



ფარმაცევტული დაბინძურების მავნე ზეგავლენა გარემოზე და მისი შედეგები

ვახტანგ მაზანაშვილი^{1,2,3}; მარიამ ყიფშიძე^{1,3};

¹თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, მედიცინის ფაკულტეტი

²თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სტუდენტური სამეცნიერო-კვლევითი ორგანიზაცია „ენდეგორი“

³ივანე თარხნიშვილის სახელობის სტუდენტთა სამეცნიერო საზოგადოება

აბსტრაქტი

21-ე საუკუნეში ტექნოლოგიისა და მეცნიერების განვითარებას თან მოჰყვა დამაბინძურებელი შედეგები. მათგან საკმაოდ დიდი წილი ფარმაცევტული ინდუსტრიის მიერ სხვადასხვა ფარმპროდუქტებით გარემოს, უმეტესწილად ჰიდროსფეროს, დაბინძურებაა. ასეთ ქმედებას შესაძლოა მოჰყვეს ისეთი მძიმე შედეგები, როგორცაა ადამიანებსა თუ ცხოველებში დაავადებების პროვოცირება, ჰორმონალური დისბალანსი, ანტიმიკრობულ საშუალებებზე ბაქტერიათა რეზისტენტობის განვითარება, თანდაყოლილი სიმახინჯეები. მოცემულ სტატიაში განხილულია რამდენიმე კვლევა რათა კარგად იქნას წარმოჩენილი თემის აქტუალობა და საფრთხეები როგორც დღევანდელ რეალობაში, ასევე სამომავლო პერსპექტივაში. ძირითადი აქცენტი გაკეთდა ანტიმიკრობული რეზისტენტობის განვითარებასა და ისეთ ქიმიურ დამაბინძურებლებზე, რომლებსაც ტერატოგენული და რეპროდუქციული ფუნქციის დამრღვევი გავლენა აქვთ ადამიანის ორგანიზმზე. ასევე ფარმაცევტული დაბინძურებისგან თავის არიდების გზების მოძიებისკენ მოწოდება, ვინაიდან დღესდღეობით ვერ ხერხდება სათანადო კონტროლი, რათა თავიდან იქნას აცილებული მსგავსი მძიმე შედეგები.

ეკოლოგიური დამაბინძურებლები ადამიანის ჯანმრთელობაზე უარყოფითად მოქმედებს. ფარმაცევტული დაბინძურება ამ მხრივ ერთ-ერთ მოწინავე ადგილს იკავებს. მნიშვნელოვანია, მიღებულ იქნას შესაბამისი პრევენციული ზომები დაბინძურების მძიმე შედეგების თავიდან ასაცილებლად. ამასთან, ჩატარდეს მრავალი კვლევა დაბინძურებისგან თავის არიდებისათვის საჭირო ტექნოლოგიების განსავითარებლად.

საკვანძო სიტყვები: ფარმაცევტული დაბინძურება, წყლის დაბინძურება, ანტიმიკრობული რეზისტენტობა, ანომალიები, უნაყოფობა, დეზინფექციის ქვეპროდუქტები.

თანამედროვე რეალობაში გარემოს დაბინძურების მრავალ ფორმათაგან ერთ-ერთი სწორედ ფარმაცევტული ინდუსტრიის მავნე ზეგავლენაა ეკოსისტემაზე. ყოველწლიურად მსოფლიოში 100 000 ტონაზე მეტი ფარმაცევტული პროდუქტი მოიხმარება. მათი დამზადების, გამოყენებისა და განადგურების დროს, აქტიური ფარმაცევტული ინგრედიენტები, ისევე როგორც სხვა ქიმიური ნივთიერებები გამოიყოფა გარემოში. ფარმაცევტული დაბინძურება არის გარემოს დაბინძურება ფარმაცევტული პრეპარატებით, ან მათი მეტაბოლიტებით. ფარმაცევტულ ქარხნებს ხშირად არ შეუძლიათ გაფილტრონ ყველა ქიმიური ნივთიერება, რომელიც წარმოების პროცესში გამოიყენება. ამ დროს ზიანდება როგორც ნიადაგი, ასევე ხდება ბიომავნიფიკაცია საკვები კულტურების მიერ ფარმაცევტული პროდუქტების შეწოვის გზით. თუმცა, ისინი უმეტესად ჰიდროსფეროს აზიანებენ. მსგავს პრობლემას ვაწყდებით ორგანიზმიდან ექსკრეტირებული წამლების შემთხვევაშიც, ან გამოყენებელი და ვადაგასული მედიკამენტების არასათანადოდ განკარგვისას. დაბინძურების ამ ფორმას შესაძლოა მოჰყვეს ისეთი მძიმე შედეგები, როგორებიცაა: ანტიბიოტიკებისადმი ბაქტერიების რეზისტენტობის განვითარება, საკვებ კულტურებში დამაბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაციის ზრდა, წყლის ბინადრების დახოცვა, უარყოფითი გავლენა რეპროდუქციულ ფუნქციებზე და სხვ.

