად ზღუდავს HFC და HCFC მაცივარაგენტების გამოყენებას. სურ. 19-ზე მოცემულია CO₂-ის ფაზური დიაგრამა.

სურათის მრუდე ხაზები დიაგრამას ყოფენ ცალკეულ ნაწილებად, რომლებზეც საზღვრავენ სხვადასხვა ფაზას (თხევადი, მყარი, ორთქლის ან ზეკრიტიკული) წონასწორულ მდგომარეობებს. ატმოსფერული წნევის დროს CO₂ არსებობს მყარი ან ორთქლის ფაზის სახით. ასეთი წნევის დროს თხევადი ფაზა არ არსებობს.

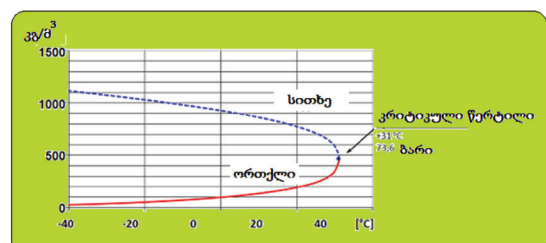


სურ. 18. CO₂-ის ფაზური დიაგრამა

დიაგრამაზე აღნიშნულია სამმაგი წერტილი, რომელშიაც ყველა სამი ფაზა არსებობს წონასწორულ მდგომარეობაში. 31,1°C ტემპერატურისას CO₂ აღწევს კრიტიკულ წერტილს, ე.ი. იმყოფება ზეკრიტიკულ მდგომარეობაში.

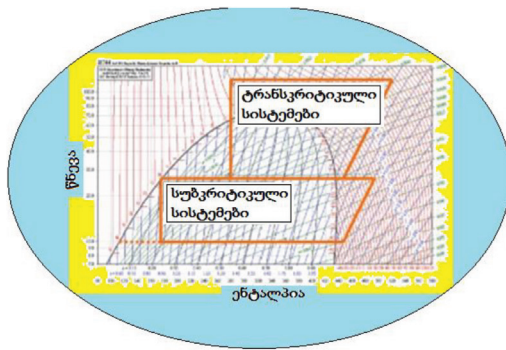
ნახშირბადის დიოქსიდი შეიძლება გამოვიყენოთ სხვადასხვა ტიპის სასაცივრო სისტემებში მაცივარაგენტების სახით, როგორც სუბკრიტიკული, ასევე ტრანსკრიტიკული სასაცივრო ციკლებით. სუბკრიტიკულ ციკლში CO₂-ის მუშა ტემპერატურის მთელი დიაპაზონი და წნევა მოთავსებულია კრიტიკულ და სამმაგ წერტილებს შორის. CO₂-ის ერთსაფეხურიანი სასაცივრო ციკლი ანალოგიურია სხვა ბუნებრივი მაცივარაგენტებისა.

CO₂-ის შემთხვევაში ტრანსკრიტიკული სასაცივრო სისტემები დღესდღეობით გამოიყენება მცირე მწარმოებლობის სასაცივრო სისტემებში, კერძოდ, ჰაერის კონდიციონერების სასაცივრო სისტემებში, მცირე მწარმოებლობის თბურ ტუმბოებსა და საყოფაცხოვრებო მაცივრებში. ტრანსკრიტიკული სასაცივრო



სისტემები პრაქტიკულად არ გამოიყენება საწარმოო სასაცივრო დანადგარებში. CO₂ უფრო მეტად გამოიყენება კასკადურ სასაცივრო სისტემებში, რაც გამოწვეულია იმით, რომ მუშა წნევის დიაპაზონი საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ სტანდარტული მოწყობილობები.

ნახშირბადის დიოქსიდზე CO₂ (R744)-ზე მომუშავე ტრანსკრიტიკული მაცივარი-მანქანა გამოირჩევა დიდი მოცულობითი მწარმოებლობით, კომპრესორის ცილინდრის გაბარიტებით, სასაცივრო მილგაყვანილობის მცირე დიამეტრით, სითბოს რეგენერაციის მაღალი პოტენციალით და ენერგოეფექტურობით.



მუშა სხეულის მახასიათებლების მიხედვით ასეთი მაცივარი-დანადგარები გამოირჩევიან: ოზონდამშლელი ნულოვანი პოტენციალით, გლობალური დათბობის დაბალი პოტენციალით, ძალზე დაბალი ღირებულებით, არატოქსიკურობითა და არააალებადობით. ნახშირბადის დიოქსიდი CO₂ (R744) ერთ-ერთი პირველი მაცივარაგენტი, რომელიც გამოიყენებოდა სასაცივრო სისტემებში. ქლორფტორნახშირბადების გამოჩენის შემდეგ ნახშირბადის დიოქსიდმა გადაინაცვლა მეორე პლანზე მანამ, სანამ მსოფლიომ არ გააცნობიერა ოზონის შრის

დაშლის პრობლემები, რის შემდეგაც ნახშირბადის დიოქსიდის სასაცივრო სისტემებში გამოყენება კვლავ დადგა დღის წესრიგში.

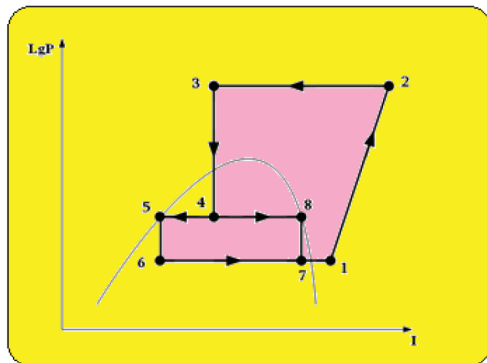
უნდა გვახსოვდეს, რომ იმ თვისებებით, რომლებითაც გამოირჩევა ნახშირბადის დიოქსიდი სხვა მაცივარაგენტებისაგან, ამ მაცივარაგენტზე მომუშავე მაცივარი მანქანა-დანადგარების პროექტირება, მონტაჟი და ექსპლოატაცია მოითხოვს სპეციალურ მომზადებას.

ნახშირბადის დიოქსიდი გამოირჩევა მთელი რიგი უარყოფითი თვისებებითაც: ძალზე მაღალი მუშა წნევა, რაც დიდ საშიშროებას უქმნის მაცივარი-მანქანის უსაფრთხოებას, დაბალი კრიტიკული წერტილი (+31°C), დიდი კაპიტალური დანახარჯები, ნახშირბადის დიოქსიდის უსაფრთხოების მიმართ არსებობს განსაკუთრებული მოთხოვნები: მაცივარ-მანქანის ხანგრძლივი გაჩერებისათვის საჭიროა სპეციალური სასაცივრო მოწყობილობები და ბოლოს კომპანიებს, რომლებიც მუშაობენ ნახშირბადის დიოქსიდზე, მოეთხოვებათ მაცივარი-მანქანების მომსახურების დიდი გამოცდილება. როგორც ცნობილია, CO₂ (R744)-სათვის კრიტიკული ტემპერატურა (ორთქლის მაქსიმალური ტემპერატურა, რომლის დროსაც შეუძლებელია აირის გათხევადება) 31,1°C-ია. ეს ნიშნავს, რომ თბოგაცემა კონდენსაციის გზით ამ მაცივარაგენტისათვის შესაძლებელია მისი გაცივებით 31,1°C-ზე ქვემოთ. თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ თბომცვლელში კონდენსაციისათვის გარემო ჰაერის ტემპერატურა უნდა იყოს 5-10°C-ით ნაკლები კრიტიკულ ტემპერატურაზე, მაშინ სისტემებისათვის, რომლებიც მუშაობენ CO₂-ზე, კონდენსაცია შეწყდება 25°C-ზე (ნახშირბადის დიოქსიდის, როგორც მაცივარაგენტის, დადებითი და უარყოფითი მახასიათებლები წარმოდგენილია დანართში 4, ცხრილი 6).

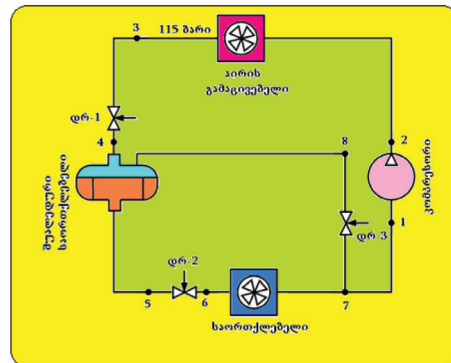
ნიშნავს თუ არა ეს, რომ ნახშირბადის დიოქსიდის გამოყენება უფრო მაღალ ტემპერატურებზე შეუძლებელია? რა თქმა უნდა – არა. უბრალოდ, თბოგაცემა ასეთ დანადგარებში უნდა მოხდეს არაკონდენსაციის გზით. სასაცივრო სისტემებს, სადაც მუშა სხეული გადის სუბკრიტიკულ და სუპერკრიტიკულ მდგომარეობებს, ეწოდება ტრანსკრიტიკული სასაცივრო სისტემები.

ინოვაციური მაცივარი-დანადგარის სასაცივრო ციკლი I-LgP დიაგრამაზე ნაჩვენებია სურათზე 20, ხოლო მაცივარი-მანქანის პრინციპული სქემა წარმოდგენილია სურათზე 21. წარმოდგენილ

ინოვაციურ ტრანსკრიტიკულ სასაცივრო სისტემაში, რომელიც მუშაობს CO₂-ზე, კომპრესორი ქირხნის აირს კრიტიკული წნევის (74 ბარი) ზევით (წირი 1-2). ამ შემთხვევაში კონდენსატორი ასრულებს აირის გამაცივებლის როლს და ამცირებს დაქირხნული აირის ტემპერატურას სითხის ფაზაში გადასვლის გარეშე (წირი 2-3).



სურ. 20. ტრანსკრიტიკული სასაცივრო ციკლი CO₂ (R744)-ისათვის I-LgP დიაგრამაზე



სურ. 21. ტრანსკრიტიკულ ციკლზე მომუშავე მაცივარ-დანადგარი

გაცივებული CO₂ გადის რედუქცირებად სარქველში (წირი 3-4). ამ დროს მისი ნაწილი გადადის სითხეში, ხოლო ნაწილი კი რჩება გაზობრივ მდგომარეობაში. საორთქლებელ მოცულობაში წნევის ვარდნის კონტროლირებადი სარქველით საშუალებდო წნევაზე ხდება სითხის და აირის ერთმანეთისაგან განცალკევება (წირები 4-5 და 4-8). სითხე დროსელური მოწყობილობის გავლით მიეწოდება საორთქლებელს (წირი 5-6), აირი კი დროსელური მოწყობილობის გავლით – კომპრესორის შემწოვ მილს (წირი 8-7). საორთქლებელში სითხე დუღს (წირი 6-7) და მიღებული ორთქლი 8-7 წირზე დროსელირებისას მიღებულ ორთქლთან შერევისას შეიწოვება კომპრესორის მიერ (წირი 7-1).

ნახშირბადის დიოქსიდი წარმოადგენს ერთ-ერთ ოზონუსაფრთხო ალტერნატიულ მაცივარაგენტს და რადგანაც მსოფლიოში ეტაპობრივად მიმდინარეობს ოზონდამშლელი მაცივარაგენტების ამოღების პროცესი, ამიტომ ამ მაცივარაგენტზე გადასვლის გზების ძიება და ტექნოლოგიების შემუშავება „მონრეალის ოქმის“ და „ვენის კონვენციის“ წევრი ქვეყნების ძირითადი ამოცანაა.

წარმოდგენილ ინოვაციურ ტრანსკრიტიკულ ციკლზე მომუშავე მაცივარ-დანადგარები, რომლებიც მაცივარაგენტად გამოიყენებენ CO₂-ს, გამოყენება შეიძლება ჰაერის კონდიციონირებისას, თბურ ტუმბოებსა და მცირე სასაცივრო დანადგარებში.

დღესდღეობით ჩრდილოეთ ამერიკაში მიმდინარეობს ავტორეფრიკატორებსა და მაღალ-ეფექტურ კონტეინერებში ნახშირორჟანგის გამოყენების ცდები. პროგრამა SNAP-ს მიაჩნია, რომ ნახშირორჟანგი მისაღებია სასაცივრო აგენტად გამოსაყენებლად. მსგავს სისტემებს თითქმის არ გააჩნია მოძრავი ნაწილები, რომლებიც ითხოვენ გამოცვლას და მომსახურებას. ამასთანავე, არ გამოსცემენ ხმაურს და მაცივრის კარების გაღებისას სწრაფად აღიდგენენ საკანში ტემპერატურას.

ნახშირორჟანგის სითხე უეცრად გადადის გაზის მდგომარეობაში და მომენტალურად შთანთქავს სითბოს.

არის ვარიანტი, რომ გათხევადებული ნახშირორჟანგი გაივლის კლაკნილა ან ფირფიტოვან თბომცვლელს და აორთქლებული აირი გამოიშვება გარეთ.

მესამე ტიპის სისტემებში მყარი ნახშირორჟანგი ინახება ქერზე მოწყობილ ბუნკერში, მთელი ქერის გასწვრივ და აციებს ჰაერს დნობის საფუძველზე.

2012 წელს მსოფლიოში პირველად მოხდა ნახშირწყალბადზე მომუშავე -22°C -დან $+13^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის დანადგარების სავალი გამოცდა, ჩატარდა ატლანტიკისა და წყნარი ოკეანის სანაპიროების გასწვრივ და მიიღო მაღალი შეფასება – იგი აღმოჩნდა ეკოლოგიურად ყველაზე მისაღები ვარიანტი. სისტემა შედგებოდა ცვლადი ბრუნვის სინქარის ამძრავთა მრავალ-საფეხურიანი კომპრესორისაგან, გაზის გამაციებლისაგან, გამაფართოებელი ბაკისაგან. სისტემის ასეთმა გამოცდამ აჩვენა, რომ ყველა სხვა მოდელზეთან შედარებით სათბურის გაზების გამოყოფა 28%-ით შემცირდა, რაც ყველაზე ეფექტური მაჩვენებელია სხვა სამრეწველო დანადგარებთან შედარებით.

2004 წელს არიზონას შტატში გამოსცადეს ნახშირორჟანგზე (CO_2) მომუშავე ავტომობილის კონდიციონერი (ეს შტატი ერთ-ერთი ცხელი შტატია ამერიკაში, სადაც გარე ტემპერატურა $+43^{\circ}\text{C}$ -ია), ხოლო 2009 წელს ჩრდილოეთ ამერიკაში საქალაქთაშორისო ავტობუსებზე ამგვარი კონდიციონერები გამოიყენეს. პროგრამა SNAP-მა მოიწონა ეს ტექნოლოგია.

სასაცივრო ტრანსპორტის გადაზიდვის დაახლოებით 65% ალჭურვილია ნახშირწყალბადების სასაცივრო-საკონტეინერო დანადგარებით, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ჩრდილოეთ ამერიკის ბაზარზე, რათა შეემონმებიანთ საიმედოობა და ეფექტურობა პლანეტის ნებისმიერ კუთხეში ნებისმიერი ტემპერატურის პირობებში.

9.3. წყალი

აშშ-ში ჰაერის კონდიცირების ტექნოლოგიის სისტემების სეგმენტში ყველაზე პოპულარულია აბსორბციული სასაცივრო დანადგარები. დანერგილია და გამოიყენება განსაკუთრებით დიდი წარმადობის ობიექტებზე, როგორიცაა სამედიცინო ცენტრი ნიუ-იორკში (ორი ორსაფეხურიანი მაღალწნევიანი აბსორბციული დანადგარის ჩილერი, საერთო 800 და 1000 სასაცივრო ტონა გაცივების სიმძლავრის. ეფექტურობა – დაახლოებით 50% ელ. ენერგიის ეკონომია); ნაციონალური სამედიცინო ცენტრი ჩიკაგოში (ორსაფეხურიანი აბსორბციული სასაცივრო დანადგარი წარმადობით 2500 სასაცივრო ტონა); მოხუცებულთა სახლი კანადაში (105 კვტ. აბსორბციული ჩილერი); ახალი ელექტროსადგური ნიუ-ჯერსიში (კოგენერაციული სისტემა, მოწყობილი აბსორბციული ჩილერებით) და სხვ.

პიტსბურგის სასწავლო დაწესებულებაში ჰაერის კონდიცირებასა და გათბობაზე გამოიყენება 16 კვტ-იანი ჩილერები, რომლებიც იკვებებიან ბიოდიზელის საწვავით და მზის ენერგიით. ანალოგიური ენერგიით იკვებება შეერთებული შტატების ბევრი სასწავლო დაწესებულება (საშუალო სკოლა არიზონაში, კოლუმბიის უნივერსიტეტის სამედიცინო ცენტრი ნიუ-იორკის შტატში და ბევრი სხვა სამედიცინო დაწესებულება).

ასევე აბსორბციული და ადსორბციული ჩილერები გამოიყენება აშშ-ის სხვადასხვა ობიექტზე – სასტუმროებში, მუზეუმებში, კინოთეატრებში, აეროპორტებში, საკონფერენციო დარბაზებში და ა. შ.

ეს ახალი დანადგარები საშუალებას იძლევიან 40-50%-ით შემცირდეს ელექტროენერგიის ხარჯი.

ახლახან დამუშავდა და გამოიყენდა მაღალი სიცივის მწარმოებლობის სამსაფეხურიანი ჩილერი.

კანადაში, მექსიკასა და აშშ-ში „ეკოსისტემური“ მიდგომით უკვე ფართოდ გამოიყენება ბუნებრივ მაცივარაგენტებზე (როგორიცაა ამიაკი, ნახშირბადის დიოქსიდი, ნახშირწყალბადები და წყალი) მომუშავე ტექნოლოგიური დანადგარები.

ბოლო წლებში ჩრდილოეთ ამერიკის სასაცივრო ქსელში R22 (HCFC-22) მაცივარაგენტის ამოღებით ძირფესვიანი ცვლილებები მოხდა სასაცივრო დანადგარების ტექნიკასა და ტექნოლოგიებში. R22 (HCFC-22) მაცივარაგენტები შეიცვალა ამიაკით, ნახშირბადის დიოქსიდით და ამიაკნახშირწყალბადების სასაცივრო კასკადური სისტემებით.

10. კონდიციონერების წარმოება პროპანის გამოყენებით

პროპანზე მომუშავე საყოფაცხოვრებო კონდიციონერის სერიული მოდელის შემუშავებისას სერიოზულ წინააღმდეგობებს ჰქონდა ადგილი, როგორც უსაფრთხოების მოთხოვნების მხრივ, ისე ენერგოეფექტურობის თვალსაზრისით.

პრობლემის მოგვარების ერთ-ერთი გზა აღმოჩნდა უფრო ნაკლები დიამეტრის მილებიანი კონდენსატორების გამოყენება – 5 მმ-იანი ნაცვლად 7 მმ-იანისა. ამ დროს პროპანიანი კონდიციონერის სიცივემწარმოებლობა, HCFC-22-თან შედარებით, მცირდება მხოლოდ 0,5%-ით. მაცივარაგენტის რაოდენობა კონტურში შეადგენს 355 გ-ს. პრობლემა 5მმ-იანი დიამეტრის მილებიანი კონდენსატორების ხელმისაწვდომობა, რადგან მათ მხოლოდ ერთი კომპანია აწარმოებს.