წამალთა მიერ ჰიდროსფეროს დაბინძურების შედეგია ანტიდეპრესანტების აღმოჩენა ა.შ.შ.-ს დიდ ტბებში და აქ მოზინადრე თევზებში. აღინიშნა, რომ მათ ტვინში აღმოჩენილი ანტიდეპრესანტების დიდი კვალი თევზის ქცევაზე დიდ გავლენას ახდენს და ამცირებს მათი გადარჩენის შანსს.[6] ასევე, ორალური კონტრაცეპტივების ექსკრეციამ მტკნარი წყლის ეკოსისტემებში გამოიწვია თევზისა და ამფიბიების ფემინიზაცია.[7] წყალში ანთროპოგენურმა დამაბინძურებლებმა ასევე შესაძლოა საფრთხე შეუქმნას რეპროდუქციულ ჯანმრთელობას. ამ ნაერთების არც თუ ისე მცირე წილს წარმოადგენენ EDC (endocrine disrupting chemicals) - ქიმიური ნივთიერებები რომლებიც აფერხებენ ენდოკრინული სისტემის მუშაობას. EDC-ებს შეუძლიათ გავლენა მოახდინონ ენდოკრინულ სისტემაზე და შემდგომში შეაფერხონ როგორც ცხოველთა, ასევე ადამიანთა განვითარება და ფერტილიზაცია. კანალიზაციის გამწმენდ სისტემებში არსებულმა ანტიბიოტიკებმა შესაძლოა შეაფერხოს კანალიზაციის ბაქტერიების მოქმედება და, შესაბამისად, სერიოზულად იმოქმედოს ორგანული ნივთიერებების დაშლაზე, თუმცა მეტად მნიშვნელოვანი და აქტუალური გამოწვევაა გარემოში არსებულ ანტიბიოტიკებზე ანტიმიკრობული რეზისტენტობის განვითარება, რაც დღეს ადამიანის ჯანმრთელობისთვის ერთ-ერთი მთავარი საფრთხეა.

მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ ფოსფომიცინი (ცის-1,2-ეპოქსიპროპილფოსფორის მჟავა), ბუნებრივი ანტიბიოტიკი, რომელიც ეფექტურად ებრძვის მწვავე ინფექციებს, მაშინაც კი, როდესაც სხვა ანტიბიოტიკები უძლურია. იგი პატარა და ძლიერ პოლარულია, შედეგად საკმაოდ კარგი ხსნადობითა და სწრაფად დიფუზიის უნარით ხასიათდება. ფოსფომიცინი მოქმედებს უჯრედის კედლის სინთეზის ადრეულ ეტაპზე, როგორც გრამდადებით, ასევე გრამუარყოფით ბაქტერიებში. იმისთვის რომ თავიდან ავიცილოთ მისი ჭარბი გამოყენება და

მის მიმართ რეზისტენტობის განვითარების რისკი, ევროკომისიამ გასცა რეკომენდაცია - მისი გამოყენება მოხდეს მხოლოდ მაშინ, როდესაც სხვა ანტიბიოტიკების გამოყენება წარუმატებელია. სამრეწველო წარმოებაში კი ფოსფომიცინი იყრება ჩამდინარე წყლებში, მისი გაფილტვრა ეფექტურად ვერ ხდება ჩვეულებრივი გამწმენდი სისტემებით, შედეგად გამოიყოფა გარემოში. უკვე ნაპოვნია *Escherichia coli*-ს მეტალო-β-ლაქტამაზას წარმომქმნელი შტამი ტოკიოს ყურეში, რომელიც შეიცავს მრავალ ანტიმიკრობულ რეზისტენტულ გენს, მათ შორის ფოსფომიცინისას, რაც პოტენციურ საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას და ეკოსისტემის უსაფრთხოებას. მუნიციპალიტეტებსა და ფარმაცევტული ინდუსტრიის წარმოების უბნებში ფოსფომიცინის გამოყოფა გარემოში ხდებოდა ჩამდინარე (საკანალიზაციო) წყლების საშუალებით, რამაც სერიოზული საფრთხე შეუქმნა მის სამკურნალო ღირებულებას. კვლევამ აჩვენა, რომ მცირედმა დამაბინძურებელმაც კი შეცვალა ჩამდინარე(საკანალიზაციო) წყლის ბაქტერიული შემადგენლობა რამდენიმე გენერატორში. მაღალი გამტარუნარიანობის ნაკადის ციტომეტრიის, უჯრედების დახარისხების და შერჩეული 16S rRNA გენის თანმიმდევრობის გამოყენება საშუალებას იძლევა შეფასდეს ანტიბიოტიკების ზემოქმედება როგორც ზოგადად მიკრობულ კულტურაზე, ასევე კონკრეტულად ცალკეულ ბაქტერიაზე. მიკრობულ კულტურებზე კვლევათა შედეგებმა აჩვენა, რომ რიგ სიტუაციებში რეზისტენტულობის განვითარება ძლიერ მოსალოდნელია. მრავალი კვლევა ჩატარდა ფოსფომიცინის მოსაცილებლად საჭირო შესაფერისი ტექნოლოგიების განსავითარებლად, მაგრამ მათი შედეგებით მაღალი ღირებულება ხელს უშლის მეტად ფართომასშტაბიან გამოყენებას. [5]

EDC-ები წყალში არსებობენ ისეთი ფორმებით, როგორებიცაა: სადეზინფექციო ქვეპროდუქტები, ფტორირებული ნაერთები, ბისფენოლ A, ფთალატები, პესტიციდები და ესტროგენები რომლებიც უარყოფით რეპროდუქციულ ეფექტებს ავლენენ ცხოველებსა და ადამიანებში. ამრიგად, წყალში ამ ქიმიკატების არსებობა საზოგადოებრივი ჯანმრთელობის პრობლემად იქცა.[4] მაგალითად, ბისფენოლ A-ს, რომელიც გამოიყენება პოლიკარბონატის პლასტმასებში და ეპოქსიდურ ფისებში, და ფთალატების ზემოქმედება ამცირებს ნაყოფიერებას ძუძუმწოვრებში პირველყოფილი ფოლიკულების ნაადრევი გააქტიურებით და სქესობრივი სტეროიდული ჰორმონების დონის შეცვლით. კვლევებით დადგინდა, რომ იგი იწვევს მრავალი გენის ტრანსგენერაციულ ცვლილებებს.[2] რაც შეეხება სასმელი წყლის დეზინფექციას, იგი გასულ საუკუნეში საზოგადოებრივი ჯანდაცვის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მიღწევა იყო. წყლის დამუშავებამ სადეზინფექციო საშუალებებით, როგორცაა ქლორი, არსებითად შეამცირა წყლის მიერ გადამდები დაავადებების შემთხვევები და ამან ხელი შეუწყო სიცოცხლის ხანგრძლივობის ზრდას. თუმცა, სადეზინფექციო საშუალებებსა და წყაროს წყალში არსებულ ორგანულ ან არაორგანულ ნივთიერებებს შორის რეაქციამ შეიძლება წარმოქმნას ნაერთები, რომელსაც ეწოდება წყლის დეზინფექციის ქვეპროდუქტები, რომელთა ზემოქმედებამაც შეიძლება გამოიწვიოს გულის ანომალიები ვირთხისა და ღორის ემბრიონების განვითარებაში. ამ პროდუქტების მიღება არამხოლოდ წყლის ქლორირებისას, არამედ ფარმაცევტული პროდუქტებით წყლის დაბინძურების შედეგადაც ხდება. მათი ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კლასი არის ჰალოაციური მჟავები.

ჰალომმარმჟავა, დიქლორო, დიბრომო და ბრომოქლორო ძმარმჟავა განვითარებისთვის ტოქსიკურია თავის ემბრიონის მთლიან კულტურაში. [1] ნაჩვენებია, რომ ზემოთხსენებული ქვეპროდუქტები (DBP) ასოცირდება არასასურველ რეპროდუქციულ შედეგებთან ქალებსა და მამაკაცებში. მაგალითად, იქნება ეს ნერვული მილის, კარდიოვასკულარული თუ ქრომოსომული ანომალიების გამოვლენა ბავშვებში, რომელთა დედებსაც შეხება ჰქონდათ ქლოროფორმთან და ბრომოდიქლორმეთანთან.[3] სხვა კვლევაში, შეფასდა კავშირი დედის კონტაქტის DBP-ებთან და გესტაციური ასაკის მცირეწლოვანი ახალშობილის გაჩენის რისკს შორის. ორსულობის დროს TTHM-ის (ტრიჰალომეთანები - პოტენციურად ტოქსიკური ქიმიკატების ჯგუფი, რომელიც წარმოიქმნება სადუბინფექციო საშუალებებით წყლის დამუშავების დროს) ექსპოზიცია დაკავშირებული იყო დაბადების წონის შემცირებასთან [8]. ასევე სპერმის ხარისხთან მამაკაცებში. აქვე უნდა აღინიშნოს ერთი საინტერესო ფაქტი, რომ ეს კავშირი შეიძლება შეიცვალოს ციტოქრომ P450 (CYP2E1) და გლუტათიონ S-ტრანსფერაზას (GSTZ1 და GSTT1) მემკვიდრეობითი განსხვავებებით, რომლებიც მონაწილეობენ THM-ებს მეტაბოლიზმში. ჩატარდა კვლევა CYP2E1, GSTZ1 და GSTT1 პოლიმორფიზმებს შორის ურთიერთქმედების შესამოწმებლად და THM-ების ზემოქმედებას სპერმის ხარისხზე. შედეგებმა აჩვენა, რომ CYP2E1 და GSTZ1-ის გენეტიკური პოლიმორფიზმები და GSTT1-ით მოდიფიცირებული Br-THM-ის გენეტიკური პოლიმორფიზმის ექსპოზიცია დაკავშირებულია სპერმის ხარისხთან. გარდა ამისა, CYP2E1-ის პოლიმორფიზმი დაკავშირებულია THM-ების ზემოქმედებით გამწვეული გვერდითი ეფექტების სიმწვავის ხარისხთან. ეს შედეგები განამტკიცებს სპერმის ხარისხის პარამეტრებზე გენეტიკური მგრძობელობისა და გარემოზე ზემოქმედების კომბინირებულ გავლენას.[9]