მეორე გზა – მიკროარხიანი თბოგადაცემის გამოყენება, 50-არხიანი კონდენსატორის გამოყენება, ნაცვლად ეფექტური კომპრესორისა, იძლევა საშუალებას მივაღწიოთ შემდეგ შედეგებს:

- სიცივემწარმოებლობა 3%-ზე ნაკლებია
- მაცივარაგენტის რაოდენობა – საშუალოდ 360 გ.

ვინაიდან პროპანი ადვილად აალებადია, საკვლევ ლაბორატორიაში, სადაც შეისწავლებოდა საყოფაცხოვრებო კონდიციონერებში მისი გამოყენების შესაძლებლობა, შემოიღეს უსაფრთხოების ზომები: გადამწოდს ჰქონდა უნარი, გამოეგლინებინა აირის გადინება ტესტირების კამერის ნებისმიერი ადგილიდან; ლაბორატორიაში იყო გამაფრთხილებელი წარწერები, აგრეთვე უსაფრთხოების დაცვის ინსტრუქციები, ხოლო წარმოებაში მაცივარაგენტის შემნახველებში, მაცივარაგენტის ხაზზე, პროდუქტის ტესტირების კამერაში, სარემონტო საამქროში აირის მიმწოდები და სისტემიდან აირის გაუონვის მაუწყებელი.

ამის გარდა, მაცივარაგენტის შევსების ხაზზე, პროდუქციის ტესტირების კამერასა და სარემონტო საამქროში გათვალისწინებული იყო სავალდებულო განიავების სისტემა.

დანართში 5, ცხრილში 7 წარმოდგენილია HCFC-22 და R290 მაცივარაგენტებზე მომუშავე კონდიციონერების შედარებითი მახასიათებლები.

2008 წლის დეკემბერში კომპანია GREE-ის მიერ დამუშავებულმა მაცივარაგენტმა R290 გაიარა ინსპექტირება საყოფაცხოვრებო ტექნიკის მწარმოებელთა ჩინეთის ასოციაციაში (CHEAA). 2010 წლის სექტემბერში კომპანია GREE (ჩინეთი) გახდა კლიმატური მოწყობილობის პირველი მწარმოებელი, რომელმაც R290-ზე მიიღო საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისია VDE-ის პირველი სერტიფიკატი, რაც უფლებას აძლევს გაყიდოს ეს მაცივარაგენტი გერმანიასა და ევროკავშირის სხვა ქვეყნებში. აქამდე მისი გამოყენება კლიმატურ ტექნიკაში შეზღუდული იყო პოტენციური ხანძარსაშიშროების გამო. მაგრამ მიღებული სერტიფიკატი აჩვენებს, რომ კომპანიამ მოახერხა პროპანზე მომუშავე უსაფრთხო კონდიციონერის შექმნა, რომელიც აკმაყოფილებს ევროკავშირის მკაცრ სტანდარტებს. სპეციალისტებმა წარმატებით გადაწყვიტეს რთული ამოცანების მთელი კომპლექსი, ისეთები, როგორიცაა ახალი კომპრესორის დამუშავება,

კონტროლი დასატენი მაცივარაგენტის რაოდენობაზე, გაუონვის თავიდან აცილება, ცეცხლის წყაროებისგან იზოლაცია და მართვის სისტემის ცვლილება.

მსოფლიოში პროპანზე – R290-ზე მომუშავე კონდიციონერების პირველი სერიული წარმოება კომპანიამ GREE დაიწყო 2011 წელს. მის ქარხანაში ქ. ჩუხუაში (ჩინეთი) წელიწადში 100 ათასზე მეტ პროპანზე მომუშავე სპლიტსისტემას აწარმოებენ. 2012 წლის ზაფხულში კომპანიამ ასევე დაიწყო ამ ეკოლოგიურად უსაფრთხო მაცივარაგენტზე მომუშავე მობილური კონდიციონერებისა და ჰაერის საშრობების წარმოება.

გერმანიის მთავრობამ VDE-ს, CHEAA-სა და GIZ-ს (საერთაშორისო თანამშრომლობის გერმანული სააგენტო) შორის თანამშრომლობის ხელშეკრულება დადო. კომპანია GREE-ს გამოეყო 1,05 მლნ. ევრო პროპანზე მომუშავე კონდიციონერების პროექტირებისა და საწარმოო ხაზის მშენებლობისათვის, ყოველწლიურად 100 000 ცალის წარმოების მოცულობით. ეს საწარმოო ხაზი შეძლებს გამოუშვას ინვერტორული და არაინვერტორული სპლიტსისტემები, ფანჯრის კონდიციონერები, მობილური კონდიციონერები და საშრობები ევროპის ბაზარზე მისაწოდებლად. GREE, როგორც კონდიციონერების ერთ-ერთი უმსხვილესი მწარმოებელი მსოფლიოში, მუდმივად აუმჯობესებს ძირითად ტექნოლოგიებს, რაც საშუალებას აძლევს შექმნას ყველაზე მოწინავე პროდუქცია მსოფლიოში.

ამგვარად, პროპანი უზრუნველყოფს კონდიციონერების მუშაობის ეფექტურობას ისე, რომ აალებასთან დაკავშირებული რისკი მინიმუმამდე იყოს დაყვანილი. პროპანის კონდიციონერების გამოცდამ აჩვენა, რომ მაღალი ტემპერატურის დროს COP და R290 მაცივარაგენტებზე მომუშავე კონდიციონერების მოდელის შედარება HCFC-22 მაცივარაგენტზე მომუშავესთან თანაბარია, რაც ამტკიცებს, რომ პროპანის გამოყენება, როგორც მაცივარაგენტისა, შესაძლებელია ცხელი ქვეყნების პირობებშიც.

11. ოზონუსაფრთხო მაცივარგანტების გამოყენების პერსპექტივაები საყოფაცხოვრებო სასაცხირო მოწყობილობებში

მაცივარაგენტი (შემოკლება სიტყვიდან სასაცხირო აგენტი) ეწოდება ატმოსფერულ წნევაზე დაბალი დუდილის ტემპერატურის მქონე მუშა სხეულს, რომლის მეშვეობითაც ხდება გაცივება აბსორბციულ და კომპრესიულ მაცივარ-მანქანებში. საყოფაცხოვრებო აბსორბციულ მაცივრებში მუშა სხეულად იყენებენ წყალ-ამიაკის ხსნარს, ხოლო კომპრესიულ მაცივარმანქანებში – სხვადასხვა მარკის მაცივარაგენტებს. თერმოელექტრულ მაცივრებში მაცივარაგენტები არ გამოიყენება. ამ დროს ელექტროენერგია გარდაიქმნება სითბურ ენერგიად. როდესაც მუდმივი ელექტრული დენი გაივლის თერმოელექტრული მაცივრის ნახევარგამტარულ ელემენტებში, ელემენტების შიგა ზედაპირი გაცივდება, ხოლო გარე ზედაპირი გაცხელდება.

ყველა მაცივარაგენტს, რომელიც წარმოადგენს მუშა სხეულს, მინიჭებული აქვს სახელმწიფო და საერთაშორისო სტანდარტი. მაცივარაგენტები უნდა იყვნენ ნეიტრალური იმ მეტალების, შენადნობების და სხვა მასალების მიმართ, რომლებიც გამოიყენება მაცივარაგრეგატების და-სამზადებლად. ისინი არ უნდა იყვნენ ფეთქებადსაშიში და მომწამვლელი. მათ ადამიანში არ უნდა გამოიწვიონ ხუთვა და მხედველობისა და სასუნთქი ორგანოების გაღიზიანება. მათ არ უნდა დააბინძურონ გარემო და უნდა იყვნენ ოზონუსაფრთხო. მათ არ უნდა მოახდინონ ზეგავლენა ოზონის ხვრელებზე და გლობალურ დათბობაზე და არ უნდა გამოიწვიონ სათბურის ეფექტი.

ნორმალურ ატმოსფერულ წნევაზე კომპრესიული მაცივრებისათვის გამოყენებული ყველა მაცივარაგენტი აირად მდგომარეობაშია. ჰერმეტიკულ მოცულობაში ისინი წნევის ზემოქმედების შედეგად თხევადდებიან და ინახებიან ამ მდგომარეობაში. მაცივარაგენტების ფაზური მდგომარეობა ჰერმეტიკულ სასაცხირო აგრეგატებში დამოკიდებულია მათ ყოველ ელემენტში წნევასა და ტემპერატურაზე. მაღალ წნევაზე ისინი სითხის ფაზაში არიან, ხოლო დაბალ წნევაზე კი – ორთქლის ფაზაში.



დაჭირხვნისას მაცივარაგენტები ხურდებიან, ხოლო გაფართოებისას (საორთქლებელში დუღილისას) ცივდებიან. კომპრესორში აუცილებლად უნდა მოხდეს აირად ფაზაში მყოფი მაცივარაგენტი, რათა არ მოხდეს ჰიდრავლიკური დარტყმა და ამან არ გამოიწვიოს კომპრესორის დეტალების დაზიანება. აირადი მაცივარაგენტი კომპრესორში იჭირხნება და ამ დროს გამოიყოფა სითბო, ამიტომ კომპრესორის დამჭირხნი მილი მისი მუშაობისას ყოველთვის ხურდება. კომპრესორიდან მაცივარაგენტის ცხელი ორთქლი ხვდება კონდენსატორში, სადაც თანდათანობით ცივდება და საბოლოოდ გადადის სითხის ფაზაში. კონდენსატორის შემავალ მილში მაცივარაგენტი აირად მდგომარეობაშია, რომლის ტემპერატურაც გარემოს ტემპერატურაზე გაცილებით მაღალია. კონდენსატორში მაცივარაგენტის მოძრაობისას ჩნდება სითხის პირველი წვეთები, კონდენსატორის მილგაყვანილობის ბოლოში კი მაცივარაგენტი მთლიანად სითხის სახით გვევლინება.

კომპრესორის მუშაობისას მისი დამჭირხნი მილგაყვანილობა და კონდენსატორში შემავალი მილი უნდა იყოს ცხელი, ხოლო კონდენსატორის მილგაყვანილობის ბოლო ხვია კი – გარემო ჰაერზე ოდნავ თბილი.

კონდენსატორიდან თხევადი მაცივარაგენტი ხვდება კაპილარულ მილში, სადაც მიმდინარეობს დროსელირების პროცესი (მაცივარაგენტის წნევა და ტემპერატურა მკვეთრად ეცემა). ამის შემდგომ მაცივარაგენტი ხვდება საორთქლებელში, სადაც იგი დულს, მიმდინარეობს ფაზური გადასვლა სითხიდან ორთქლში, რასაც თან სდევს სითბოს არჩენა.

პირველი კომპრესიული მაცივრები მუშაობდნენ გოგირდმუავაზე. ეს ნივთიერება ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ძალზე საშიშია და აქვს არასასიამოვნო სუნი.

გასული საუკუნის 50-იანი წლებიდან 80-იან წლებამდე ყველა წარმოების საყოფაცხოვრებო კომპრესიულ მაცივრებში მაცივარაგენტად გამოიყენებოდა CFC-12, რომელიც ჩვეულებრივ პირობებში წარმოადგენს ნეიტრალურ აირს ფერისა და სუნის გარეშე. იგი ადამიანის ჯანმრთელობისათვის უსაფრთხოდ ითვლებოდა. საყოფაცხოვრებო მაცივრებში მისი ჩატვირთვის ნორმა მერყეობდა 70-150 გრამის ფარგლებში. ამავე წლებში კომპრესორების შესაბამისად გამოიყენებოდა მინერალური სასაცივრო ზეთები, რომლებიც ადვილად იხსნებოდნენ ძველ მაცივარაგენტებში.

მსოფლიოში წარმოებულ პრაქტიკულად ყველა საყოფაცხოვრებო მაცივარში უკვე ახალი მაცივარაგენტები გამოიყენება, რომლებიც არ შეიცავენ ოზონდამშლელ ნივთიერებებს. თანამედროვე პირობებში ძირითად მაცივარაგენტებს წარმოადგენენ იზობუთანი (R600a) და ჰფნ-134a. ამჟამად მსოფლიოში გამოშვებული საყოფაცხოვრებო სასაცივრო მოწყობილობების 50%-ზე მეტი შეიცავს R600a-ს, ხოლო ყველა დანარჩენი – ჰფნ-134a-ს. მოწყობილობების დაახლოებით 1% მუშაობს ჰფნ-134a-ზე, ჰფნ-22-ზე ან მათ ნარევეზე, მათ ფუძეზე. ამგვარად, ქვეყნებში, რომლებიც არ შედიან „მონრეალის ოქმის“ მე-5 მუხლში (განვითარებული ქვეყნები), ყოველწლიურად მოიხმარება 3,8 ათას ტონამდე ჰფნ-134a, ხოლო იმავე ოქმის მუხლი 5 ქვეყნებში (განვითარებადი ქვეყნები) – 7,7 ათასი ტ. ასეთი განსხვავება რეგიონული მიზებით აიხსნება: ევროპაში წარმოებული მაცივრებისა და საყინულების დიდი უმრავლესობა შეიცავს R600a-ს, სხვა რეგიონებში კი ეს მაცივარაგენტი ნაკლებად არის გავრცელებული. R600a-ზე მომუშავე მოწყობილობების წარმოება ფართოდაა გავრცელებული აზიაში, ცოტა ნაკლებად – სამხრეთ და ცენტრალურ ამერიკაში, პრაქტიკულად არ არის ჩრდილოეთ ამერიკაში და იწყებს ზრდას ავსტრალიაში.

ახალი საყოფაცხოვრებო მაცივრებისა და საყინულების დამუშავებისას მთელი ძალისხმევა მიმართულია ენერგოეფექტურობის გაზრდისაკენ გაუმჯობესებული კომპონენტების გამოყენების

საშუალებით. ტექნოლოგიების განვითარებით გრძელდება თანდათანობითი ცვლილებების შეტანა ნაკეთობის კონსტრუქციაში, რომლის მიზანს წარმოადგენს R134a-დან R600a-ზე გადასვლა. CFC-12-ის ბრუნვიდან ამოღების შემდეგ HFC-134a გახდა ძირითადი მაცივარაგენტი, გამოყენებული საყოფაცხოვრებო სასაცივრო მოწყობილობებში.

ეს მაცივარაგენტი მიეკუთვნება უსაფრთხოების კლასს A1 (დაბალტოქსიკური და ძნელად წვადი ნივთიერება) და მაშასადამე, არ წარმოადგენს საფრთხეს საყოფაცხოვრებო მაცივრებისა და საყინულეების უსაფრთხო ექსპლუატაციისათვის. R600a წარმოადგენს HFC-134a-ის ძირითად ალტერნატივას.

R600a დანერგვისას 1994 წელს ევროპაში შეიმჩნეოდა შეშფოთება მისი მაღალი წვის უნარიანობის გამო. ამჟამად ეს საკითხი უკვე მოგვარებულია საყოფაცხოვრებო მაცივრებში მაცივარაგენტის რაოდენობის შემცირების წყალობით (150 გ.-ზე ნაკლები, ტიპური – 65 გ.). აქამდე არ იყო დამუშავებული ახალი ალტერნატივები ასეთი ენერგოეფექტურობითა და კონკურენტული ფასით. R600a-ის გამოყენებას არსებითი დაბრკოლებები არ აქვს, რასაც ამტკიცებს დღეისათვის ბაზარზე ამ მაცივარაგენტზე მომუშავე 500 მლნ.-ზე მეტი საყოფაცხოვრებო მაცივრის არსებობა. მაგრამ ზოგიერთ რეგიონში (მაგალითად, აშშ) R600a პრაქტიკულად არ გამოიყენება, რასაც შეიძლება რამდენიმე მიზეზი ჰქონდეს. ეს არის საზოგადოებრივი უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ზოგადი პრობლემები და მის წვადობასთან დაკავშირებული უსაფრთხოებისა და ავარიების გამო შეცდომები, რაც გამოიხატება ეროვნულ სტანდარტებში მისი შეზღუდვითა თუ რეგიონში მისი გავრცელების ინიცირების სურვილის არქონით. მიუხედავად იმისა, რომ აშშ-ის კანონმდებლობა ჯერ კიდევ ზღუდავს R600a-ს გამოყენებას, 2011 წელს გარემოს დაცვის სააგენტომ (EPA) ჩართო R600a და ნახშირწყალბადების ნარევი (R441A) ახალი მნიშვნელოვანი ალტერნატივების პოლიტიკაში (SNAP) საყოფაცხოვრებო და მცირე კომერციული (სავაჭრო) მაცივრებისა და საყინულეებისათვის. ამის შემდეგ ზოგიერთმა მწარმოებელმა აშშ-ში დაიწყო ზემოხსენებულ აგენტებზე მომუშავე მაღალი კლასის პროდუქტების წარმოება.

R600a წარმოადგენს სტანდარტულ მაცივარაგენტს, რომელიც გამოიყენება ევროპაში საყოფაცხოვრებო მაცივრებსა და საყინულეებში. ყოველწლიურად მსოფლიოში იწარმოება 50 მლნ.-ზე მეტი R600a-ზე მომუშავე ხელსაწყოები. ენერგოეფექტურობის გაზრდამ მნიშვნელოვნად შეამცირა კლიმატზე საყოფაცხოვრებო მაცივრების ზემოქმედება პირდაპირი (მაცივარაგენტის გამონატყორცნი) და არაპირდაპირი (ელექტროენერგიის მოხმარებასთან დაკავშირებული CO₂-ის გამონატყორცნი) გამონატყორცნების შემცირების წყალობით. HFO-1234yf-ის გამოყენება საყოფაცხოვრებო მაცივრებსა და საყინულეებში ტექნიკურად შესაძლებელია და ზოგიერთ ქვეყანაში შეიძლება იყოს HFC-134a-დან R600a-ზე გადასვლის გარდამავალი ეტაპი, რამდენადაც HFO-1234yf-ის წნევა და სიმძლავრე ცოტა დაბალია, ვიდრე HFO-134a-ისა, ხოლო წვადობა ნაკლები, ვიდრე R600a-ის, რაც ამარტივებს ამ მაცივარაგენტის გამოყენებას ქვეყნებში, სადაც მკაცრი შეზღუდვები მოქმედებს R600a-ის გამოყენებაზე.

90-იანი წლების ბოლოს გერმანიაში დაიწყო საყოფაცხოვრებო მაცივრებში იზობუტანის R600a გამოყენება, რომელსაც შეთავსებადობა აქვს მინერალურ ზეთებთან. იგი არ აზიანებს ოზონის შრეს და არ გააჩნია სათბურის ეფექტი, ამიტომაც გამოყენების ფართო დიაპაზონი აქვს. საერთოდ, ნახშირწყალბადებზე მომუშავე მაცივრები გამოირჩევიან დიდი ეკონომიურობით, რადგან მათში მაცივარაგენტის ჩასატვირთი დოზა მნიშვნელოვნად შემცირებულია. ყველაზე ეკონომიური მაცივრები, A+ და A++ ენერგომოხმარების კლასებით, მუშაობენ R600a მაცივარაგენტზე.

იზობუტანი მსოფლიოში 700 მილიონ საყოფაცხოვრებო მაცივარში გამოიყენება და მისი წარმოების წილი საყოფაცხოვრებო მაცივრებში ყოველწლიურად 40%-ით იზრდება.

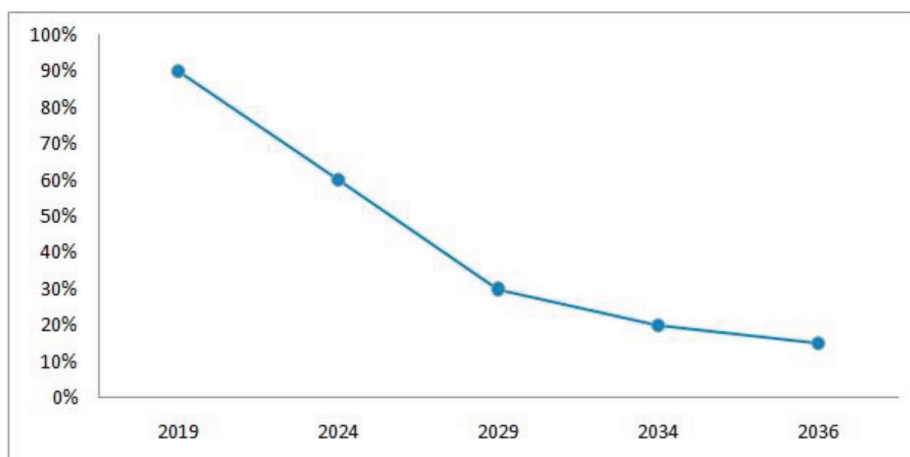
12. ჰიდროფტორნახშირწყალბადების გამოყენების შეზღუდვების შესახებ

ჰიდროფტორნახშირწყალბადები (HFC) – ოზონდამშლელი ნივთიერებების შემცველები გამოყენებულია ჰაერის კონდიციონერების დანადგარებში, სასაცივრო მოწყობილობებში, ქაფი-ან თბოიზოლაციურებსა და სხვა დარგებში, მაგრამ მათ აქვთ განსაკუთრებით მაღალი გლობალური დათბობის პოტენციალი (140-11 700). HFC-ის მოხმარების რაოდენობა წელიწადში 10-15%-ით იზრდება. ემისიები დიდი არ არის, მაგრამ სწრაფად იზრდება. ისინი შედიან „კიოტოს პროტოკოლის“ ე.წ. ახალი აირების რიცხვში, რადგან სითბოს ათასჯერ უფრო ეფექტურად აკავებენ, ვიდრე ნახშირბადის დიოქსიდი.

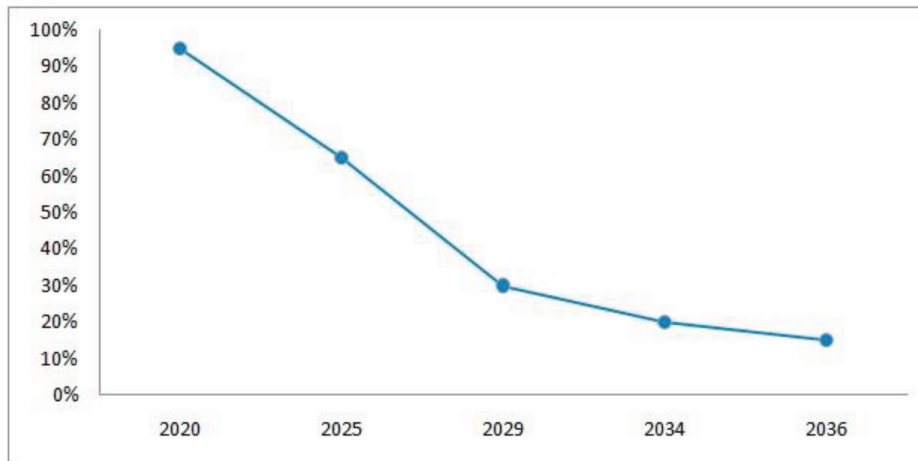
2016 წლის 15 ოქტომბერს მიიღეს „მონრეალის ოქმის“ შესწორება ჰიდროფტორნახშირბადების გამონატორცნების შემცირების შესახებ, რომელიც საშუალებას იძლევა 0,5°C-ით შემცირდეს ტემპერატურის ზრდა პლანეტაზე. კიგალის შესწორება – ეს არის მსოფლიოს თითქმის 200 ქვეყნის წვლილი, შეტანილი გლობალური დათბობის არაუმეტეს 2°C-ის დონეზე შენარჩუნებაში, რომელიც განსაზღვრა პარიზის შეთანხმებამ (2015 წ). „კიგალის შესწორება“ კომპრომისული გადაწყვეტილებაა, რომელსაც წინ უძღოდა შვიდწლიანი მოლაპარაკებები. განვითარებულ ქვეყნებში ჰფნ-ის ხმარებიდან ამოღება 2019 წლიდან დაიწყება. განვითარებადი ქვეყნების უმეტესობაში მოხმარება გაიყინება 2024 წელს, ხოლო ხმარებიდან ამოღება დაიწყება 2029 წელს, მხოლოდ რამოდენიმე თბილ ქვეყანაში ეს ვადები გადაინევს: გაყინვა – 2028 წელს და გამოყვანა – 2032 წელს.

2040 წლის ბოლოს მოხმარებას ყველა ქვეყანა შეამცირებს 15-20 %-მდე საბაზო დონიდან.

სურ. 22 და 23-ზე წარმოდგენილია HFC-ის ხმარებიდან ამოღების გრაფიკი, შესაბამისად, განვითარებული ქვეყნების I (უმეტესობა განვითარებული ქვეყნები, გარდა II ჯგუფისა) და II ჯგუფისათვის (ბელარუსი, რუსეთი, ყაზახეთი, ტაჯიკეთი და უზბეკეთი). HFC-ის საბაზო დონე – 2011-2013წწ.-ის საშუალო მოხმარება.

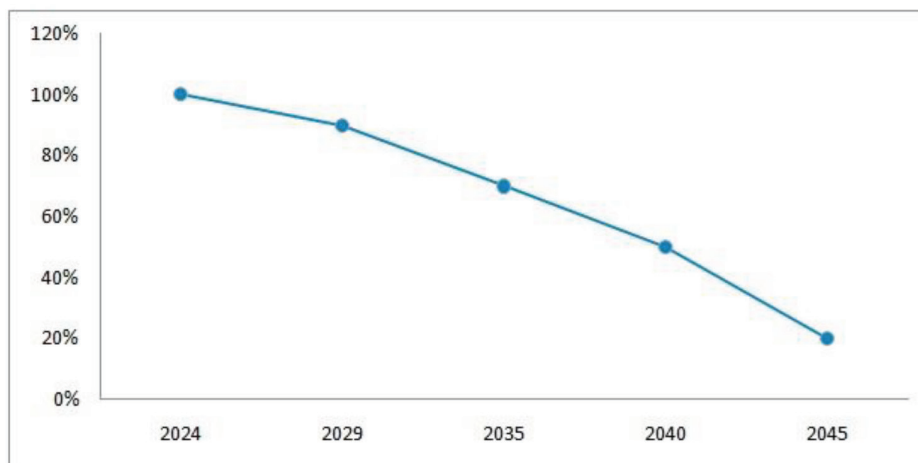


სურ. 22. HFC-ის ხმარებიდან ამოღების გრაფიკი განვითარებული ქვეყნების I ჯგუფისათვის



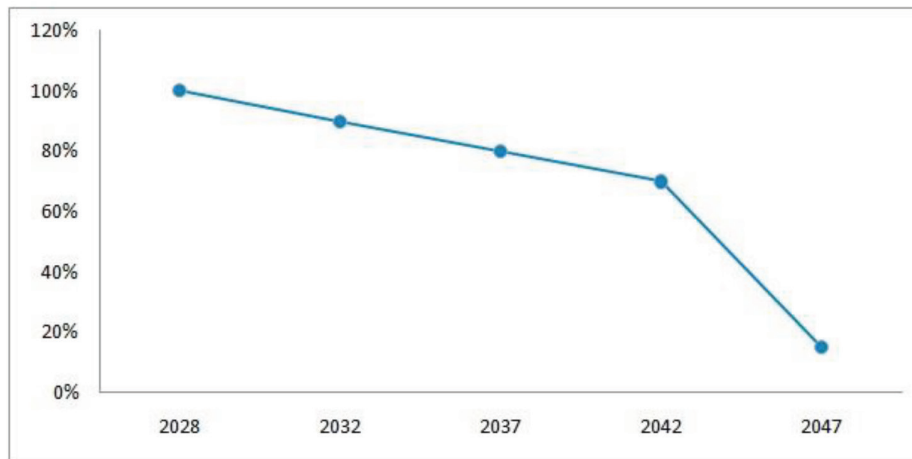
სურ. 23. HFC-ის ხმარებიდან ამოღების გრაფიკი განვითარებული ქვეყნების II ჯგუფისათვის

სურ. 24-სა და 25-ზე წარმოდგენილია HFC-ის ხმარებიდან ამოღების გრაფიკი, შესაბამისად, განვითარებადი ქვეყნების I ჯგუფისა (განვითარებადი ქვეყნების უმეტესობა, გარდა II ჯგუფისა) და II ჯგუფისათვის (ბახრეინი, ინდოეთი, ირანი, ერაყი, კუვეიტი, ომანი, პაკისტანი, საუდის არაბეთი). HFC საბაზო დონე – 2020-2022 წწ.-ის საშუალო მოხმარება.



სურ. 24. HFC-ის ხმარებიდან ამოღების გრაფიკი განვითარებადი ქვეყნების I ჯგუფისათვის

„მონრეალის პროტოკოლის“ მექანიზმებით, რომელმაც თავისი ეფექტურობა დაამტკიცა, CFC-სა და HCFC-ზე უარის თქმა თუ მოხდება, მაშინ უკვე 2050 წელს შეწყდება ატმოსფეროში გაზების მოხვედრა, რომლის სითბური ქმედება ეკვივალენტურია ასობით მილიარდი ტონა CO₂-ისა. თუ მხედველობაში იქნება მიღებული ეს ღონისძიებები, მაშინ 2100 წლისათვის ადგილი არ ექნება ტემპერატურის მატებას. გარდა ამისა, ასეთი მიდგომა ხელს შეუწყობს ენერგოეფექტურობის ზრდას, რომელმაც შეიძლება შეადგინოს 30-60%.



სურ. 24. HFC-ის ხმარებიდან ამოღების გრაფიკი განვითარებადი ქვეყნების II ჯგუფისათვის

ევროკომისიის მიერ მომზადებულ ანგარიშში ლაპარაკია ფტორის შემცველი სათბურის აირების გამონაბოლქვის შემცირების ღონისძიებაზე, რომელიც უნდა განხორციელდეს ამ აირის გამოყენებაზე უარის თქმით და უსაფრთხოებისა და ენერგოეფექტურობის უპირატესობით, სადაც გათვალისწინებული იქნება ალტერნატიული ტექნოლოგიები ნულოვანი ან მინიმალური ზემოქმედებით კლიმატზე. 2030 წლისათვის გამონაბოლქვი, 2010 წელთან შედარებით, 2/3-ით შემცირდება.

ალტერნატიული ტექნოლოგიების მხარდასაჭერად ახალი რეგლამენტი ითვალისწინებს სათბურის აირების ფტორის შემცველობასთან დაკავშირებით იმ პირების ინფორმირებას, რომლებიც შეასრულებენ სამუშაოს.

საბოლოოდ დოკუმენტი ითვალისწინებს 2030 წლისთვის ევროპის არეალში HFC-ის რაოდენობის 79%-ით შემცირებას, 2009-2012 წწ.-ის საშუალო წლიურ სიდიდესთან შედარებით (დანართი 6, ცხრილი 9). ევროკავშირის HFC-ს ბაზარზე განთავსებული რაოდენობის რეგულირება ხდება იმპორტიორების და მწარმოებლების კვოტის განაწილებით. კვოტები ნაწილდება არა მარტო სპეციალურ ტარაში მოთავსებულ ნივთიერებებზე, არამედ HFC-ზეც, წინასწარ გამართულ მზა მოწყობილობაზე.

ამასთანავე, რეგლამენტი განიხილავს HFC-ის გამოყენების ეტაპობრივ შეზღუდვას და სხვა ფტორის შემცველ აირებს. ასე რომ, 2020 წლის 1 იანვრიდან ძალაში უნდა შევიდეს ფტორის შემცველი აირების გამოყენება გლობალური დათბობის პოტენციალით (გდპ), არანაკლებ 2500 ტექნიკური მომსახურების ან მოწყობილობათა მიმდინარე რემონტი, თბური აირების შემცველობით არანაკლებ 40 ტონისა CO₂ ეკვივალენტური. ეს არ ვრცელდება სამხედრო ტექნიკაზე და დაბალტემპერატურულ სისტემებზე, რომლებიც გამოიყენება გაცივების მიზნით -50°C-მდე და ნაკლები. შესაბამისი მარკირების არსებობისას – 1.01 2030 წლამდე ტექნიკური მომსახურების და მიმდინარე რემონტისათვის შეიძლება გამოყენებული იყოს აღდგენილი ფტორის შემცველი აირი, არანაკლები 2500 გდპ-ის შემცველობით, აგრეთვე რეციკლირებული აირები, რომლებიც წინასწარ გამოყვანილია იმ მოწყობილობიდან.

HFC-ის ბაზარზე განთავსების აკრძალვის ვადა, გდპ-ისა და მისი გამოყენების არეალის მიხედვით, მოცემულია დანართში 6, ცხრილში 10. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს 2020 წლის 1 იანვრიდან მოხილურ კონდიციონერებში HFC-ის აკრძალვას არანაკლებ 150 გდპ-ით, ხოლო 2025 წლის 1 იანვრიდან ჰვენ არანაკლებ 750 გდპ-ით ერთი ზონის დანადგარებში, სადაც ხდება ჰაერის

კონდიციონერმა მაცივარაგენტით არა უმეტეს 3 კგ.-ისა (საყოფაცხოვრებო კონდიციონერები). ეს იმას ნიშნავს, რომ ევროპა ფაქტობრივად უკეტავს ბაზრის საყოფაცხოვრებო სეგმენტს ისეთ პოპულარულ მაცივარაგენტებს, როგორიცაა R134a და R410A. აღსანიშნავია, რომ კლიმატური ტექნიკის მწარმოებელთათვის ეს მოულოდნელი არ არის. იაპონიაში აქტიური სამუშაოები მიმდინარეობს ისეთი საყოფაცხოვრებო კონდიციონერების შექმნისა და სერტიფიცირებისათვის, რომელთაც დასჭირდებათ R32 (HFC, რომლის გდპ არ აღემატება 750), ხოლო ჩინეთი ისეთ საერთაშორისო ორგანიზაციებთან ურთიერთობით, როგორიცაა UNIDO და მონრეალის პროტოკოლის მრავალმხრივი ფონდი, განახორციელებს პროექტებს ნახშირწყალბადიან მაცივარაგენტებზე მომუშავე კონდიციონერების სერიულად გამოსაშვებად.

უნდა ითქვას, რომ რეგლამენტით აკრძალვები არ ეხება მოწყობილობებს მაღალი ენერგოეფექტურობითა და თბური გამონაბოლქვის მცირე რაოდენობით მომუშავე ციკლით, რომელიც CO₂-ის ეკვივალენტურია. მათი ექსპლუატაცია, ანალოგიურად მოწყობილობებისა, არ შეიცავს ჰფნ-ს.

რეგლამენტს აქვს მოთხოვნები მოწყობილობებსა და ფტორშემცველი აირების შემნახველი საცავების მარკირებაზე, ასევე ჰერმეტიკულობის პერიოდული შემოწმების მეთოდებზე, აღრიცხვიანობის წარმოებაზე, პერსონალის სწავლებასა და სერტიფიცირებაზე, ასევე სხვა ღონისძიებებზე, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ფტორის შემცველი გაზების გადინება.

13. ოზონდამშლელი ნივთიერებების უტილიზაცია – თანამედროვე მეთოდები

ხისტი ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან ჩვენი პლანეტის დამცავი ოზონის შრის შენარჩუნების ამოცანის მნიშვნელობა დღეს სადავო არ არის. ნახევარ საუკუნეზე მეტია ოზონდამშლელი ნივთიერებების შესახებ „მონრეალის ოქმის“ ხელმოწერილი ქვეყნები აქტიურად ამცირებენ ოდნის წარმოებასა და მოხმარებას. ამასთან, ოქმის მოთხოვნები არასგზით არ ეხება სასააცივრო და კლიმატურ მოწყობილობებში, ხანძარსაწინააღმდეგო უსაფრთხოების სისტემებსა და საიზოლაციო მასალებში უკვე გამოყენებულ ნივთიერებებს. ასეთი ნივთიერებების მარაგებს, მოწყობილობებში არსებულს, ხშირად უწოდებენ „ოდნ ბანკებს“. მიუხედავად ამისა, ასეთი ბანკები შეიძლება წარმოადგენდნენ სერიოზულ საშიშროებას ავარიის შემთხვევაში, მოწყობილობების ტექნიკური მომსახურების დროს ან ოდნის ნაკეთობის ექსპლუატაციის ვადის ამოწურვისას, როცა შესაძლოა მოხდნენ ატმოსფეროში. ზოგიერთი ოდნის გამოტყორცნა ხდება სწრაფად, ზოგიერთის – ძალიან ნელა, მრავალი წლის განმავლობაში. „მონრეალის ოქმის“ მიღების შემდეგ ქვეყნებმა გადადგეს რა ნებაყოფლობითი ნაბიჯები ოდნის გამონატყორცნის შესამცირებლად, ამჟამად მათ დაემატათ უფრო მნიშვნელოვანი ღონისძიებების გატარება „ოდნ ბანკების“ პრობლემის გადასაწყვეტად. გლობალური ეკოლოგიური ფონდის ბოლოდროინდელმა გამოკვლევებმა გამოავლინა, რომ ზოგიერთ ქვეყანაში, მათ შორის რუსეთის ფედერაციაში, არაკონდიციური ოდნ ინახება საწარმოებში, რომელთაც არ გააჩნიათ მათი უტილიზაციის შესაძლებლობანი. ამ მარაგების ეკოლოგიურად უსაფრთხო განადგურება საჭიროებს სასწრაფო გადაწყვეტილებების მიღებას.

ოზონდამშლელი ნივთიერებების განადგურების ტექნოლოგიები შეიძლება დაიყოს სამ კატეგორიად:

- დაწვა;
- პლაზმის რეაქციის გამოყენება;
- ტექნოლოგიები, რომლებშიც არ გამოიყენება დაწვა.

13.1 ოზონდამშლელი ნივთიერებების განადგურება დაწვის გზით

13.1.1. კრეკინგი რეაქტორში

კრეკინგი (ინგლ. Cracking – გახლეჩა) – ქიმიური ნაერთების მაღალტემპერატურული გადამუშავება, რომლის პროდუქტებს, როგორც წესი, ნაკლები მოლეკულური მასა აქვთ. რეაქტორში კრეკინგისათვის აუცილებელია წყალბადი საწვავად და ჟანგბადი დამჟანგველად. განადგურების ასეთი მეთოდი საშუალებას იძლევა შემცირდეს გამოშვებული აირის მოცულობა და, შესაბამისად, დამაბინძურებლების გამონატყორცნები. რეაქტორი ქლორფტორნახშირბადების კრეკინგისათვის შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან:

- გრაფიტის ცილინდრული სარეაქციო კამერა, დაცული გადახურებისაგან ფოლადის გარსაცმით წყლით გაცივებით;
- ქვანახშირის დაწვის წყალბად-ჟანგბადის სისტემა, მოთავსებული სარეაქციო კამერაში;
- მოდულური თბოგადამცემი მუშავამძლე გრაფიტისაგან, მოთავსებული უშუალოდ სარეაქციო კამერის ქვეშ და დაცული გადახურებისაგან ფოლადის გარსაცმით წყლით გაცივებით;

ნამუშევარი აირები და ამოღებული მაცივარაგენტები იწვება ჟანგბად-წყალბადის სანთურზე და იშლება მლღობ მჟავად (HF), მარილმჟავად (HCl), ნახშირორჟანგად (CO₂), წყლად და მცირე რაოდენობით ქლორად. თბოგადამცემში წვის პროდუქტები ცივდება, ხოლო მჟავა აირები იწმინდება. გამოსავალში წარმოიქმნება კომერციული გამოყენებისათვის ვარგისი 55%-იანი მლღობი მჟავა და 33%-იანი მარილმჟავა. გამომავალი აირის დამატებითი გაწმენდა მჟავის ნარჩენი კვალისაგან წარმოებს წყლით, ქლორის ნარჩენები სცილდება ნატრიუმის ბისულფატის ხსნარით. ჩამდინარე წყლები მიემართება წყალგამწმენდ სადგურში. გაწმენდის შემდეგ ნამუშევარი აირი შედგება CO₂-ის, O₂-ისა და წყლის ორთქლისაგან. პროცესს არ ახლავს მყარი ნარჩენები.