დასკვნა

ზემოთ განხილული საკითხები დღესდღეობით საკმაოდ აქტუალური და მეტად საყურადღებოა. ფარმაცევტული დაბინძურების მიმე შედეგები დარტყმას აყენებს პირველ რიგში გარემოს და ადამიანთა ჯანმრთელობას როგორც ირიბად ასევე პირდაპირ. 21-ე საუკუნის ერთ-ერთ მთავარ გამოწვევად რჩება ანტიმიკრობული რეზისტენტობის განვითარება ბაქტერიებში, რასაც ანტიბიოტიკთა არარაციონალურ გამოყენებასთან ერთად, საკმაოდ დიდი წვლილი აქვს ეკოსისტემაზე ზემოქმედებას მსგავსი ნივთიერებებით. ასევე ჰიდროსფეროს დაბინძურებაზე გარდა ისეთი მოვლენებისა, რაც მაგალითად გამონაბოლქვია, არანაკლები ზეგავლენა აქვს ფარმაცევტულ პროდუქტებს. ეს იწვევს როგორც თანდაყოლილ დეფექტებსა და სიმახინჯეებს, ასევე რეპროდუქციულ ფუნქციათა დარღვევას. მრავალ მიზეზთა გამო, როგორცაა მაგალითად არასაკმარისი ფინანსები, ტექნოლოგია და სხვა, ვერ ხერხდება განხილული შემთხვევების სათანადო პრევენციული ღონისძიებების ჩატარება.

დასკვნის სახით მინდა კიდევ ერთხელ გავუსვა ხაზი ფარმპროდუქტებით გარემოს დაბინძურების მიერ გამოწვეულ მიმე შედეგებს და აღვნიშნო, რომ ეკოლოგიურ ვითარებაზე ზრუნვა პირდაპირპროპორციულია ადამიანთა ჯანმრთელობასა და მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Andrews J., Nichols H., Schmid J., Mole L., Hunter E., Klinefelter G. Developmental toxicity of mixtures: The water disinfection by-products dichloro-, dibromo- and bromochloro acetic acid in rat embryo culture. *Reprod. Toxicol.* 2004;19:111–116. doi: 10.1016/j.reprotox.2004.06.005.
2. Berger A, Ziv-Gal A, Cudiamat J, Wang W, Zhou C, Flaws JA. The effects of in utero bisphenol A exposure on the ovaries in multiple generations of mice. *Reprod Toxicol.* 2016 Apr;60:39-52. doi: 10.1016/j.reprotox.2015.12.004. Epub 2015 Dec 30. PMID: 26746108; PMCID: PMC4866900
3. Dodds L.A., King W. Relation between trihalomethane compounds and birth defects. *Occup. Environ. Med.* 2001;58:443–446. doi: 10.1136/oem.58.7.443.
4. Gonsioroski A, Mourikes VE, Flaws JA. Endocrine Disruptors in Water and Their Effects on the Reproductive System. *Int J Mol Sci.* 2020 Mar 12;21(6):1929. doi: 10.3390/ijms21061929. PMID: 32178293; PMCID: PMC7139484
5. Li S, Liu Z, Süring C, Chen L, Müller S, Zeng P. The Impact of the Antibiotic Fosfomycin on Wastewater Communities Measured by Flow Cytometry. *Front Microbiol.* 2022 Mar 3;12:737831. doi: 10.3389/fmicb.2021.737831. PMID: 35310391; PMCID: PMC8928225.
6. Martin, Jake M.; Saaristo, Minna; Bertram, Michael G.; Lewis, Phoebe J.; Coggan, Timothy L.; Clarke, Bradley O.; Wong, Bob B.M. (March 2017). "The psychoactive pollutant fluoxetine compromises antipredator behaviour in fish". *Environmental Pollution.* 222: 592–599.
7. OECD Studies on Water. Paris: OECD Studies on Water, OECD Publishing. 13 November 2019.
8. Smith R., Edwards S.C., Best N., Wright J., Nieuwenhuijsen M.J., Toledano M.B. Birth Weight, Ethnicity, and Exposure to Trihalomethanes and Haloacetic Acids in Drinking Water during Pregnancy in the Born in Bradford Cohort. *Environ. Heal. Perspect.* 2015;124:681–689. doi: 10.1289/ehp.1409480.
9. Yang P, Zeng Q, Cao WC, Wang YX, Huang Z, Li J, Liu C, Lu WQ. Interactions between CYP2E1, GSTZ1 and GSTT1 polymorphisms and exposure to drinking water trihalomethanes and their association with semen quality. *Environ Res.* 2016 May;147:445-52. doi: 10.1016/j.envres.2016.03.009. Epub 2016 Mar 10. PMID: 26970898.