13.1.2. დაჟანგვა აირად ფაზაში/დაჟანგვა კვამლით

დაჟანგვას აირად ფაზაში/დაჟანგვას კვამლით ასევე უწოდებენ „ორთქლის მაღალტემპერატურულ დაშლას“.

წვის ცეცხლგამძლე კამერებში მიმდინარეობს ნამუშევარი ოზონდამშლელი ნივთიერებებისა და ორთქლის თერმული განადგურება. კვამლის გახურებისათვის გამოიყენება დამატებითი საწვავი, მაგალითად, ბუნებრივი აირი ან მაზუთი. ოდნ-ის უმეტესობა იწვის დაახლოებით 1100 °C-ზე. აირის დაყოვნების დრო საკვამლე ღუმლებში შეადგენს 1-2 წმ.-ს.

13.1.3. დანვა როტაციულ ღუმლებში

როტაციული ღუმლები გამოიყენება ყველა სახისა და ფორმის საშიში ნარჩენების განადგურებისათვის: აირადის, თხევადის, მყარის და შლამისათვისაც კი. საწვავად გამოიყენება ნახშირწყალბადები: ბუნებრივი აირი, მაზუთი ან მაღალი თბოუნარიანობის თხევადი ნარჩენები. მლღობი მჟავის ღუმელზე შესაძლო ზემოქმედების გამო ფტორის დასაშვები კონცენტრაცია საწყის პროდუქტში 1%-ს არ უნდა აღემატებოდეს. გარდა ამისა, აუცილებელია გარემოს მდგომარეობის კონტროლი.

13.1.4. დანვა სითხის გაშხეფებით

ღუმლებს სითხის გაშხეფებით, როგორც წესი, აქვთ ერთკამერიანი კონსტრუქცია საწყისი მასალის ერთი ან მეტი სისტემის მიწოდებით დამწვავში (კამერაში) და საწვავი სითხეების ან საწვავი თხევადი ნარჩენების, ნალექისა და შლამის ჩათვლით, შეყვანით. ცილინდრული ფორმის წვის კამერა დამზადებულია ცეცხლგამძლე მასალისაგან და შეიძლება ორიენტირებული იყოს როგორც ვერტიკალურად, ისე ჰორიზონტალურად.

გაშხეფებული თხევადი ნარჩენების გარდაქმნა პატარა წვეთებად უზრუნველყოფს საუკეთესო შერევას ჰაერთან და დანვას სუსპენზიის ფორმით. თუნარჩენების ენერგოტევადობა არასაკმარისია ანთებისა და დაწვის სათანადო ტემპერატურის უზრუნველსაყოფად, მაშინ წვის კამერაში ნარჩენების ნარევის ანთების პოტენციალის გასაზრდელად შეიძლება დაემატოს დამატებითი საწვავი (მაზუთი ან ბუნებრივი აირი) მკვებავი ავზიდან. კამერაში ჰაერის მისაწოდებლად გამოიყენება ვენტილატორი, ხოლო ნარჩენების მისაწოდებლად – მარეგულირებელი სარქველი და ხარჯმომი.

13.1.5. საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მყარი ნარჩენების დანვა

საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მყარი ნარჩენების დაწვისათვის არსებობს ღუმლების სხვადასხვა ტიპი.

ღუმლები დიდი რაოდენობით ნარჩენების დაწვისათვის განკუთვნილია ყველა საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მყარი ნარჩენების გასანადგურებლად, წინასწარი დამუშავების გარეშე, იმ საგნების გამოკლებით, რომელთა ზომები ძალიან დიდია საწყისი მასალის მიწოდების სისტემისათვის. ნარჩენები იყრება შახტაში და ავტომატურად მიეწოდება ბუნკერს, საიდანაც კონტროლით ხვდება მოძრავ ცხაურზე. პროცესის ჩარჩოებში ნარჩენები გაივლიან სამ ზონას: გაშრობის, წვის ძირითად ზონას და კმაწვის, სადაც იწვება ნარჩენი ნივთიერებები. გარეშე სუნების გამორჩენის გასაფრთხილებლად ჰაერი წვისათვის შრება ნაგვის შახტაში, რის შემდეგაც წინასწარ თბება და მოძრავი ცხაურის საშუალებით გადადის წვის ზონაში. ნარჩენების წვის შემდეგად წარმოქმნილი ცხელი აირები, როგორც წესი, ცივდება ქვაბ-რეკუპერატორში, ხოლო შემდეგ იწმინდება ან საფრქვევი საშრობის და ქსოვილოვანი ფილტრების საშუალებით, ან ელექტროსტატიკური ფილტრით.

მოდულურ ღუმლებში ნადგურდება საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მყარი ნარჩენები წინასწარი დამუშავების გარეშე. ამ ტიპის ღუმლები უფრო მცირეა, ვიდრე ღუმლები დიდი რაოდენობით ნარჩენების წვისათვის. მოდულური ღუმლების ყველაზე მეტად გავრცელებული ტიპი წარმოდგენილია ორკამერიანი კონსტრუქციით ჰაერის მართვადი ნაკადებით. ნარჩენები იტვირთება პირველ კამერაში. წვის მეორე კამერაში მოხვედრისას აირები ქარბი საწვავით ერევა ქარბ ჰაერს წვის პროცესის დასრულებისათვის. როგორც წესი, ორივე კამერა აღჭურვილია დამატებითი სანთურებით გაშვებისა და საანგარიშო ტემპერატურის შენარჩუნებისათვის.

ღუმლები მეორადი საწვავის გარეშე განკუთვნილია მექანიკურად დამუშავებული და ერთგვაროვან მასად გადაქცეული მყარი ნარჩენების განადგურებისათვის. ეს ტექნოლოგია გამოიყენება სხვებზე იშვიათად, ვინაიდან მყარი ნარჩენების გადამუშავების პროცესი რთულია და ექსპლუატაციისა და მომსახურებისათვის მაღალი ხარჯები ახლავს.

13.1.6. დაწვა ცემენტის წარმოების პროცესში

ცემენტგამოსაწვავი ღუმლები წარმოადგენენ თერმომდგრადი აგურით შემოფენილ (შემორტყმულ) მბრუნავ ცილინდრებს. ნედლეული ხვდება ღუმლის ანეულ – „ცივ“ ნაწილში და მისი ნელი ბრუნვის შედეგად გადაადგილდება თბილი ნაწილის მხარეს, სადაც შენარჩუნებულია ტემპერატურა 1500°C. აქ ხვდება დაწვრილმანებული მასალა და გამომშრალი ნავთობის კოქსი და/ან მახუთი. ამ დროს აუცილებელია ქიმიური რეაქციებისათვის განსახორციელებელი ტემპერატურა, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ცემენტის კლინკერი. ცემენტგამოსაწვავი ღუმლები ფუნქციონირებენ წინააღმდეგობის პრინციპით: საკვამლე აირები ხვდება ცხელ ქვედა ნაწილში და ადის გასახურებელი ნედლეულის შესახვედრად (მიმართულებით), რომელიც მოძრაობს საწინააღმდეგო მიმართულებით, ხოლო შემდეგ გამოდის ღუმლის ზედა ნაწილიდან. რამდენადაც ცემენტგამოსაწვავი ღუმლები გამოირჩევიან მაღალი ენერგოტევადობით, ისინი გამოიყენება დაბინძურებული საწვავისა და სხვა საშიში ნივთიერების დაწვისათვის. უმეტეს ცემენტგამოსაწვავ ღუმელში, მთლიანობაში, შესაძლებელია ოზონდამშლელი ნივთიერებების კონტროლირებადი მიწოდება, მაგრამ ამგვარი გადაწყვეტილება მიღებული უნდა იყოს ინდივიდუალური მიდგომით.

ოზონდამშლელი ნივთიერებების ცემენტგამოსაწვავ ღუმლებში განადგურებისას ყურადღება უნდა გამახვილდეს სამ ძირითად ასპექტზე:

- შეშაპუნების სისტემა. ავზ-საცავების, დოზატორების, ხარჯსაზომების და ინექციური აპარატების ღირებულებამ შეიძლება მიაღწიოს რამდენიმე ასეულ ათას აშშ დოლარს და განისაზღვრება ოდნ-ის მიწოდების ინტენსივობით;
- ცეცხლგამძლე დანაფარის დაშლის (რღვევის) შესაძლებლობა. ოზონდამშლელ ნივთიერებებში ფტორის არსებობის გამო აუცილებელია ჩვეულებრივისაგან განსხვავებული

დანაფარის გამოყენება. რამდენადაც ასეთ დანაფარსაც კი აქვს შეზღუდული წინაღობადობა ფტორის, ცემენტგამოსაწვავ ღუმლებში ოდნ-ის მიწოდების ინტენსივობა არ შეიძლება იყოს მაღალი (როგორც წესი, 60 და ნაკლები კგ/სთ დიდი ზომის ღუმლებისათვისაც კი);

- ცემენტის ქიმიური თვისებები. ფტორი ცემენტის კლინკერში წარმოქმნის მხოლოდ შპატს, რაც ამცირებს ასეთი ცემენტისაგან დამზადებული ბეტონის სიმტკიცეს. ქლორი წარმოქმნის კალციუმის ქლორიდს, რომელიც ზრდის მასალის დენადობას და ძალიან მაღალი კონცენტრაციის შემთხვევაში აბრკოლებს კლინკერის წარმოქმნას. კალციუმის ქლორიდი ასევე გავლენას ახდენს ბეტონის საბოლოო სიმტკიცეზე.

ჩამოთვლილი ასპექტები ამცირებენ ცემენტგამოსაწვავი ღუმლების გამოყენების შესაძლებლობას ოდნ-ის განადგურებისათვის.

13.2. პლაზმური ტექნოლოგიები

13.2.1. ოდნ-ის განადგურება არგონის პლაზმის რკალში

ოდნ-ის განადგურებისას არგონის პლაზმით (ტექნოლოგია PLASCON) ნარჩენებზე უშუალოდ ზემოქმედებენ არგონის პლაზმის ჭავლით. პლაზმის ჭავლი ფორმირდება არგონის იონიზაციის ხარჯზე 150 კვტ. სიმძლავრის მუდმივი დენის განმუხტვით. პროცესის ტემპერატურა 10000 °C-ს აღემატება. ნარჩენები სწრაფად ხურდება სარეაქციო კამერაში დაახლოებით 2500 °C, “20 მწმ განმავლობაში იწყება პიროლიზი, რომელიც იწვევს ორთქლის წარმოქმნას. ჟანგბადის არსებობა უზრუნველყოფს პიროლიზის დროს გამოყოფილი მთელი ნახშირბადის გარდაქმნას ნახშირმჟავა გაზად, ხოლო წყალბადი თავიდან აცილებს CF_4 -ის წარმოქმნას, რომელიც წარმოადგენს მაღალი გლობალური დათბობის პოტენციალის მქონე აირს.

13.2.2. ინდუქციურ-ბმული მაღალსიხშირული პლაზმა

ორთქლი და აირადი ქლორფტორნახშირბადები გადიან ორივე კომპონენტის გამახურებელ პლაზმის ჩირალდანში, რის შემდეგაც მიეწოდება რეაქტორში განადგურებისათვის, სადაც დაახლოებით 2 წმ.-ის განმავლობაში ზემოქმედებს მაღალი ტემპერატურა 2000°C, ამის შემდეგ მჟავა აირების განადგურების მიზნით წარმოებს გაციება და აირის გაწმენდა, მაგალითად, $Ca(OH)_2$ ხსნარით. ამ ტექნოლოგიის ძირითად უპირატესობას კომერციულ მასშტაბებში გამოყენებისას წარმოადგენს განადგურების მაღალი ეფექტურობა და დიოქსინების მცირე მოცულობით გამოტყორცნა.

13.2.3. აზოტის პლაზმის რკალი

ქფნ, ჰქფნ და ჰფნ დაშლისათვის გამოიყენება მაღალტემპერატურული პლაზმა, წარმოქმნილი მუდმივი დენის პლაზმის ჩირალდნით, ელექტროდების წყლით გაციებით და პლაზმის აირადი აზოტის გამოყენებით. გათხევადებული გაზებისაგან განსხვავებით, რომლებიც თავდაპირველად არის წნევის ქვეშ და შეიძლება ჩატვირთულ იყოს რეაქტორში უშუალოდ რეზერვუარ-საცავიდან, სითხეები, ისეთები, როგორიცაა CFC-113a, რეაქტორში ჩატვირთვის წინ აუცილებელია თავიდან მოთავსდეს კონტეინერში წნევის ქვეშ, ხოლო შემდეგ შეკუმშულ ჰაერთან ერთად გადაადგილდეს ამპორთქლებელში. ნახშირბადის ოქსიდის დასაჟანგად გათვალისწინებულია მილი დიფუზიური ღუმლით. ჰქფნ და ჰფნ რეაგირებენ ორთქლთან და იშლებიან ნახშირბადის ოქსიდად (CO), მხოლოდ მჟავად (HF) და მარილმჟავად (HCl). ამის შემდეგ დიფუზიური ღუმლის მილში ნახშირბადის ოქსიდი ჰაერით იჟანგება ნახშირბადის დიოქსიდამდე. დაჟანგვისთანავე რეაქციის აირადი პროდუქტების ნარევი ცივდება აირგამწმენდში, სადაც საშიში მჟავა აირები (HCl და HF) აბსორბირდება $Ca(OH)_2$ სუსპენზიით. წყალთან შერევა ხდება ურთიერთქმედების ფართის გაზრდისათვის.

13.2.4. გემალალი სიხშირის პლაზმა

ზმს პლაზმა გამოირჩევა დაბალი წნევითა და დაბალი ტემპერატურით. პლაზმის ეს სახეობა წარმოიქმნება დიელექტრიკულ მილაკში მაგნეტრონით წარმოქმნილი ზმს-ტალღების 2,45 გჰ სიხშირით აირის ნაკადში გატარებით. მისაღწევი სიმძლავრე შეადგენს 50-მდე კვტ-ს. ზმს პლაზმური დამუშავებისას ენერგია გადაეცემა განსაკუთრებული კონსტრუქციის თანალერძულ რეზონატორს მაღალტემპერატურული პლაზმის წარმოებისათვის ატმოსფერულ წნევაზე. თანალერძულ რეზონატორში ზმს ტალღები წარმოქმნიან ძლიერ ელექტრულ ველს. ქენ და ორთქლის ნარევი მიეწოდება პლაზმის აგზნების სექციას, სადაც მიმდინარეობს იონიზაცია და მოლეკულების დაშლა ზმს ველით 5700 °C–ზე უფრო მაღალ ტემპერატურაზე.

მჟავა აირები (HCl, HF) ნეიტრალდება ჩამქრალი კირით გაწმენდის გზით ხუფიან სვეტში, რის შემდეგაც აირი იწვება ჰაერთან ნარევიში CO-ს გარდასაქმნელად CO₂-ად. პროცესის დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენს მაღალი ელექტრული მქკ (ენერგოდანაკარგები უმნიშვნელოა ან არ არის), დამატებითი აირების გამოყენება არ არის საჭირო მხოლოდ პლაზმის შენარჩუნებისათვის. არგონი საჭიროა მხოლოდ პლაზმის აფეთქებისათვის და პროცესში არ მონაწილეობს.

13.3. ტექნოლოგიები, სადაც არ გამოიყენება დანვა

13.3.1. ქიმიური აღდგენა აირად ფაზაში

აირად ფაზაში ქიმიური აღდგენის ტექნოლოგია ECO LOGIC-ის გამოყენება შეიძლება მყარი, თხევადი და აირადი ორგანული ნარჩენების განადგურებისათვის. ორგანული კომპონენტები შედეგად გარდაიქმნიებიან მეთანად, მარილმჟავად და (ანგარიშების თანახმად) დაბალი მოლეკულური მასის ნახშირწყალბადების უმნიშვნელო რაოდენობად. შესაძლებელია რალაც რაოდენობა დიოქსინებისა და ფურანების წარმოქმნა. სამწუხაროდ, გამოყენების ხანმოკლე ვადა ოდნ-ის განადგურებისათვის არ იძლევა ტექნოლოგიის ეკონომიური ეფექტიანობის საკმარისი სიზუსტით შეფასების საშუალებას. როგორც მოსალოდნელია, პროცესი იქნება საკმაოდ ხარჯიანი (წინასწარი შეფასებებით – 6 აშშ დოლარი – 1 კგ. ოდნ).

13.3.2. კატალიზური დეჰალოგენიზაცია აირად ფაზაში

კომპანიის Hitachi Corp. (ტოკიო, იაპონია) მიერ დამუშავებულია ტექნოლოგია, რომელშიც CFC ნადგურდება დაპატენტებული მეტალოქსიდური კატალიზატორის გამოყენებით 400°C ტემპერატურაზე და ატმოსფერულ წნევაზე. წარმოქმნილი მარილმჟავა და მლღობი მჟავა აბსორბირდება ჩამქრალი კირის ხსნარით. ქენ-ის განადგურების ეფექტურობა 99,99%-ზე მეტია. ტექნოლოგია გამოიყენება მდგრადი ორგანული დამაბინძურებლებისა (პოლიქლორირებული ბიფენილების) და სხვა ქლორშემცველი ოზონდამშლელი ნივთიერებების გასანადგურებლად, მაგრამ არა – კომერციული მასშტაბებით.

13.3.3. გამინება

გამინების ტექნოლოგიის ინიციატორია კომპანია Pure Chem.Inc. (აშშ), რომელიც აწარმოებს მაცივარაგენტებს და აქვს ჰალოგენნაცვლებული ნაერთების მინის მატრიცაში გარდაქმნის გამოცდილება. ტექნოლოგია არ გამოუყენებიათ CFC-ის განადგურებისათვის, თუმცა ოთხქლორიანი ნახშირბადის განადგურების ეფექტურობა შეადგენს 99,999%-ს. გამინებას ასევე იყენებს აშშ-ის ენერგეტიკის სამინისტრო რადიოაქტიური მასალებისა და მძიმე ლითონებისათვის. პროცესი მდგომარეობს მინად გადამუშავებისათვის ოდნ-ის გახლეჩისა და ჰიდროლიზის პროდუქტების ქიმიურად მდგრად მინაკრისტალურ სარჩილში გარდაქმნაში. პირველ ეტაპზე

მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერებების დაშლა მაღალ ტემპერატურაზე, როგორც წესი, პლაზმური რეაქტორით. ნახშირბადისაგან ჰალოგენების გამოყოფისა და ჰიდროლიზის შემდეგ გამონაბოლქვი აირების გაწმენდის სისტემაში იწყება საკუთრივ წარმოების პროცესი. ტექნოლოგიის უპირატესობას წარმოადგენს ოდნ-ის განადგურების გვერდითი პროდუქტების ჩართვა კომერციული გამოყენებისათვის ვარგისი მასალებში, რაც განადგურებაზე დანახარჯების აცილების საშუალებას იძლევა.

13.3.4. რეაქტორი გადამეტნაჭერი ორთქლით

ოზონდამშლელი ნივთიერებების განადგურება რეაქტორში გადამეტნაჭერი ორთქლით წარმოებს აირად ფაზაში ძალიან მაღალ ტემპერატურაზე. CFC-ის, ორთქლის და ჰაერის შერევის შემდეგ წინასწარ ხურდება დაახლოებით 500°C-მდე, რის შემდეგაც მიეწოდება მილოვან რეაქტორში კედლების 800-1000°C ელექტრული გახურებით. CFC-ის დაშლისას (უპირატესად ჰიდრატაციის შედეგად) წარმოიქმნება HF, HCl და CO₂, გამონაბოლქვი აირი მიემართება აირგამწმენდში, სადაც ცივდება Ca(OH)₂ ხსნარით, რომელიც ანიეტრალებს მუავა აირებს. გაციების პროცესში მცირდება დიოქსინები.

13.4. ოზონდამშლელი ნივთიერებების შემცველი პროდუქციის უტილიზაციის პრაქტიკული რეალიზაცია

ოდნ-ის შემცველი პროდუქციის უტილიზაციის კომპლექსური გადაწყვეტა ეკუთვნის გერმანელ ინჟინრებს და ითვალისწინებს უტილიზაციას დაქვემდებარებული ტექნიკის მექანიკური დაქუცმაცების შეთავსებას მაცივარაგენტის და ამქაფებლის თერმოკატალიზურ დაჟანგვასთან. ეს ნიშნავს, რომ პროცედურა, დაკავშირებული ოდნ-ის განადგურებასთან ავტონომიურ ნაგავსაწვავ ლუმელში სხვა ადგილზე ან ცემენტის გამოსაწვავ ლუმელში, უკვე საჭირო არ არის. გადამუშავების ერთ-ერთ საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს მყარი დაჭრილი მასალა და ნახშირორჟანგი, ასევე მარილის ხსნარი. ეს გადაწყვეტა გამორიცხავს ზედმეტ ეტაპებს, რომლებსაც მოითხოვს სხვა მეთოდები, ისეთებს, როგორიცაა აზოტით საჭრელის ინერტირების ძვირადღირებული პროცესი, ძვირი გათხევადება, გადასხმა ტევადობაში, ტრანსპორტირება და მაცივარაგენტებისა და ამქაფებლის უტილიზაცია. კრიოგენური მეთოდებისაგან განსხვავებით, არ არის საჭირო დანადგარში ჰაერის ნაკადის გაცივება.

14. ოზონდამშლელი ნივთიერებების განადგურების ტექნოლოგიები დაბტკიცებული XV/9 გადაწყვეტილებით

ოზონდამშლელი ნივთიერებების განადგურება უნდა მოხდეს იმ ტექნოლოგიების გამოყენებით, რომლებიც მოწონებულია ოზონის შრის დამშლელ ნივთიერებათა შესახებ „მონრეალის ოქმის“ მხარეთა გადაწყვეტილებით XV/9. ქვემოთ წარმოდგენილია ცხრილი 11, რომელშიც ჩამოთვლილია ეს ტექნოლოგიები. განადგურება ნიშნავს კონტროლირებადი ნივთიერების სრულ ლიკვიდაციას განადგურების ეფექტურობით არანაკლებ 98%-ისა. ასეთი განადგურების საბოლოო პროდუქტი არ ექვემდებარება კომერციულ გამოყენებას.

ცხრილი 11. ოდნ-ის განადგურების ტექნოლოგიები, დამტკიცებული XV/9 გადაწყვეტილებით (მონრეალის ოქმის მხარეთა მე-15 თათბირი)

გამოსაყენებლობა	ტექნოლოგიის ტიპი		
	კონცენტრირებული წყაროები ^ა		განზავებული წყაროები ^ბ
	ქვენ და ჰქვენ	პალონები	ქაფმასალები
განადგურების და მოცილების ეფექტურობა	99,99%	99,99%	95%
ცემენტგამოსაწვავი ღუმელები	მოწონებულია	არაა მოწონებული	არაა მოწონებული
დანვა სითხის შესხურებით	მოწონებულია	მოწონებულია	არაა მოწონებული
დაჟანგვა აირად ფაზაში/დაჟანგვა კვამლით	მოწონებულია	მოწონებულია	არაა მოწონებული
საყოფაცხოვრებო-კომუნალური მყარი ნარჩენების დანვა	არაა მოწონებული	არაა მოწონებული	მოწონებულია
კრეკინგი რეაქტორში	მოწონებულია	არაა მოწონებული	არაა მოწონებული
დანვა როტაციულ ღუმელში	მოწონებულია	მოწონებულია	არაა მოწონებული
არგონის პლაზმის რკალი	მოწონებულია	მოწონებულია	არაა მოწონებული
ინდუქციურ-ბმული რადიოსიხშირული პლაზმა	მოწონებულია	მოწონებულია	არაა მოწონებული
ზმს პლაზმა	მოწონებულია	არაა მოწონებული	არაა მოწონებული
აზოტის პლაზმის რკალი	მოწონებულია	არაა მოწონებული	არაა მოწონებული
კატალიზური დეჰალოგენიზაცია აირად ფაზაში	მოწონებულია	არაა მოწონებული	არაა მოწონებული
გადამეტნაჯერი ორთქლის რეაქტორი	მოწონებულია	არაა მოწონებული	არაა მოწონებული

ა – კონცენტრირებულ წყაროებს მიეკუთვნება პირველადი, რეციკლირებული და გადამუშავებული ოზონდამშლელი ნივთიერებები;

ბ – განზავებულ წყაროებს მიეკუთვნება მყარ ნივთიერებებში (მაგალითად, ქაფმასალებში) შემავალი ოზონდამშლელი ნივთიერებები;

გ – განადგურების და მოცილების ეფექტურობა მიეკუთვნება გამოყენებული ტექნოლოგიის ტექნიკურ შესაძლებლობებს. ეს მაჩვენებელი ყოველთვის არ ასახავს მინიმალური ნაციონალური სტანდარტით რეგულირებად მიმდინარე მწარმოებლობას;

დ – თავდაპირველად ოდნ-ის გასანადგურებლად მოიწონეს ცემენტგამოსაწვავი ღუმელები და კრეკინგი რეაქტორში, მაგრამ XV/9 გადაწყვეტილებით ამ ტექნოლოგიების გამოყენება მხოლოდ ქვენ და ჰქვენ-სათვის დადგინდა.

15. ოზონდაშლელი ნივთიერებების უტილიზაცია – ევროპის გამოცდილება

ევროპაში სასააცივრო ტექნიკის უტილიზაციისა და გადამუშავების პროცესი რეგულირდება რამდენიმე რეგლამენტითა და სტანდარტით EN 50574:2012, რომელთა მიხედვით ჩამოყალიბებულია მოთხოვნები უტილიზაციის პროცესისადმი იმ კომპონენტების მითითებით, რომლებსაც უნდა დაიყოს მოწყობილობა და აღწერილია მონიტორინგის მოთხოვნები. უფრო მკაცრი მოთხოვნებია შემოღებული იაპონიაში, სადაც მომხმარებელს, ჯარიმების სიდიდის გამო, აზრადაც არ მოუვა, რომ კონდიციონერი სადღაც გადაადგოს.

უტილიზაციის შესატანს ევროკავშირში ანაზღაურებენ მოწყობილობის მწარმოებლები, თითოეულ საუტილიზაციო ერთეულზე. უტილიზაციის ბაზარზე მუშაობენ ოთხი ძირითადი კატეგორიის კომპანიები, ესენია: მწარმოებლები, დისტრიბუტორები, რეტეილერები და რეციკლინგით დაკავებული კომპანიები. მოწყობილობის უტილიზაციის სისტემების ფუნქციონირებაზე კონტროლი, როგორც წესი, ეკისრებათ რეტეილერებს.

სასააცივრო და კლიმატურ მოწყობილობებში გამოყენებული ოზონდამშლელი ნივთიერებების, მინერალური ზეთების და სხვა მავნე ელემენტების ამოღება და შემდგომი ნეიტრალიზაცია ეკოლოგიური უსაფრთხოების საკითხია.

ინგლისში კონცერნი Sims Recycling Solutions ფლობს ორ გადამამუშავებელ ქარხანას, რომელთაგან ერთ-ერთი ახდენს ერთი მილიონი მაცივრისა და სასააცივრო მოწყობილობის უტილიზაციას წელიწადში. პროცესი წარმოადგენს გაუჩერებელ კონვეიერს, სადაც მკაცრადაა დაცული ნორმები, ტექნოლოგიები და რეგლამენტები. რამდენიმე ჰექტარზეა ორგანიზებული დასაწყობება და გადამუშავების ავტომატური ხაზი.

საწარმოში ერთი ცვლის შემადგენლობაში სულ 12 ადამიანი მუშაობს. პროცესის სრულად ავტომატიზაციის საშუალებას არ იძლევა საუტილიზაციო მაცივრების მოდიფიკაციების უდიდესი რაოდენობა (ზომა, წონა, კონსტრუქციული თავისებურებანი). უტილიზაციისათვის მომზადების უმნიშვნელოვანეს ეტაპს წარმოადგენს გაცივების სისტემის მოცილება. ამასთან, სავსებით გამორიცხულია ფრეონის გაჟონვა. დანარჩენი ყველაფერი ევალება ტექნიკას. რამდენიმე უდიდესი მექანიზმი შლის საუტილიზაციო მაცივარს, რომელიც გამოსასვლელში გარდაიქმნება სხვადასხვა ლითონის დახარისხებულ გრანულებად, რომლებიც იგზავნება მეორადი გამოყენებისათვის. აირის გამოღების სისტემის დახმარებით შესაძლებელი ხდება საშუალოდ 92% ფრეონის ამოღება, რომელიც შემდეგ სპეციალური ჰერმეტიკული ტევადობებით მიემართება ზემოაღნიშნულ ტემპერატურებზე გასანადგურებლად. საწარმო მოგებას იღებს მეორადი ნედლეულის გაყიდვის შემოსავლებიდან და დოტაციით, როგორც ტექნიკის მწარმოებლიდან, ისე ადგილობრივი თვითმმართველობის ორგანოებიდანაც.

დღეისათვის საქართველოში დასაწყობებული ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების გარემოსათვის უსაფრთხოდ გასანადგურებლად საჭიროა გამოიკვეთოს განადგურების რეალური და ხელმისაწვდომი გზა. ეს იქნება პირველი ნაბიჯი ოზონდამშლელი ნივთიერებების ნარჩენების

განადგურების სისტემის ჩამოსაყალიბებლად, ამიტომ საჭიროა მისი მდგრადობის დროულად გათვალისწინება, რათა მომავალში უმტკივნეულოდ მოხდეს სხვა ოდნ-ისა და მაცივარაგენტების ნარჩენების ჩართვა.

საქართველოში დღეისათვის შეიძლება ოდნ-ის ნარჩენების განადგურების რამდენიმე ვარიანტი განიხილებოდეს:

- ქვეყანაში არსებულ ცემენტის ღუმელში განადგურება;
- ინსინერაციის ლოკალური სისტემის შექმნა;
- ნარჩენების გატანა განვითარებულ ქვეყანაში არსებულ განადგურების თანამედროვე მოწყობილობაში გასანადგურებლად.

განადგურების სავარაუდო ღირებულების სიმცირის გამო და პროცესთან დაკავშირებული გარემოსდაცვითი პირობების კომპლექსურობის პირობებში ნაკლებად სავარაუდოა, რომ არსებულ რეალობაში განხორციელდეს პირველი ვარიანტი. მეორე ვარიანტი გულისხმობს დიდ საწყის ინვესტირებას, რომლის უზრუნველყოფა პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამრიგად რჩება მესამე ვარიანტი, რაც ოდნ-ის ნარჩენების ქვეყნიდან გატანას და საზღვარგარეთ განადგურებას გულისხმობს. თუმცა ამ შემთხვევაშიც არის შემაფერხებელი ფაქტორები – მცირე გასატანი და უცხოეთში გასანადგურებელი ნარჩენების რაოდენობა.

16. უსაფრთხოების წესები მაცივარაგენტების ამოღების, გადაშენების და უტილიზაციისას

სისტემაში ყოველთვის არსებობს მაცივარაგენტების ტიპის ამოცნობის აუცილებლობა, რათა ვიცოდეთ რომელი მაცივარაგენტი შევავსოთ სასაცავრო სისტემა.

მაცივარაგენტი შესაძლოა ამოვიცნოთ შემდეგი მეთოდებით:

- მაცივარაგენტის ტიპი ნაჩვენებია აგრეგატის ტექნიკური მონაცემების ცხრილში;
- თერმომარეგულირებელი ვენტილით, რომელიც განსხვავებულია სხვადასხვა მაცივარაგენტებისათვის;
- მუდმივი წნევით მოცემულ ტემპერატურაზე.

16.1. მაცივარაგენტების ამოღების ზოგადი წესები

მცირე ბალონების ავსება მაცივარაგენტი დაკავშირებულია რისკთან. აუცილებლად უნდა ვიხელმძღვანელოთ მაცივარაგენტების მწარმოებლების მიერ მოცემული წესებით:

- არ გადაავსოთ ბალონი;
- არ შეურიოთ მაცივარაგენტები ერთმანეთში;
- გამოიყენეთ მხოლოდ სუფთა ბალონები, რომლებიც არ შეიცავენ დაბინძურებულ ელემენტებს;
- გამოყენებამდე ყველა ბალონი დაათვალიერეთ ვიზუალურად, დარწმუნდით, რომ წნევაზე გამოცდის ვადა არ აქვს გასული;
- მაცივარაგენტების ამოსაღებად განკუთვნილი ბალონების მარკირება სხვადასხვა ქვეყანაში სხვადასხვაგვარად ხდება (ყვითელი ფერის მარკირება – ამერიკაში, მწვანე ფერის – საფრანგეთში),
- ბალონები აღჭურვილი უნდა იყოს სითხისა და გაზის სარქველებით და წნევის განმტვირთავი მოწყობილობებით.

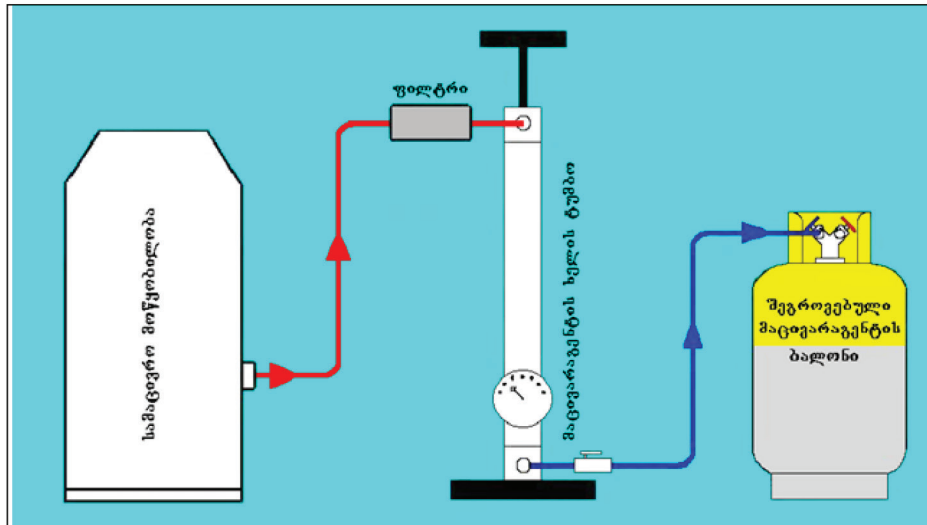
მაცივარაგენტის ამოღება სასაცავრო სისტემიდან რამდენიმე გზით შეიძლება:

- მაცივარაგენტის გადაქაჩვა ორთქლის სახით;
- თხევადი მაცივარაგენტის ამოღება;
- თხევადი მაცივარაგენტის გადადინება „შეშვება-გამოშვების“ მეთოდით.

არსებობს მაცივარაგენტების შემგროვი მოწყობილობის ორი ტიპი: მექანიკური ხელის ტუმბო და ავტომატური ელექტრომანქანა.

ხელის ტუმბოს ტიპის მოწყობილობა გამოიყენება სასაცავრო სისტემებისათვის, რომლებშიც მაცივარაგენტის რაოდენობა არ აღემატება 1200 გრამს, ხოლო წნევა – 13,78 ბარს. კონსტრუქციულად იგი ისეთივეა, როგორიც საბურავების დასაბერი ხელის ტუმბო, იმ განსხვავებით, რომ საბურავების ტუმბოს არ გააჩნია შეწოვის მილყელი და მის მაგივრად ზედა ნაწილში აქვს ხვრელი, საიდანაც იწოვს გარე ჰაერს. ჩვენს შემთხვევაში კი შემგროვ ხელის ტუმბოს აქვს შეწოვისა და დაჭირხნის მილყელი, რომელიც შესაბამისად ტუმბოს ზედა და ქვედა ნაწილშია განთავსებული.

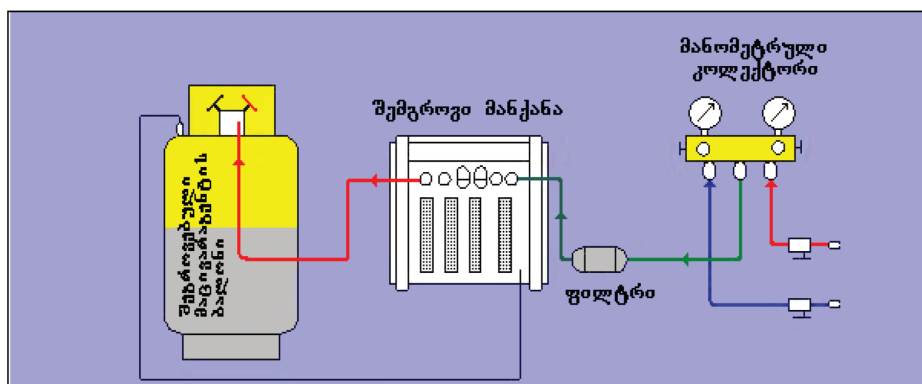
შენთვის მიღებულიდან დრეკადი შლანგით ტუმბო სასაცივრო სისტემას უერთდება, საიდანაც განზრახულია მაცივარაგენტის ამოღება. დაჭირხნის მიღებული კი აგრეთვე დრეკადი შლანგით უერთდება მაცივარაგენტის ბალონს, რომელშიც უნდა შეგროვდეს სისტემიდან ამოღებული მაცივარაგენტი. სამუშაოს დაწყებამდე ტუმბო უნდა შეიზეთოს მაცივარაგენტის შესაბამისი ზეთით. მაცივარაგენტის ამოღება სისტემიდან ტუმბოს სახელურის ზევით-ქვევით მოძრაობით ხდება. აქედან გამომდინარე ტუმბოს წარმადობა დამოკიდებულია ამ მოძრაობის სიხშირეზე. აღსანიშნავია, რომ ერთსა და იმავე სიხშირეზე თხევადი მაცივარაგენტის ამოღების დროს მისი წარმადობა თითქმის სამჯერ მეტია, ვიდრე გაზობრივი მაცივარაგენტის ამოღების დროს (გაზობრივ მაცივარაგენტზე წარმადობა დაახლოებით 120გ/წთ-ის ტოლია), მაგრამ სითხის ამოღება ბევრად უფრო მეტ ძალას მოითხოვს.