Harmful effects of pharmaceutical pollution on the environment and its consequences

Vakhtang Mazanashvili^{1,2,3}; Mariam Kipshidze^{1,3}

¹Tbilisi State Medical University, Faculty of Medicine, Georgia;

²Tbilisi State Medical University Student Scientific Research Organization “Endeavor”

³Students’ Scientific Society of Tbilisi State Medical University, Georgia;

Abstract

In the 21st century, the development of technology and science has brought with it polluting consequences. Quite a large share of them by the pharmaceutical industry

There is pollution of the environment, mostly the hydrosphere, with various pharmaceutical products. Such an action may have serious consequences, such as provoking diseases in humans or animals, hormonal imbalance, development of bacterial resistance to antimicrobial agents, congenital ugliness.

In this article several studies are discussed in order to present the relevance and threats of the topic both in today's reality and in the future perspective. The main emphasis was placed on the development of antimicrobial resistance and on such chemical pollutants that have teratogenic and reproductive function-disrupting effects on the human body. Also calling for finding ways to avoid pharmaceutical contamination, as there is currently no proper control to avoid such dire consequences.

Environmental pollutants have a negative effect on human health. Pharmaceutical pollution takes one of the leading places in this regard. It is important to take appropriate preventive measures to avoid severe consequences of pollution. In addition, many studies should be conducted to develop the technologies needed to avoid pollution.

Key Words: Pharmaceutical contamination, water contamination, antimicrobial resistance, anomalies, infertility, disinfection by-products.



ოზონის შრე და მისი გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე

მარიამ გიგიაძე^{1,2}, გიგი გორგაძე¹, ქეთევან ლამბაშიძე^{3,4}

¹თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, მედიცინის ფაკულტეტი

²თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის სამეცნიერო უნარ-ჩვევების ცენტრის სტუდენტური სამეცნიერო-კვლევითი ორგანიზაცია „ენდეგორი“.

³თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, პათოფიზიოლოგიის დეპარტამენტი

⁴თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი, სამეცნიერო უნარ-ჩვევების ცენტრი

აბსტრაქტი

დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოქმნა და მრავალფეროვანი ეკოსისტემების არსებობა განაპირობა რამდენიმე ფაქტორმა, რომელთა შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ატმოსფეროს. კერძოდ კი, დედამიწის ზედაპირიდან 12-35 კილომეტრ სიმაღლეზე, ატმოსფეროს მეორე ფენაში, სტრატოსფეროში არსებულ ოზონის შრეს (O3), სადაც ოზონის 90%-ია წარმოდგენილი. ოზონის დანარჩენი რაოდენობა, დაახლოებით 10%, განთავსებულია ტროპოსფეროში. სტრატოსფერულ ოზონს აქვს გარემოს დაცვითი მნიშვნელობა. დღეისათვის, უკონტროლო სამრეწველო საქმიანობამ და სხვა აქტივობებმა კაცობრიობა დიდი საფრთხის წინაშე დააყენა, რაც ჰაერში ქლორფთორნახშირბადებისა და სხვა ჰალოკარბონების გამოფრქვევამ განაპირობა. აღნიშნული ნაერთების მოლეკულები ხვდება რა სტრატოსფეროში ულტრაიისფერ რადიაციასთან ურთიერთქმედებით გამოყოფს ბრომსა და ქლორს, რომლის ატომსაც ოზონის 100 000-მდე მოლეკულის განადგურება შეუძლია. ოზონდამშლელ ნივთიერებებს და ფაქტორებს მიეკუთვნება ნახშირბადის ტეტრაქლორიდი, მეთილქლოროფორმი, ჰიდრობრომოფთოროკარბონები, ჰიდროქრომოფთოროკარბონები, მეთილის ბრომიდი, ბრომოქლორომეთანი, აზოტის ოქსიდები, კოსმოსური რაკეტები, 12-15 კმ სიმაღლეზე მფრინავი თვითმფრინავები, გლობალური დათბობა და სხვა. სწორედ ასეთმა რეაქციებმა და ნივთიერებებმა გამოიწვიეს ოზონის შრის გათხელება და ე.წ. „ოზონის ხვრელების“ გაჩენა, რომელიც დაფიქსირდა პოლუსების მიმდებარედ. თამამად შეიძლება ითქვას, რომ ოზონის შრის გათხელება და ამით გამოწვეული ისეთი ეფექტები, როგორცაა ნაადრევი დაბერება, კანის კიბოთი დაავადებულთა რიცხვის მატება, კერძოდ ბაზალუჯრედოვანი კიბო და ბრტყელუჯრედოვანი კიბო, იმუნური სისტემის დასუსტება, თვალის რქოვანას, შემაერთებელი გარსის, ბროლისა და ბადისებრი გარსის დაზიანება და სხვა, თანამედროვეობის ერთ-ერთ სერიოზულ გამოწვევად იქცა. სწორედ ამან განაპირობა ის