სურ. 26. მაცივარაგენტების ამოღება ხელის ტუმბოთი

მნიშვნელოვანია, რომ მაცივარაგენტის შემგროვი ხელის ტუმბოს გამოყენების დროს მაცივარაგენტის ამოღება უნდა მოხდეს მხოლოდ არამუშა მდგომარეობაში მყოფი სისტემიდან. დაუშვებელია მაცივარაგენტის ამოღება ელექტროქსელში ჩართული სასაცივრო სისტემიდან.

თუ სასაცივრო სისტემაში მაცივარაგენტის რაოდენობა აღემატება 1200 გრამს, მიზანშეწონილია ავტომატური შემგროვი მანქანის გამოყენება, რომლის წარმადობა იცვლება 250გ/წთ-დან (გაზობრივი მაცივარაგენტისათვის) 1.5კგ/წთ-მდე (თხევადი მაცივარაგენტისათვის). შემგროვი მანქანით მაცივარაგენტის სასაცივრო სისტემიდან ამოღების სქემა ზემოთ განხილულის ანალოგიურია.

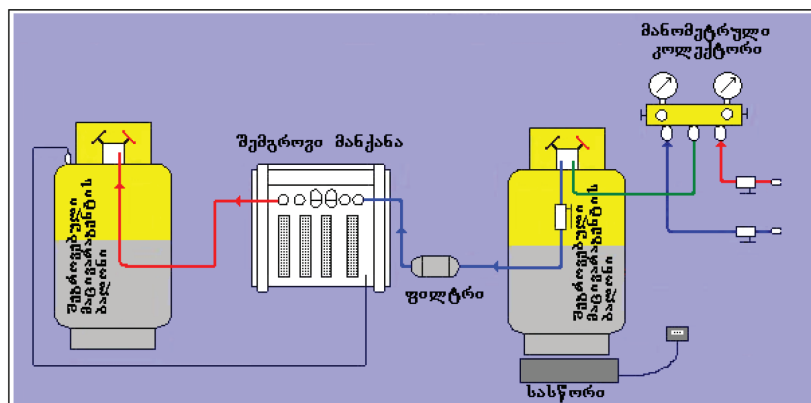


სურ. 27. მაცივარაგენტის ამოღება შემგროვი მანქანით

მანომეტრული კოლექტორისა და დრეკადი შლანგების მეშვეობით შემგროვი მანქანა ერთდროულად უერთდება სასაცივრო სისტემის მაღალ და დაბალ მხარეს. მიზანშეწონილია მანომეტრულ კოლექტორსა და შემგროვ მანქანას შორის დაყენდეს გამომშრობი ფილტრი, რომელიც შეამცირებს შეგროვებულ მაცივარაგენტში ტენის რაოდენობას. მანქანის გამოსასვლელი მილყელი უერთდება შეგროვებული მაცივარაგენტის ბალონის ვენტილს. როგორც წესი, მაცივარაგენტის ბალონის შესასვლელს აქვს ორი ვენტილი. ერთი მათგანი ადგილზე ხსნის ან კეტავს ბალონის შიგა არეს და მას გაზის ვენტილს უწოდებენ, მეორე ხსნის ან კეტავს მილს, რომელიც ბალონის ფსკერამდეა ჩაშვებული. მას სითხის ვენტილს უწოდებენ. ზოგი ბალონი აღჭურვილია აგრეთვე გადავსებისგან დამცავი მოწყობილობით, რომელიც ელექტროსადენით უერთდება შემგროვი მანქანის შესაბამის ავტომატურ ამომრთველს. თუ შემგროვ მანქანას არ გააჩნია ასეთი ამომრთველი ან მაცივარაგენტის ბალონი არ არის აღჭურვილი აღნიშნული დამცავი მოწყობილობით, მაშინ მაცივარაგენტის შეგროვების დროს ბალონის წონა უნდა კონტროლდებოდეს სასწორით, რათა არ მოხდეს მისი გავსება მოცულობის 80%-ზე მეტად. ავტომატური დაცვის არსებობის შემთხვევაში ეს ხდება ავტომატურად: როდესაც ბალონი შეივსება თავისი მოცულობის 80%-ით, შემგროვი მანქანა გამოირთვება.

ისევე, როგორც ხელის ტუმბო, შემგროვი მანქანა ბევრად უფრო ეფექტურია თხევადი მაცივარაგენტების გადატუმბვის დროს, ვიდრე გაზობრივის. ამიტომ სასაცივრო სისტემიდან მაცივარაგენტის ამოღება უნდა დავიწყოთ სითხის ხაზით, ანუ მაღალი მხრიდან და მხოლოდ მაშინ, როცა დავრწმუნდებით მანომეტრულ კოლექტორზე წნევის დაწევით, რომ სისტემაში სითხე აღარ არის, შეგვიძლია გავაგრძელოთ შეგროვება დაბალი მხრიდანაც.

მიუხედავად იმისა, რომ ყველა შემგროვი მანქანა განკუთვნილია თხევადი მაცივარაგენტის შეგროვებისათვის, ეს ოპერაცია უნდა ჩატარდეს ძალიან ფრთხილად, რადგან ჭარბი რაოდენობით სითხის მოხვედრამ შემგროვი მანქანის შეწოვის ხაზში შეიძლება დააზიანოს მანქანის კომპრესორი. თუ სისტემაში დიდი რაოდენობით მაცივარაგენტია, საჭიროა მეორე ბალონის გამოყენება, რომელიც სისტემასა და შემგროვ მანქანას შორის დგება.



სურ. 28. მაცივარაგენტის ამოღება ორი ბალონით

ასეთი სქემით მაცივარაგენტის შეგროვება ბევრად უფრო სწრაფად მიმდინარეობს და ამავე დროს შემგროვი მანქანა დაცულია ჭარბი რაოდენობის თხევადი მაცივარაგენტის მოხვედრისაგან. როგორც ნახატიდან ჩანს, სისტემა მანომეტრული კოლექტორის გავლით უერთდება ერთ-ერთი ბალონის სითხის ვენტილს, ხოლო ამ ბალონის გაზის ვენტილი უერთდება შემგროვ მანქანას, რომლის გამოსასვლელი მილყელი მიერთებულია მეორე ბალონის სითხის ვენტილთან. მოყვანილ სქემაზე მეორე ბალონი დაცულია გადავსებისაგან ავტომატურად, პირველი ბალონის წონა კი კონტროლდება სასწორის მეშვეობით.

როდესაც სისტემა დაიცვება თხევადი მაცივარაგენტისაგან, პირველ ბალონში მაცივარაგენტის მატება შეწყდება, ანუ ბალონის წონა არ შეიცვლება, რადგან მასში შესულ გაზობრივ მაცივარაგენტს მთლიანად გაიწოვს შემგროვი მანქანა. ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია ერთ ბალონში შეგროვების სქემაზე გადასვლა (ნახ. 28).

შემგროვი მანქანის გამოყენების დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მისი წარმადობა საკმაოდ მაღალია და სისტემიდან მაცივარაგენტის ამოღების დროს სისტემაში დარჩენილი მაცივარაგენტის ტემპერატურა მკვეთრად ეცემა. როდესაც სისტემაში თხევადი მაცივარაგენტი მცირე რაოდენობით რჩება, შესაძლებელია მისი გამოყინვაც. ამ დროს მანომეტრი უჩვენებს ნულის ტოლ ატმოსფერულ წნევას, რაც თითქოს ნიშნავს, რომ სისტემაში მაცივარაგენტი აღარ არის. შეცდომის თავიდან ასაცილებლად, პირველ რიგში, საჭიროა სისტემის ვიზუალური დათვალიერება. თუ სისტემის რომელიმე ელემენტი გარედან დაფარულია თოვლის ქურქით, ეს ნიშნავს, რომ მასში შესაძლოა იყოს გამოყინული მაცივარაგენტი. ნებისმიერ შემთხვევაში მიზანშეწონილია გამორთვის შემდეგ შემგროვი მანქანა დავტოვოთ მიერთებული სასაცივრო სისტემასთან 30-40 წუთის განმავლობაში. ამ დროში სისტემა გათბება, ნარჩენი მაცივარაგენტი აორთქლდება და შესაძლებელი გახდება მისი სრული ამოღება სასაცივრო სისტემიდან.

ზოგადად, მაცივარაგენტების შეგროვების მიმართ არსებობს შემდეგი მოთხოვნები:

- ექსპლუატაციის დაწყებამდე დაკვირვებით უნდა შემოწმდეს შემგროვი მოწყობილობის და მისაერთებელი შლანგების ტექნიკური მდგომარეობა;
- დაუშვებელია შემგროვი მოწყობილობის გამოყენება იმ მაცივარაგენტისათვის, რომელიც არ არის მითითებული ტექნიკურ დოკუმენტაციაში ქარხანა-დამამზადებლის მიერ;
- სათავსო, რომელშიც მიმდინარეობს მაცივარაგენტის შეგროვების პროცესი, უზრუნველყოფილი უნდა იყოს კარგი ვენტილაციით (ოთხმაგი ჰაერცვლა საათში);
- არ შეიძლება ელექტროშემგროვი მოწყობილობის ექსპლუატაცია სველ ადგილებში;
- შემგროვი მოწყობილობა სასაცივრო სისტემას და ბალონებს უნდა მიუერთდეს რაც შეიძლება მოკლე შლანგებით, რათა მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი მაცივარაგენტის დანაკარგები შლანგებში;

16.2. მაცივარაგენტების რეციკლირებისა და რეგენერაციის ტექნოლოგია

გადამუშავება ყოველთვის წარმოადგენს სასაცივრო ტექნიკის მომსახურების ნაწილს. არსებობს გადამუშავების მთელი რიგი საშუალებები, რომელიც ხორციელდება დანადგარების ორი ტიპით. პირველში გათვალისწინებულია მაცივარაგენტების ერთჯერადი გადამუშავება, ხოლო მეორეში – მრავალჯერადი.

ერთჯერადი გადამუშავების რეციკლირების სისტემაში მაცივარაგენტი გადის გამომშრობ ფილტრში. გადამუშავების პროცესს სისტემაში მაცივარაგენტი გადის მხოლოდ ერთხელ, ხოლო შემდეგ გადადის ბალონში შესანახად.

მრავალჯერადი გამოყენების სისტემებში მაცივარაგენტი გამომშრობ ფილტრს გაივლის რამდენჯერმე. გარკვეული დროის ან გარკვეული ციკლების რაოდენობის შემდეგ მაცივარაგენტი გროვდება შესანახ ბალონში.

მაცივარაგენტის გადამუშავების სპეციალისტმა ყურადღება უნდა მიაქციოს შემდეგ საკითხებს:

- შესაძლებელია თუ არა მაცივარაგენტის ისევ დაბრუნება სისტემაში, საიდანაც ის ამოიღეს;
- არის თუ არა განკუთვნილი სისტემა დემონტაჟისათვის;
- მაცივარაგენტის იმავე სისტემაში დაბრუნებისათვის არის თუ არა საჭირო მისი გადამუშავება.

კომპრესორის გადაწვისას თავს იჩენს არსებითი პრობლემები. გადაწვა წარმოადგენს ჰერმეტიკული კომპრესორის შიგნით ელექტროწრედის დაზიანებას, რაც შესაძლოა გამოწვეული იყოს

მთელი რიგი სხვადასხვა ფაქტორით. მაცივარაგენტის დაბინძურება ასეთ შემთხვევაში შესაძლოა იყოს უმნიშვნელოც და მნიშვნელოვანიც. კომპრესორის გადანჯის შემდეგ დაბინძურების თვალსაზრისით სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენს მუავა.

რეგენერაცია განისაზღვრება, როგორც მაცივარაგენტის მეორადი გადამუშავება სისუფთავის სასურველ ხარისხამდე. ყველა მწარმოებელი იძლევა რეკომენდაციას, რომ ამოღებული და გადამუშავებული მაცივარაგენტის სისუფთავის ხარისხი უნდა უტოლდებოდეს ქარხნის მიერ გამოშვებული მაცივარაგენტის ხარისხს. გადამუშავების ძირითად არსს წარმოადგენს ანალიზების მთლიანი ციკლის ჩატარება და ამოღებული მაცივარაგენტის გადამუშავება მწარმოებლის მიერ სერტიფიკატში მითითებულ ტექნიკურ მოთხოვნამდე.

ბევრ სხვადასხვა გადასამუშავებელ დანადგარს შეუძლია უზრუნველყოს გადამუშავებული მაცივარაგენტის სისუფთავის სასურველი დონე.

გადასამუშავებელ სისტემაში მაცივარაგენტი შედის როგორც ორთქლის, ისე სითხის სახით. თავდაპირველად იგი ხვდება შერევის საკანში, სადაც მიმდინარეობს სინქარის დაცემა, რაც იძლევა ორთქლის შემრევის ზედა საკანში ასვლის საშუალებას. ამ პროცესის მიმდინარეობის დროს დამაბინძურებელი ნივთიერებები: სპილენძის ფხაურები, ნახშირბადი, ზეთი, მუავები და სხვა ელემენტები გროვდება სეპარატორის ძირში. დისტილირებული ორთქლი გადადის კონდენსატორში, რომელიც ცივდება გარემოს ჰაერით და მაცივარაგენტი თხევადდება. შემდეგ სითხე ხვდება სტაციონარულ შემრევ საკანში. საკნის შიგნით საორთქლებლის ბლოკი ახდენს ტემპერატურის დაცემას 56°C -იდან გადამეტებულების ტემპერატურამდე, რომელიც $3+4^{\circ}\text{C}$ ის ტოლია. არასტაციონარული გამომშრობი ფილტრი მაცივარაგენტს აცლის ტენს და მასთან ერთად დამაბინძურებელ მიკრონაწილაკებს. გაცივებული მაცივარაგენტის შენახვა ხდება ნებისმიერ ბალონში.

16.3. ამოღებული მაცივარაგენტის უსაფრთხო მოხმარების წესები

- თავდაპირველად აუცილებლად უნდა გავცნოთ მოწყობილობებს, რომლებიც გამოიყენება მაცივარაგენტების ამოსაღებად. თხევადი მაცივარაგენტების კანთან შეხებამ შესაძლოა გამოიწვიოს კანის დამწვრობა. არ უნდა დაუშვათ მაცივარაგენტის კანთან კონტაქტი, რისთვისაც უნდა ვისარგებლოთ დამცავი ხელთათმანებით;
- მაცივარაგენტი შესაძლოა ამოვიღოთ ძლიერ დაბინძურებული სისტემიდან. მუავა წარმოადგენს დაშლის პროდუქტს. ამ დროს შეიძლება წარმოიქმნას როგორც ქლორწყალბადის, ისე ფტორის მუავები. დაბინძურებული დანადგარის მომსახურების დროს აუცილებელია გავითვალისწინოთ უსაფრთხოების საჭირო ზომები, რათა არ მოხდეს ზეთის წვეთების შეხება მაცივარაგენტის ორთქლიან კანზე ან ტანსაცმელზე;
- გამოვიყენოთ დამცავი მოწყობილობები, ისეთები, როგორიცაა დამცავი სათვალეები, სპეცტანსაცმელი, ხელთათმანები, დამცავი ქუდები და სხვა.
- მაცივარაგენტის ორთქლი შესაძლოა იყოს სახიფათო, თუ ის მოხვდა სასუნთქ არხში; შენობაში არ უნდა იყოს ინტენსიური ვენტილაცია.
- დარწმუნებული უნდა ვიყოთ, რომ მოწყობილობის ყველა ძალოვანი კაბელი გამორთულია წრედიდან. საჭიროა გამოვრთოთ კვების ბლოკი ავარიული ამომრთველისა და მახლოკირებული მოწყობილობების მეშვეობით;
- ცილინდრის ტრანსპორტირებისას უნდა ვისარგებლოთ სპეციალური ბორბლებიანი ურიკით. ხელის ურიკის გამოყენებისას მასზე მაგრად უნდა დავამაგროთ ბალონი, არასოდეს არ გააგოროთ მაცივარაგენტის ბალონები;
- გამოიყენეთ მაღალი ხარისხის შლანგები, დარწმუნებული იყავით შეერთების წერტილების ჰერმეტიულობასა და სიმტკიცეში, რეგულარულად შეამოწმეთ შლანგების შუასადებები;
- შლანგები და ელექტროდამაგრძელებელი სადენები ხშირად ქმნიან პრობლემებს, შლანგები უნდა განლაგდეს თვალსაჩინოდ, რათა შემცირდეს რისკის დონე.

17. სერტიფიკაციის სისტემა მაცივარაგენტებთან მუშაობისათვის

მუშაობა ნივთიერებებთან, რომლებიც დღეს გამოიყენება სასაცხოვრო ტექნიკაში და ამაქაფებელ საშუალებებად, ასევე ჰეფ-ის შემცველებად, ხშირად მოითხოვს სპეციალურ ცოდნასა და უნარებს. ასე, მაგალითად, იზოტანონი, რომელიც გამოიყენება მაცივრების თანამედროვე ენერგოეფექტურ მოდელებში მაცივარაგენტად, ხანძარშია, ხოლო ციკლოპენტანი, გამოყენებული თბოსაიზოლაციო მასალების დასამზადებლად, ფეთქებადსააშია, ამიტომ მეტად მნიშვნელოვანია ზუსტად იყოს დაცული ტექნოლოგია და გაგებული პროცესების არსი, რომლებიც მიმდინარეობს მოწყობილობების წარმოებისა და ექსპლუატაციის დროს. ეკოლოგიურად უსაფრთხო და ეკონომიური სასაცხოვრო ტექნიკის წარმოება-მომსახურებისათვის ყველა აუცილებელი ჩვევითა და ცოდნით აღჭურვილი კადრების მოსამზადებლად აუცილებელია სასწავლო პროგრამების სათანადო დონეზე მომზადება და გამოყენება.

უკანასკნელ წლებში ბრიტანეთში იზრდება სისტემების რიცხვი, რომლებიც იყენებენ მაცივარაგენტებს დაბალი გლობალური დათბობის პოტენციალით (გდპ). ისინი ნაკლებ ზიანს აყენებენ გარემოს, მაგრამ მათი ექსპლუატაცია დაკავშირებულია დიდ რისკთან მოსარგებლისა და მომსახურე პერსონალისათვის. ამის გამო წარმოიშვა აუცილებლობა სპეციალისტების სერტიფიკაციის სისტემის შექმნის ბუნებრივ მაცივარ-აგენტებთან მუშაობისათვის.

ორი ბრიტანული სასერტიფიკაციო ორგანიზაციიდან ერთმა, City and Guilds, ახლახან აამოქმედა დამატებითი მოდული სპეციალისტების მომზადებისა და ატესტაციის, რომლებიც მუშაობენ ბუნებრივ მაცივარ-აგენტებზე მომუშავე სასაცხოვრო დანადგარებთან, ჰაერის კონდიციონერებისა და თბური ტუმბოების სისტემებთან.