ფაქტი, რომ ძალაში შევიდა მონრეალის პროტოკოლი, რომელიც მიზნად ისახავს ოზონის შრის დაცვას ოზონდამშლელი აირების შემცირების გზით. ჩვენი ქვეყანა „მონრეალის ოქმს“ და „ვენის კონვენციას“ ოფიციალურად 1996 წელს შეუერთდა. პროგნოზირებენ. აღსანიშნავია ისიც, რომ ასეთ გლობალურ პრობლემასთან გამკლავება და მიღებული გამოცდილება, კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლაშიც დაგვეხმარება.

საკვანძო სიტყვები: ოზონის შრე; ოზონდამშლელი ნივთიერებები; ოზონის შრის გათხელება; მონრეალის პროტოკოლი.

დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოქმნა და მრავალფეროვანი ეკოსისტემების არსებობა განაპირობა რამდენიმე ფაქტორმა, რომელთა შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ატმოსფეროს. კერძოდ კი, დედამიწის ზედაპირიდან 12-35 კილომეტრ სიმაღლეზე, ატმოსფეროს მეორე ფენაში, სტრატოსფეროში არსებულ ოზონის შრეს (O_3), სადაც ოზონის 90%-ია წარმოდგენილი. ოზონის დანარჩენი რაოდენობა, დაახლოებით 10%, განთავსებულია ტროპოსფეროში. სტრატოსფერულ ოზონს აქვს გარემოს დაცვითი მნიშვნელობა. ოზონის შრე დამცველი ფარივით აკრავს გარს ჩვენი პლანეტის ბიოსფეროს, იგი აკავებს პოტენციურად მავნე ულტრაიისფერ გამოსხივებას (UV-C ტალღას მთლიანად და UV-B ტალღის დიდ ნაწილს) და გვიცავს მზისგან მომავალი რადიაციის დამაზიანებელი მოქმედებისგან. ტროპოსფერული ოზონი კი წარმოადგენს ატმოსფეროს ტოქსიკურ მინარევს და შესაბამისად, სერიოზული საფრთხის შემცველი და ზიანის მომტანია. დიდი კონცენტრაციით იგი ნეგატიურად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობასა და ეკოსისტემებზე, რის გამოც ის საშიშროების პირველი კლასის ნივთიერებებს – „განსაკუთრებით საშიშ ნივთიერებებს“ მიეკუთვნება. ტროპოსფერული ოზონის უარყოფითი ეფექტები ადამიანის ჯანმრთელობაზე: სასუნთქი ორგანოების გაღიზიანება, ხველა, სიმძიმე მკერდის არეში, ასთმის, ემფიზემის, ბრონქიტის პროგრესირება, დაქვეითებული იმუნიტეტი. [1] ; [4] ; [6]

ოზონი - O_3 , ჟანგბადის ალოტროპული მოდიფიკაცია, აღმოჩენილი იქნა 1800-იანი წლების შუა ხანებში ლაბორატორიული ექსპერიმენტების შედეგად. მოგვიანებით, ქიმიური და ოპტიკური კვლევითი მეთოდებით აღმოაჩინეს ატმოსფერული ოზონი. სტრატოსფეროში ოზონი ბუნებრივად წარმოიქმნება მზის ულტრაიისფერი გამოსხივებისა და ჟანგბადის მოლეკულების ურთიერთქმედების შედეგად. ჟანგბადის მოლეკულა დისოცირდება ორ ატომად. შთანთქმული კვანტის ენერჯის სიდიდისგან დამოკიდებულებით წარმოქმნილი ჟანგბადის ერთი ან ორივე ატომი შეიძლება იყოს ალგუნებულ მდგომარეობაში $O(1D)$, თუმცა ოზონის სინთეზის რეაქციაში შესვლა მხოლოდ ძირითად მდგომარეობაში მყოფ ატომს შეუძლია $O(3P)$. ოზონის წარმოქმნისა და დაშლის რეაქციის ე.წ. „ოზონის ნულოვანი ციკლი“ ეწოდება. სტრატოსფეროში ულტრაიისფერი გამოსხივების არსებობისას აღნიშნული რეაქციები გამუდმებით მიმდინარეობს. [2]

XX-XXI საუკუნეების გასაყარზე ცივილიზაციის წინაშე გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის რეალური საშიშროება დადგა. თანამედროვეობის ძირითადი ეკოლოგიური გამოწვევებია:

დედამიწის კლიმატის ცვლილება, სათბურის ეფექტი, ოზონის შრის გათხელება, ხვრელების წარმოქმნა, ატმოსფეროს ქიმიური დაბინძურება, მჟავე წვიმები, ნიადაგის, წყლის დაბინძურება, ადამიანის ჯანმრთელობის პრობლემები, უცნობი და უკურნებელი დაავადებების რიცხვის ზრდა და სხვა. მათ შორის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი, უდაოდ, სტრატოსფეროში ოზონის საერთო შემცველობის შემცირებაა.

სტრატოსფეროში არსებულ ადგილებს, განსაკუთრებით კი ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსებზე, სადაც ოზონის ფენა შეთხელებულია, ე.წ. „ოზონის ხვრელების“ სახელწოდებით ვიცნობთ. ულტრაიისფერი გამოსხივება დედამიწის ზედაპირზე მომატებულია იმ ადგილებში, სადაც ოზონის ხვრელები არსებობენ. 1975 წლიდან 1984 წლამდე პერიოდში ოზონის კონცენტრაცია 40%- მდე შემცირდა. 1987 წლის გაზაფხულზე შეინიშნა სისქის ცვლილება 300 და 125- 200 დობსონის ერთეულამდე, ზოგან კი 100 ერთეულამდეც. ოზონის ხვრელები არა მარტო ანტარქტიდის თავზე წარმოიქმნება, არამედ ზამთარში ისინი მუდმივად არსებობენ ევროპის დიდი ნაწილის- აღმოსავლეთ ციმბირის თავზეც, რომელიც დღემდე კვლევის საგანს წარმოადგენს. ვარაუდობდნენ, რომ 1992-1993 წლებში ოზონის ანომალიურად დაბალი შემცველობა დაკავშირებული იყო 1991 წელს ფილიპინებზე ვულკანის მძლავრ ამომფრქვევასთან. ცნობილია, რომ ვულკანების ამოფრქვევას თან ახლავს ფტორშემცველი ნივთიერებების მნიშვნელოვანი ამონატყორცნი. გეოლოგები მიუთითებენ დედამიწის ბირთვში გახსნილ წყალბადის მნიშვნელოვან რაოდენობაზე, რომელიც ხვდება ატმოსფეროში და შლის ოზონს. ოზონს შლის მეთანიც. თანამედროვე წარმოდგენით ოზონის ხვრელების გაჩენა კომპლექსურად უკავშირდება როგორც ბუნებრივ მოვლენებს, ისე ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობაზე ანთროპოგენულ გავლენას. ხვრელების გაჩენის მიზეზს წარმოადგენდა ატმოსფეროში ისეთი ქიმიური ნივთიერებების მოხვედრა და მათი თანდათან გადასვლა სტრატოსფეროში, რომლებიც კატალიზური მოქმედების შედეგად ოზონის დაშლას იწვევდნენ. ძირითადად ასეთი ნივთიერებებია- ქლორ-ფთორ-ნახშირბადის ნაერთები. (CFCs) დადგენილია, რომ CFCs- ის ერთ მოლეკულას შეუძლია ოზონის 10000 -ზე მეტი მოლეკულის გამოყვანა წყობიდან. ატმოსფეროში მსგავსი ნაერთები გამოიყოფა სამრეწველო საქმიანობის, მწყობრიდან გამოსული ძველი მაცივრების, ჰაერის კონდიციონერების იზოლაციის დარღვევის, სხვადასხვა აეროზოლის გამოყენების შემთხვევაში, ნეგატიურად მოქმედებს აგრეთვე კოსმოსური რაკეტების გაშვება, 12-15 კმ. სიმაღლეზე თვითმფრინავები, აზოტის ოქსიდები, ბირთვული იარაღის გამოცდა, პლანეტის ტყის სავარგულის შემცირება. [8] ; [12]

ოზონდამშლელი ნივთიერებები კლასიფიცირდება:

- ოზონდამშლელი ნივთიერებები - ქლორისა და ბრომის შემცველი ორგანული ნაერთები – ქლორფტორნახშირბადები, ბრომფტორნახშირბადები (ჰალონები), ოთხქლორიანი ნახშირბადი, მეთილქლოროფორმი, მეთილბრომიდი.

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.

- გარდამავალი ოზონდამშლელი ნივთიერებები- ჰიდროქლორფტორნახშირბადები.

- ოზონუსაფრთხო ნივთიერებები -აეროზოლური პროპელენტები, მაცივარაგენტები, ქაფები, გამხსნელები, ცეცხლჩამქრობი საშუალებები.