მოდული მოიცავს პროექტირების, დანადგარების, ტესტირების, ნახშირწყალბადების მაცივარაგენტებზე, ნახშირორჟანგსა და ამიაკზე დანადგარების ექსპლუატაციის და მომსახურების თეორიულ და პრაქტიკულ ასპექტებს. მაგალითად, ნახშირწყალბადების ნაწილში შედის შესაძლო რისკების შესწავლა, რომლებიც გამოწვეულია:

- ნახშირწყალბადების წვადობით;
- დუღილის დაბალი ტემპერატურით;
- სუნთქვისათვის უვარგისობით;
- ღია ცეცხლის სიახლოვით და ა.შ.

გარდა ამისა, მსმენელმა უნდა იცოდეს:

- ნახშირწყალბადებთან დაკავშირებით მოქმედი სტანდარტები და ნორმები;
- სისტემის კონსტრუქციის თავისებურებანი, გამოწვეული მაცივარაგენტის აალებით;
- სისტემის უსაფრთხო ექსპლუატაციის და მომსახურების პრინციპები.

პრაქტიკულ ნაწილში შედის:

- შესაძლო რისკების შეფასება;
- სათანადო ინსტრუმენტების შერჩევა და მათით უსაფრთხო სარგებლობის უნარი (ცოდნა);
- რჩილვა და კომპონენტების შეცვლა;
- ჰერმეტიკულობის შემოწმება წნევის ქვეშ;
- მაცივარაგენტის ამოღება;

- სისტემის შეკეთება;
- ჰერმეტიზაცია;
- გაუონვის აღმოჩენა;
- სისტემის მუშაობის უნარის შემოწმება, მისი ეფექტიანობის განსაზღვრა.

ნაციონალურ დონეზე აღიარებული სერტიფიკატის მიღების შემდეგ სპეციალისტს შეუძლია გაიაროს ნებაყოფლობითი რეგისტრაცია „ცოდნის (უნარების) პასპორტის“ მისაღებად, რომელსაც ერთობლივად გასცემს სასერტიფიკაციო ორგანიზაცია Constrution Skills და კლიმატური და სასაცხოვრო ინდუსტრიის საბჭო (ACRIB). პასპორტი წარმოადგენს სპეციალისტის კვალიფიკაციის დამოუკიდებელ მტკიცებულებას. ქვემოთ წარმოდგენილია სასწავლო პროგრამის გეგმა, რომელიც დამუშავებულია მოწყობილობების POZIS ბაზაზე და მიმოიხილავს შემდეგ ძირითად საკითხებს:

- სასაცხოვრო ტექნიკა: ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა;
- სასაცხოვრო ტექნიკის განვითარების ისტორია პირველი მაცივრიდან დღევანდამდე;
- სასაცხოვრო კონტურის მუშაობის პრინციპი და მისი კომპონენტები;
- “POZIS” – საყოფაცხოვრებო და სამედიცინო საჭიროების სასაცხოვრო მოწყობილობების წამყვანი სამამულო მწარმოებელი;
- თანამედროვე საყოფაცხოვრებო მაცივრები და საყინულები;
- მოთხოვნები საყოფაცხოვრებო მაცივრებზე;
- თანამედროვე საყოფაცხოვრებო მაცივრის კონსტრუქცია;
- ექსპლუატაციისა და მომსახურების თავისებურებანი;
- თანამედროვე სავაჭრო-სასაცხოვრო მოწყობილობები;
- მოთხოვნები სავაჭრო-სასაცხოვრო მოწყობილობებისადმი;
- თანამედროვე სავაჭრო-სასაცხოვრო მოწყობილობების კონსტრუქცია;
- ექსპლუატაციისა და მომსახურების თავისებურებანი;
- თანამედროვე ფარმაცევტული და სამედიცინო სასაცხოვრო მოწყობილობები;
- მოთხოვნები სამედიცინო სასაცხოვრო მოწყობილობებისადმი;
- თანამედროვე სამედიცინო სასაცხოვრო მოწყობილობების კონსტრუქცია;
- ექსპლუატაციისა და მომსახურების თავისებურებანი;
- უარი ჰქფნ-ის გამოყენებაზე, გადასვლა ტექნოლოგიებზე ჰქფნ-ის გამოყენების გარეშე;
- ჰქფნ და ჰქფნ, მათი გავლენა ოზონის შრეზე და გლობალურ დათბობაზე;
- საერთაშორისო შეთანხმებები, ოდნ და სათბურის აირებზე, მათი დაუცველობის შედეგები;
- ალტერნატიული ეკოლოგიურად უსაფრთხო მაცივარაგენტები;
- ეკოლოგიურად უსაფრთხო მაცივარაგენტების მიმოხილვა;
- იზობუტანთან (R600b) მუშაობის თავისებურებანი, უსაფრთხოების ზომები;
- ალტერნატიული ეკოლოგიურად უსაფრთხო ამქაფებლები;
- ეკოლოგიურად უსაფრთხო ამქაფებელი აგენტების მიმოხილვა;
- ციკლოპენტანი – გამოყენების თავისებურებანი, უსაფრთხოების ზომები;
- აქაფების ტექნოლოგია პენტანისა და ციკლოპენტანის გამოყენებით;
- უსაფრთხოების ტექნიკა ციკლოპენტანის გამოყენებისას ამქაფებელ აგენტად.

დანართი 1

ცხრილი 1. ოდნ-ის კლასიფიკაცია „მონრეალის ოქმის“ ჩარჩოებში, ოზონის შრის დამშლელი ნივთიერებების მიხედვით

კლასიფიკაცია ოზონის შრეზე მოქმედების მიხედვით	ნივთიერება	ოდპ	მარეგულირებელი დოკუმენტი „მონრეალის ოქმი“
ოზონდამშლელები	ქლორფტორნახშირბადი (ქფნ), ოთხქლორიანი ნახშირბადი (ოქნ), მეთილქლოროფორმი (მქფ), ჰალონები, ბრომმეთილი	>0,11	დანართი A, დანართი B, დანართი E
გარდამავალი	ჰიდროქლორფტორნახშირბადები (ჰქფნ)	<0,11	დანართი C
ოზონუსაფრთხო	ჰიდროფტორნახშირბადები (ჰფნ), ჰიდროფტოროლეფინები (ჰფო), ჰიდროქლორფტოროლეფინები (ჰქფო), ფტორნახშირბადები (ფნ)	0	არ რეგულირდება

ცხრილი 2. ოზონდამშლელი ნივთიერებების მწარმოებელი ქვეყნები
წყარო: მე-7 მუხლის მონაცემები 2010 საანგარიშო წლისათვის

ჯგუფი	მწარმოებელი ქვეყანა
ქლორფტორნახშირბადები (ქფნ)	ჩინეთი, ინდოეთი, რუსეთის ფედერაცია
ჰალონები	ჩინეთი, კორეის რესპუბლიკა (2009 წ. მონაცემები)
ოთხქლორიანი ნახშირბადი	ჩინეთი, იაპონია
ჰიდროქლორფტორ-ნახშირბადები (ჰქფნ)	არგენტინა, კანადა, ჩინეთი, კორეის სახალხო დემოკრატიული რესპუბლიკა, საფრანგეთი, გერმანია, ინდოეთი, იაპონია, მექსიკა, ნიდერლანდები, კორეის რესპუბლიკა, რუსეთის ფედერაცია, ესპანეთი, აშშ, ვენესუელა
მეთილბრომიდი	ჩინეთი, ისრაელი, იაპონია, აშშ

ცხრილი 3. ოდნ-ების კონტროლის პირველადი ზომები და ხმარებიდან საბოლოო ამოღება განვითარებად ქვეყნებში

დანართი	ოდნ-ის ტიპი	პირველი კონტროლის ზომა მე-5 მუხლის ფარგლებში მოქმედი ქვეყნისათვის	საბოლოო ამოღება მე-5 მუხლის ფარგლებში მოქმედი ქვეყნისათვის
A-I	CFC (5 მთავარი ტიპი)	გაყინვა 1999 წელს	ამოღება 2010 წელს
A-II	ჰალოგენები	გაყინვა 2002 წელს	ამოღება 2010 წელს
B-I	სხვა CFC	20%-ით შემცირება 2003 წელს	ამოღება 2010 წელს
B-II	ნახშირბადის ტეტრაქლორიდი	80%-ით შემცირება 2005 წელს	ამოღება 2010 წელს
B-III	მეთილქლოროფორმი	გაყინვა 2003 წელს	ამოღება 2015 წელს
C-I	HCFC	გაყინვა 2016 წელს	ამოღება 2040 წელს
C-II	HBFC HHB	ამოღება 1996 წელს	ამოღება 1996 წელს
C-III	ბრომქლორმეთანი	ამოღება 2002 წელს	ამოღება 2002 წელს
E	მეთილბრომიდი	გაყინვა 2002 წელს	ამოღება 2015 წელს

დანართი 2

„ოზონის შრის დამზღუდვ ნივთიერებათა შესახებ“ მონრეალის 1987 წლის ოქმის A, B, C და E დანართებით განსაზღვრული ოზონდამზღუდვ ნივთიერებები და მათი ნარეკები (A და B დანართები)

სისტემატური დასახელება	ქიმიური ფორმულა	დასახელება „მონრეალის ოქმის“ მიხედვით (ინგლისურ ენაზე)	საიმპორტო კოდი ჰარმონიზებული სისტემით	გადაწყვეტილება
1. ტრიქლორფტორმეთანი	CFCI3	CFC-11	2903 77	აკრძალული
2. დიქლორდიფტორმეთანი	CF2CI2	CFC-12	2903 77	აკრძალული
3. ტრიქლორტრიფტორმეთანი	C2F3CI3	CFC-113	2903 77	აკრძალული
4. დიქლორტეტრაფტორმეთანი	C2F4CI2	CFC-114	2903 77	აკრძალული
5. ქლორპენტაფტორმეთანი	C2F5CI	CFC-115	2903 77	აკრძალული
6. ქლორბრომდიფტორმეთანი	CBrCIF2	Halon-1211	2903 76	აკრძალული
7. ბრომტრიფტორმეთანი	CBrF3	Halon-1301	2903 76	აკრძალული
8. დიბრომტეტრაფტორმეთანი	C2Br2F4	Halon-2402	2903 76	აკრძალული
9. ქლორტრიფტორმეთანი	CF3CI	CFC-13	2903 77	აკრძალული
10. პენტაქლორფტორმეთანი	C2FCI5	CFC-111	2903 77	აკრძალული
11. ტეტრაქლორდიფტორმეთანი	C2F2CI4	CFC-112	2903 77	აკრძალული
12. ჰექსაქლორფტორპროპანი	C3FCI7	CFC-211	2903 77	აკრძალული
13. ჰექსაქლორდიფტორპროპანი	C3F2CI6	CFC-212	2903 77	აკრძალული
14. პენტაქლორტრიფტორპროპანი	C3F3CI5	CFC-213	2903 77	აკრძალული
15. ტეტრაქლორტეტრაფტორპროპანი	C3F4CI4	CFC-214	2903 77	აკრძალული
16. ტრიქლორპენტაფტორპროპანი	C3F5CI3	CFC-215	2903 77	აკრძალული
17. დიქლორჰექსაფტორპროპანი	C3F6CI2	CFC-216	2903 77	აკრძალული
18. ქლორჰექსაფტორპროპანი	C3F7CI	CFC-217	2903 77	აკრძალული
19. ტეტრაქლორმეთანი	CCI4	CTC	2903 14	აკრძალული
20. 1,1,1-ტრიქლორმეთანი	C2H3CI3	TCA, MCF	2903 19	აკრძალული

(C დანართი)

სისტემატური დასახელება	ქიმიური ფორმულა	დასახელება „მონრეალის ოქმის“ მიხედვით (ინგლისურ ენაზე)	საიმპორტო კოდი ჰარმონიზებული სისტემით	გადაწყვეტილება
1. დიქლორფტორმეთანი	CHFCI ₂	HCFC-21	2903 79	აკრძალული
2. წყალბადქლორფტორნახშირბადი	CHF ₂ CI	HCFC-22	2903 71	კვოტირებული
3. ქლორფტორმეთანი	CH ₂ FCI	HCFC-31	2903 79	აკრძალული
4. ტეტრაქლორფტორეთანები	C ₂ HFCI ₄	HCFC-121(3)	2903 79	აკრძალული
5. ტრიქლორდიფტორეთანები	C ₂ H ₂ FCI ₃	HCFC-122(3)	2903 79	აკრძალული
6. დიქლორტრიფტორეთანები	C ₂ HFCI ₃ CI ₂	HCFC-123	2903 72	აკრძალული
7. 2,2-დიქლორ-1,1,1-ტრიფტორეთანი	CHCI ₂ CF ₃	HCFC-123	2903 79	აკრძალული
8. ქლორტეტრაფტორეთანები	C ₂ H ₂ F ₄ CI	HCFC-124	2903 79	აკრძალული
9. 2-ქლორ-1,1,1,2-ტეტრაფტორეთანი	CHFCICF ₃	HCFC-124(3)	2903 79	აკრძალული
10. ტრიქლორფტორეთანები	C ₂ H ₂ FCI ₃	HCFC-131	2903 79	აკრძალული
11. დიქლორდიფტორეთანები	C ₂ H ₂ F ₂ CI ₂	HCFC-132	2903 79	აკრძალული
12. ქლორტრიფტორეთანები	C ₂ H ₂ F ₃ CI	HCFC-133	2903 79	აკრძალული
13. დიქლორფტორეთანები	C ₂ H ₃ FCI ₂	HCFC-141	2903 73	აკრძალული
14. 1,1-დიქლორ-1-ფტორეთანი	CH ₃ CFCI ₂	HCFC-141b(3)	2903 73	აკრძალული
15. ქლორდიფტორეთანები	C ₂ H ₃ F ₂ CI	HCFC-142	2903 74	აკრძალული
16. 1-ქლორ-1,1-დიფტორეთანი	CH ₃ CF ₂ CI	HCFC-142b	2903 74	აკრძალული
17. ქლორფტორეთანები	C ₂ H ₄ FCI	HCFC-151	2903 79	აკრძალული
18. ჰექსაქლორფტორპროპანები	C ₃ HFCI ₆	HCFC-221	2903 79	აკრძალული
19. პენტაქლორდიფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₂ CI ₅	HCFC-222	2903 79	აკრძალული
20. ტეტრაქლორტრიფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₃ CI ₄	HCFC-223	2903 79	აკრძალული
21. ტრიქლორტეტრაფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₄ CI ₃	HCFC-224	2903 79	აკრძალული
22. დიქლორპენტაფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₅ CI ₂	HCFC-225	2903 75	აკრძალული
23. 1,1-დიქლორ-2,2,3,3,3-პენტაფტორპროპანი	CF ₃ CF ₂ CHCI ₂	HCFC-225ca(3)	2903 75	აკრძალული
24. 1,3-დიქლორ-1,2,2,3,3-პენტაფტორპროპანი	CF ₂ CF ₂ CHCI ₂ F	HCFC-225cb(3)	2903 75	აკრძალული
25. ქლორჰექსაფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₆ CI	HCFC-226	2903 79	აკრძალული
26. პენტაქლორფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₅ CI	HCFC-231	2903 79	აკრძალული
27. ტეტრაქლორდიფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₄ CI ₂	HCFC-232	2903 79	აკრძალული
28. ტრიქლორტრიფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₃ CI ₃	HCFC-233	2903 79	აკრძალული
29. დიქლორტეტრაფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₄ CI ₂	HCFC-234	2903 79	აკრძალული
30. ქლორპენტაფტორპროპანები	C ₃ H ₂ F ₅ CI	HCFC-235	2903 79	აკრძალული
31. ტეტრაქლორფტორპროპანები	C ₃ H ₃ FCI ₄	HCFC-241	2903 79	აკრძალული
32. ტრიქლორდიფტორპროპანები	C ₃ H ₃ F ₂ CI ₃	HCFC-242	2903 79	აკრძალული
33. დიქლორტრიფტორპროპანები	C ₃ H ₃ F ₃ CI ₂	HCFC-243	2903 79	აკრძალული
34. ქლორტეტრაფტორპროპანები	C ₃ H ₃ F ₄ CI	HCFC-244	2903 79	აკრძალული
35. ტრიქლორტეტრაფტორპროპანები	C ₃ H ₄ F CI ₃	HCFC-251	2903 79	აკრძალული
36. დიქლორდიფტორპროპანები	C ₃ H ₄ F ₂ CI ₂	HCFC-252	2903 79	აკრძალული
37. ქლორტრიფტორპროპანები	C ₃ H ₄ F ₃ CI	HCFC-253	2903 79	აკრძალული
38. დიქლორფტორპროპანები	C ₃ H ₅ F CI ₂	HCFC-261	2903 79	აკრძალული
39. ქლორდიფტორპროპანები	C ₃ H ₅ F ₂ CI	HCFC-262	2903 79	აკრძალული

40. ქლორფტორპროპანები	C3H6F Cl	HCFC-271	2903 79	აკრძალული
41. დიბრომფტორმეთანი	CHFBr2		2903 79	აკრძალული
42. ბრომდიფტორმეთანი	CHF2Br	HBFC-22B1	2903 79	აკრძალული
43. ფტორბრომმეთანი	CH2FBr		2903 79	აკრძალული
44. ტეტრაბრომფტორმეთანი	C2HFBr4		2903 79	აკრძალული
45. ტეტრაბრომდიფტორმეთანი	C2HF2Br3		2903 79	აკრძალული
46. დიბრომტრიფტორმეთანი	C2HF3Br2		2903 79	აკრძალული
47. ტეტრაფტორბრომმეთანი	C2HF4Br		2903 79	აკრძალული
48. ტეტრაბრომფტორმეთანი	C2H2FBr3		2903 79	აკრძალული
49. დიბრომდიფტორმეთანი	C2H2F2Br2		2903 79	აკრძალული
50. ტრიფტორბრომმეთანი	C2H2F3Br		2903 79	აკრძალული
51. დიბრომფტორმეთანი	C2H3FBr2		2903 79	აკრძალული
52. ბრომდიფტორმეთანი	C2H3F2Br		2903 79	აკრძალული
53. ბრომფტორმეთანი	C2H4FBr		2903 79	აკრძალული
54. ჰექსაბრომფტორპროპანი	C3HFBr6		2903 79	აკრძალული
55. პენტაბრომდიფტორპროპანი	C3HF2Br5		2903 79	აკრძალული
56. ტეტრაბრომტრიფტორპროპანი	C3HF3Br4		2903 79	აკრძალული
57. ტრიბრომტეტრაფტორპროპანი	C3HF4Br3		2903 79	აკრძალული
58. დიბრომპენტაფტორპროპანი	C3HF5Br2		2903 79	აკრძალული
59. ჰექსაფტორბრომპროპანი	C3HF6Br		2903 79	აკრძალული
60. პენტაბრომფტორპროპანი	C3H2FBr5		2903 79	აკრძალული
61. ტეტრაბრომდიფტორპროპანი	C3H2F2Br4		2903 79	აკრძალული
62. ტრიბრომტრიფტორპროპანი	C3H2F3Br3		2903 79	აკრძალული
63. დიბრომტეტრაფტორპროპანი	C3H2F4Br2		2903 79	აკრძალული
64. პენტაფტორბრომპროპანი	C3H2F5Br		2903 79	აკრძალული
65. ტეტრაბრომფტორპროპანი	C3H3FBr4		2903 79	აკრძალული
66. ტრიბრომდიფტორპროპანი	C3H3F2Br3		2903 79	აკრძალული
67. დიბრომტრიფტორპროპანი	C3H3F3Br2		2903 79	აკრძალული
68. ტეტრაფტორბრომპროპანი	C3H3F4Br		2903 79	აკრძალული
69. ტრიბრომფტორპროპანი	C3H4FBr3		2903 79	აკრძალული
70. დიბრომდიფტორპროპანი	C3H4F2Br2		2903 79	აკრძალული
71. ტრიფტორბრომპროპანი	C3H4F3Br		2903 79	აკრძალული
72. დიბრომფტორპროპანი	C3H5FBr2		2903 79	აკრძალული
73. დიფტორბრომპროპანი	C3H5F2Br		2903 79	აკრძალული
74. ბრომფტორპროპანი	C3H6FBr		2903 79	აკრძალული
75. ბრომქლორმეთანი	CH2BrCl		2903 79	აკრძალული

(E დანართი)

სისტემატური დასახელება	ქიმიური ფორმულა	დასახელება „მონრეალის ოქმის“ მიხედვით (ინგლისურ ენაზე)	საიმპორტო კოდი ჰარმონიზებული სისტემით	გადაწყვეტილება
მეთილბრომიდი	CH3Br		2903 39 11	მხოლოდ საკარანტინო და გადაზიდვის წინა მოხმარებისათვის

(F დანართი)

ჯგუფი/ნივთიერება	100-წლიანი გდპ
ჯგუფი I	
ჰენ -32	675
ჰენ -41	92
ჰენ -125	3500
ჰენ -1 34	1100
ჰენ -134a	1430
ჰენ -143	353
ჰენ -143a	4470
ჰენ-152	53
ჰენ -152a	124
ჰენ -161	12
ჰენ-227ea	3220
ჰენ-236cb	1340
ჰენ-236ea	1370
ჰენ-236fa	9810
ჰენ-245ca	693
ჰენ-245fa	1030
ჰენ-365mfc	794
ჰენ-43-10mee	1640
ჰენ-1234yf (HFO 1234yf)	4
ჰენ-1234ze (E) (HFO 1234ze (E))	6
ჯგუფი II	
ჰენ-23	14 800

დანართი 3

„მონრეალის ოქმის“ ძირითადი დებულებების შემცველი მუხლები: 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10.

- **მუხლი 2. რეგულირების ღონისძიებები.** ობონდამშლელი ნივთიერებების წარმოებისა და მოხმარების ეტაპობრივი შეწყვეტის გრაფიკი.
- **მუხლი 4. ოდნ-ით ვაჭრობის კონტროლი.** ეს ღონისძიებები განკუთვნილია იმისათვის, რათა წაახალისონ ქვეყნები მიუერთდნენ „მონრეალის ოქმს“ და ასევე ოდნ-ის მწარმოებელ ქვეყნებს, რომლებიც არ არიან „მონრეალის ოქმის“ მხარეები, ააცილონ რეგულირების ღონისძიებები.
- **მუხლი 5. განვითარებადი ქვეყნების სპეციალური სტატუსი.** „მონრეალის ოქმის“ ერთ-ერთი დამახასიათებელი თავისებურებაა განვითარებად ქვეყნებთან დაკავშირებული განსაკუთრებული რეჟიმი. ამ მუხლის თანახმად, განვითარებულ ქვეყნებს, ოდნ-ის დადგენილი ზღვრის ქვემოთ მოხმარების დონით (ქვეყნები მოქმედი მე-5 მუხლის ჩარჩოებში) უფლება აქვთ 10 წლით გადაავადონ მე-2 მუხლში გათვალისწინებული რეგულირების ღონისძიებების დაცვა „თავიანთი ძირითადი შიგა მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებისათვის“;
- **მუხლი 6.** ამ მუხლის შესაბამისად, 4 წელიწადში ერთხელ მაინც ტარდება ობონის შრის რღვევის სამეცნიერო, ეკოლოგიური, ტექნიკური და ეკონომიური ასპექტების რეგულირების ღონისძიებათა გადასინჯვა, უახლესი ინფორმაციის განხილვისა და შეფასების საფუძველზე. მაგალითად, ზუსტად ამგვარი სამეცნიერო შეფასებების საფუძველზე მოხდა „მონრეალის ოქმის“ შესწორება და კორექტირება.
- **მუხლი 7,** ითვალისწინებს თითოეული რეგულირებადი ნივთიერების წარმოების, იმპორტისა და ექსპორტის შესახებ სტატისტიკური მონაცემების ყოველწლიურ წარდგენას ობონის სამდივნოში. ამ მონაცემების საფუძველზე მიმართავენ ოდნ-ის რეგულირების შესაბამის ღონისძიებებს, მუშავდება ოდნ-ის წარმოებისა და გამოყენების ეტაპობრივი შემცირების სტრატეგია, აუცილებელი ხდება ფინანსური დახმარების გამოყოფა „მონრეალის ოქმის“ შესასრულებლად.
- **მუხლი 8. დაუცველობა.** ამ მუხლის თანახმად მიღებულია პროცედურა, რომელიც ეხება მონრეალის ოქმის დაუცველობას. ეს პროცედურა ითვალისწინებს გარკვეულ ღონისძიებებს იმ მხარეების მიმართ, რომლებიც არ იცავენ დებულებას, მონაცემთა წარდგენის, ვაჭრობასთან დაკავშირებული მდგომარეობისა და რეგულირების ღონისძიებების მოთხოვნის ჩათვლით. ამ პროცედურისათვის შექმნილი აღმასრულებელი კომიტეტი განიხილავს დაუცველობის სავარაუდო შემთხვევებს; კომიტეტი „მონრეალის ოქმის“ დაუცველობის შემთხვევების შესახებ ინფორმაციას წარადგენს მხარეთა თათბირზე და რეკომენდაციას იძლევა გატარდეს შემდეგი ტიპის ღონისძიებები:
 - ტექნიკური ან ფინანსური მხარდაჭერა;
 - გაფრთხილება;
 - „მონრეალის ოქმის“ მხარის სტატუსის შეჩერება;
- **მუხლი 10. ფინანსური მექანიზმები.** ეს არის მუხლი ტექნოლოგიის გადაცემის შესახებ და მხარეებისაგან მოითხოვს შესაძლებლობების ფარგლებში, სამართლიანი და ხელსაყრელი პირობების დაცვით, ყველა ძალა იხმარონ, რომ განვითარებად ქვეყნებს გადასცენ არსებული ეკოლოგიურად უსაფრთხო საუკეთესო შემცველები და მათი ტექნოლოგიები.

დანართი 4

ცხრილი 5. ბუნებრივი მაცივარაგენტის – ამიაკის მახასიათებლები

დადებითი მახასიათებლები	უარყოფითი მახასიათებლები
– ოზონის შრეზე ნულოვანი ზემოქმედება – დაბალი ღირებულება (საერთო მიღწევადობა) – დაბალი სიმკვრივე ჰაერთან შედარებით – გაცივების მაღალეფექტური ციკლი – თბოგადაცემის მაღალი პოტენციალი – მაღალი მოცულობითი მწარმოებლობა – მუშაუნევის დაბალი სიდიდე – მძაფრი სუნი, რომელიც ემსახურება აირის გამოდინების ეფექტურობის დადგენას – მილგაყვანილობის მცირე გაბარიტული ზომები – სამრეწველო სექტორში გამოყენების დიდი შესაძლებლობა	– ზოგიერთ მასალებთან შეუთავსებლობა – ტოქსიკურობა – აალებადობა (ჰაერის კონცენტრაციის 16%-დან 25%-მდე შემცველობის დროს) – ცუდი შერევა კომპრესორის ზეთთან – დაჭირხვნის წნევის მაღალი სიდიდე – კონდენსატორის წყლით გაცივების გამოყენების აუცილებლობა – სპილენძთან რეაქციაში შესვლა – საგანგებო სიტუაციების შემთხვევებისათვის პერსონალის მომზადების აუცილებლობა

ცხრილი 6. CO₂ დადებითი და უარყოფითი მახასიათებლები

უპირატესობანი	ნაკლოვანებები
ოზონდამშლელი პოტენციალი ნულის ტოლია	ძალიან მაღალი მუშა წნევა, რაც საშიშროებას უქმნის უსაფრთხოებას
გლობალური დათბობის პოტენციალი ერთის ტოლია	დაბალი კრიტიკული წერტილი +31°C
მინიმალურად დაბალი ღირებულება	შედარებით მაღალი სამმაგი წერტილი –56,6°C
არატოქსიკურობა	დიდი კაპიტალური დანახარჯები
მაღალი მოცულობითი მწარმოებლობა	ჰაერთან შედარებით ორთქლის მაღალი სიმკვრივე
კომპრესორის ცილინდრის მცირე მუშა მოცულობა	არ არსებობს მუშაობის გამოცდილება
მილგაყვანილობის მცირე დიამეტრი	
სითბოს რეგენერაციის კარგი პოტენციალი	
ენერგოეფექტურობა	

დანართი 5

ცხრილი 7. HCFC-22 და R290 მაცივარაგენტებზე მომუშავე კონდიციონერების შედარებითი მახასიათებლები

მახასიათებლები	HCFC-22	R290
ნომინალური სიმძლავრე	5,19 კვტ.	4,83 კვტ.
ნომინალური COD (გაცივება)	3,08	3,60
საორთქლებლის ტიპი	შენიბოებული მილი	შენიბოებული მილი
საორთქლებლის ბლოკის მოცულობა	5,45 ლ.	5,45 ლ.
საორთქლებლის მილების რაოდენობა, კონტურის	32,3	32,3
საორთქლებლის საჰაერო ნაკადი	850 მ ³ /სთ.	850 მ ³ /სთ.
კონდენსატორის ტიპი	PFC	PFC
კონდენსატორის ბლოკის მოცულობა	6,06 ლ.	6,03 ლ.
კომპრესორის მუშა მოცულობა	5,27 მ ³ /სთ.	5,39 მ ³ /სთ.
კონდენსატორის მილების რაოდენობა	52	52
კომპრესორის COP	3,10	3,38
კაპილარული მილი	0,8 მ., 3,0 მმ.	0,65 მ., 3,2 მმ.
მაცივარაგენტით შევსება	0,75 კგ.	0,36 კგ.

დანართი 6

ცხრილი 8. ჰფნ-ზე უარის თქმის ღონისძიებები

კომპანიები	ჰფნ-ზე უარის თქმა
Pepsico	დამონტაჟებულია 200 ათასი მაცივარი ჰფნ-ის გარეშე, მსოფლიოს 30 ქვეყანაში გამოიყენება მოწყობილობა ჰფნ-ის გარეშე. 2009 წ. თურქეთში და 2011 წ. რუსეთში დანადგარები მხოლოდ ბუნებრივ მაცივარაგენტებზე იყო გათვალისწინებული.
Coca-cola Company	2012 წლისათვის დაყენებულია 800 ათასი მაცივარი. კომპანია იძენს მოწყობილობებს თბოიზოლაციის გარეშე.
Red Bull	უკვე დადგმულია 313 ათასი მოწყობილობა ჰფნ-ის გარეშე. 2010 წ. შეისყიდა მოწყობილობები მხოლოდ ნახშირწყლებზე.
Unilever	2012 წლისათვის დამონტაჟებულია 800 ათასი მაცივარი ჰფნ-ის გარეშე.
McDonalds	2012 წ. კომპანიაში დამონტაჟდა 3,3 ათასი მაცივარი ხორცის შესანახი გაყინული პროდუქტების მაცივარ-კარადები, სალათის ვიტრინები.
Nestle	ევროპის ქვეყნებში, ავსტრალიაში, მალაიზიაში, ჩილესა და ამერიკის შეერთებული შტატები უკვე გამოიყენება ერთი ათასამდე მაცივრები ნაყინისათვის, რომელიც მუშაობს ნახშირწყალბადებზე. საწარმოთა სიმძლავრეთა 90% გამართულია ბუნებრივ მაცივარაგენტებზე მომუშავე მოწყობილობებით.
Heineken	დადგმულია 130 ათასი ვიტრინა ნახშირწყლებიანი სასმელებისათვის, ახალი მაცივრების გამოყენების ხარჯზე. 2020 წლისათვის კომპანია გეგმავს ორჯერ შეამციროს თავისი ნახშირწყალბადების კვალი.
Sobcys	ახალი სტრატეგია ითვალისწინებს ახალი მაღაზიების აღჭურვას მხოლოდ CO ₂ -იან მოწყობილობებით.

ცხრილი 9. ჰფნ-ის მაქსიმალური რაოდენობა ევროკავშირის ბაზარზე

წლები	ჰფნ-ის რაოდენობა %-ში საშუალო წლიური მნიშვნელობიდან 2009-2012 წწ. პერიოდში
2015	100%
2016-2017	93%
2018-2020	63%
2021-2023	45%
2024-2026	31%
2027-2029	24%
2030	21%

ცხრილი 10. ნაწარმისა და მოწყობილობების ბაზარზე განთავსების აკრძალვის გრაფიკი

ნაწარმი და მოწყობილობები		მოქმედების აკრძალვის ვადის დასაწყისი
ხანძარსაწინააღმდეგო მოწყობილობები	შემცველობით ჰფნ-23	01.01.2016
საყოფაცხოვრებო მაცივრები, საყინულეები, შემცველობით ჰფნ გდპ-ით 150 ნაკლები		01.01.2015
მაცივრები და საყინულეები კომერციული სარგებლობისათვის (ჰერმეტიკი)	შემცველობა ჰფნ გდპ-ით არა ნაკლები 2500	01.01.2020
	შემცველობა ჰფნ გდპ-ით არანაკლები 150	01.01.2022
სტაციონარული მაცივარ-მოწყობილობა, შემცველობით ჰფნ გდპ-ით არანაკლებ 2500, გარდა მოწყობილობებისა იმ პროდუქტებისათვის, რომელთა ტემპერატურა არ არის -50°C-ზე მეტი		01.01.2020
აგრეგირებული ცენტრალიზებული მაცივარ-სისტემები კომერციული წარმოებისათვის მწარმოებლობით არანაკლები 40 კვტ., რომლებიც შეიცავენ ფტორიან აირებს გდპ არანაკლებ 150, კასკადური სისტემის გამოკლებით, მაცივარ-კონტურებში, სადაც დაშვებულია ფტორშემცველი აირის გამოყენება გდპ-ით არაუმეტეს 1500		01.01.2020
გადასატანი მოწყობილობა შენობის კონდიციონირებისა (ჰერმეტიკი მოწყობილობა, შენობაში გადასადგილებელი მოწყობილობით), რომლებიც შეიცავენ ჰფნ გდპ-ით არანაკლებ 150		01.01.2020
ერთბონალური მოწყობილობა კონდიციონერისა, რომელიც შეიცავს ან გამოყენებულია არაუმეტეს 3 კგ. ფტორშემცველი თბური აირი გდპ-ით არანაკლებ 750		01.01.2025
ქაფმასაღები ჰფნ გდპ-ით არანაკლებ 150 უსაფრთხოების სახელმწიფო ნორმების გამორიცხვით	ექსტრუდირებული პოლისტიროლი	01.01.2020
	სხვა ქაფმასაღები	01.01.2023
საწარმოო აეროზოლები, რომლებიც შეიცავენ ჰფნ გდპ-ით არანაკლებ 150, უსაფრთხოების სახელმწიფო ნორმების გამორიცხვით ან სამედიცინო მიზნებით გამოყენებაში		01.01.2018

გამოყენებული ლიტერატურა

1. მეგრელიშვილი ნ., 25 წელი ოზონის შრის დაცვის საქმეში, ხელოვნური სიცივე და გარემო, 2013, N1, გვ. 4-7, 28-30.
2. სულაძე ს., სასააცივრო ტექნიკა დამწყებთათვის, თბილისი, 2005, გვ74.
3. სულაძე ს., მორჩილაძე ა., ჟორჯოლიანი რ., ოზონდამშლელ და ალტერ-ნატიულ მაცივარაგენტებზე მომუშავე სასააცივრო ტექნიკის მომსახურება, თბილისი, 2000, გვ 112.
4. საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, ატმოსფერული ჰაერის სამმართველო.
5. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. Справочник. Л., Химия, 1987.
6. Дж. Андруз, П. Бримблекумб, Т. Джикелз, П. Лисс. Введение в химию окружающей среды. Москва. 1999.
7. В.А.Исидоров. Экологическая химия. Санкт-Петербург. 2001.
8. 8. დავით უ. ფეიჭი. ოცი კითხვა და პასუხი ოზონის შრის შესახებ. ოზონის გაიშვიათების სამეცნიერო შეფასება: 2002
9. Н.П.Тарасова, В.А. Кузнецов, Ю.В. Сметанников, А.В. Малков, А.А. Додонова. Задачи и вопросы по химии окружающей среды. Москва. 2002.
10. Кунина И.М. Влияние озона на растения. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., Гидрометеоиздат, 1986, т.9, с. 44-86.
11. Кунина И.М. Оценка влияния озона на фитомассу и урожай растений. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л., Гидрометеоиздат, 1987, т.10, с.115-127.
12. Калверт С, Инглунд Г.М. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. М., Металлургия, 1988.
13. WebMDHealthMedicalNews.
14. <http://www.epa.gov/airnow>
15. Лазарев Н.В., Справочник для химиков, инженеров и врачей. Вредные вещества в промышленности”, Л., Химия, 1971.

16. Nicholson J.P., Weston K.J., Fowler D. Modelling horizontal and vertical concentration profiles of ozone and oxides of nitrogen within high-latitude urban areas. *Atmospheric Environment*, 2001, 35, pp. 2009-2022.
17. Hjelbrekke A.G., Solberg S. Ozone measurements 2000. Norwegian Institute for Air Research:Kjeller. EMEP/CCC-Report5/2002/.
18. Семёнов С.М., Кунина И.М., Кухта Б.А. Тропосферный озон и рост растений в Европе. М., Метеорология и гидрология, 1999.
19. http://www.infox.ru/science/planet/2009/03/27/Ozon_razrushayet_ist.phtml
20. http://www.ozoneprogram.ru/ozon_sloi/ozon_diri/
21. <http://www.ozoneprogram.ru/>
22. <http://teplokot.ru/sta>
23. <https://commons.wikimedia.org>
24. Максимов Б.Н., Барабанов В.Г., Серушкин И.Л. и др. Промышленные фторорганические продукты, 2 е изд. – СПб.: Химия, 1996. ст. 544 с.
25. Handbook for the International Treaties for the Protection of the Ozone Layer. The Vienna Convention (1985). The Montreal Protocol (1987). Eighth Edition (2009)/ Nairobi: UNEP. Ozone Secretariat, 2009.
26. Барабанов В. Г., Блинова О. В., Зотиков В. С. и др. Озонобезопасные альтернативы и заменители. – СПб.: Химиздат, 2003, ст.304
27. Целиков В.Н. О необходимости присоединения Российской Федерации к Копен-гагенской, Монреальской и Пекинской поправкам к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой//Холодильная техника. – 2004. – № 1.
28. Целиков В.Н. Оценка уровня потребления в России гидрохлорфторуглеродов до 2020 г. и перспектив использования гидрофторуглеродов до 2033 г.//Холодильная техника. – 2009. № 11.
29. Целиков В.Н. Анализ результатов Конференции ООН по глобальному потеплению в Копенгагене и оценка перспектив.//Холодильная техника. – 2010. – № 1.
30. Бирюков А. В., Зиновьева А. С., Крутских А. В. и др. Инновационные направления современных международных отношений. — М.: Аспект Пресс, 2010. ст. 295