თითოეული მათგანის გამოყენება სხვადასხვა დანიშნულებით: მაგალითად, ქლორფტორნახშირბადები პოლიურეთანების, ფენოლების, პოლისტიროლების და პოლიოლეფინების პოლიმერების ქაფების წარმოებაში. ჰალონები სტაციონარულ სისტემებში, ასევე საზღვაო დაცვასა და საავიაციო მრეწველობაში. ჰიდროქლორფტორნახშირბადები სასაცივრო მრეწველობაში, ქაფების, გამხსნელების, აეროზოლებისა და ცეცხლჩამქრობი საშუალებების წარმოებისას, როგორც ქლორფტორნახშირბადების გარდამავალი ნივთიერება-შემცვლელი და სხვა. [2]; [11]

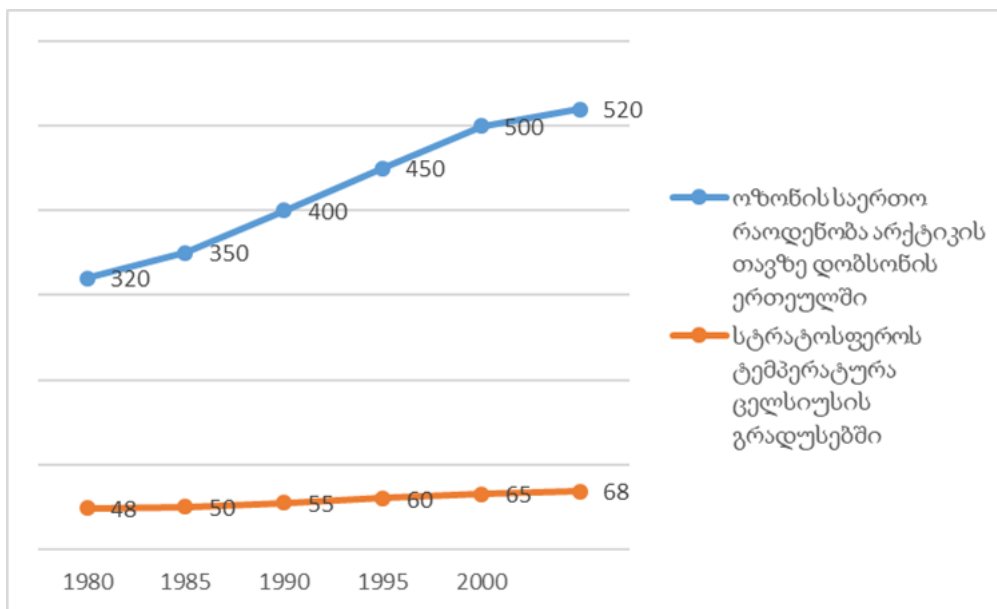
სუფთა ჰაერში ოზონის ფონური კონცენტრაცია მიწისპირა შრეში ზაფხულის თვეებში 40-80 მკგ/მ³ -ს არ აღემატება. ეს კონცენტრაცია უვნებელია ცხოველებისთვის და არ იწვევს საგრძნობ დარღვევებს მცენარეთა უჯრედებში. თუმცა სამრეწველო ცენტრების, დიდი ქალაქების, ავტომაგისტრალების ქარისაგან დაცულ მხარეს ოზონის კონცენტრაცია 400 მკგ/მ³ -ს და მეტს აღწევს. მცენარეთა დამცავ სისტემებს უკვე აღარ შეუძლიათ დამჟანგველის ასეთი მაღალი კონცენტრაციების მოქმედების განეიტრალება. ოზონი მოქმედებს მიმოცვლის პროცესებზე, ფოტოსინთეზზე, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობასა და ტყის ზრდაზე. [7]

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

Dai, Q., & Upadhyaya, M. (2002). Seed germination and seedling growth response of selected weedy species to ultraviolet-B radiation. Weed Science, 50(5), 611-615. doi:10.1614/0043-1745(2002)050[0611:SGASGR]2.0.CO;2-ს მიხედვით.

ოზონის შრის რღვევა მნიშვნელოვან კავშირშია კლიმატის ცვლილებასთან. ოზონის ზემოქმედება კლიმატზე უმთავრესად დაიყვანება ტემპერატურის ცვლილებაზე. ტემპერატურა მნიშვნელოვნად 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 ინფრაწითელი გამოსხივების შთანთქმის ხარჯზე. შესაბამისად, ოზონის შემცველობის შემცირება სტრატოსფეროში იწვევს მისი ტემპერატურის შემცირებას. დაკვირვებები აჩვენებს, რომ უკანასკნელ ათწლეულებში სტრატოსფეროს შუა და ზედა შრეები გაცივდა 10-18°C-ით, სტრატოსფეროში ოზონის შემცველობის შემცირების შედეგად. სტრატოსფეროს ეს გაცივება მოხდა სათბურის აირების გამონატყორცნის მოცულობის გაზრდასთან ერთად ატმოსფეროს ქვედა შრეებში. 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. რაც შეეხება სტრატოსფერის გაცივების მეორე მიზეზს, მეცნიერები სათბურის აირების ზრდას და სითბოს აკუმულაციას ასახელებენ. [3] ; [5]

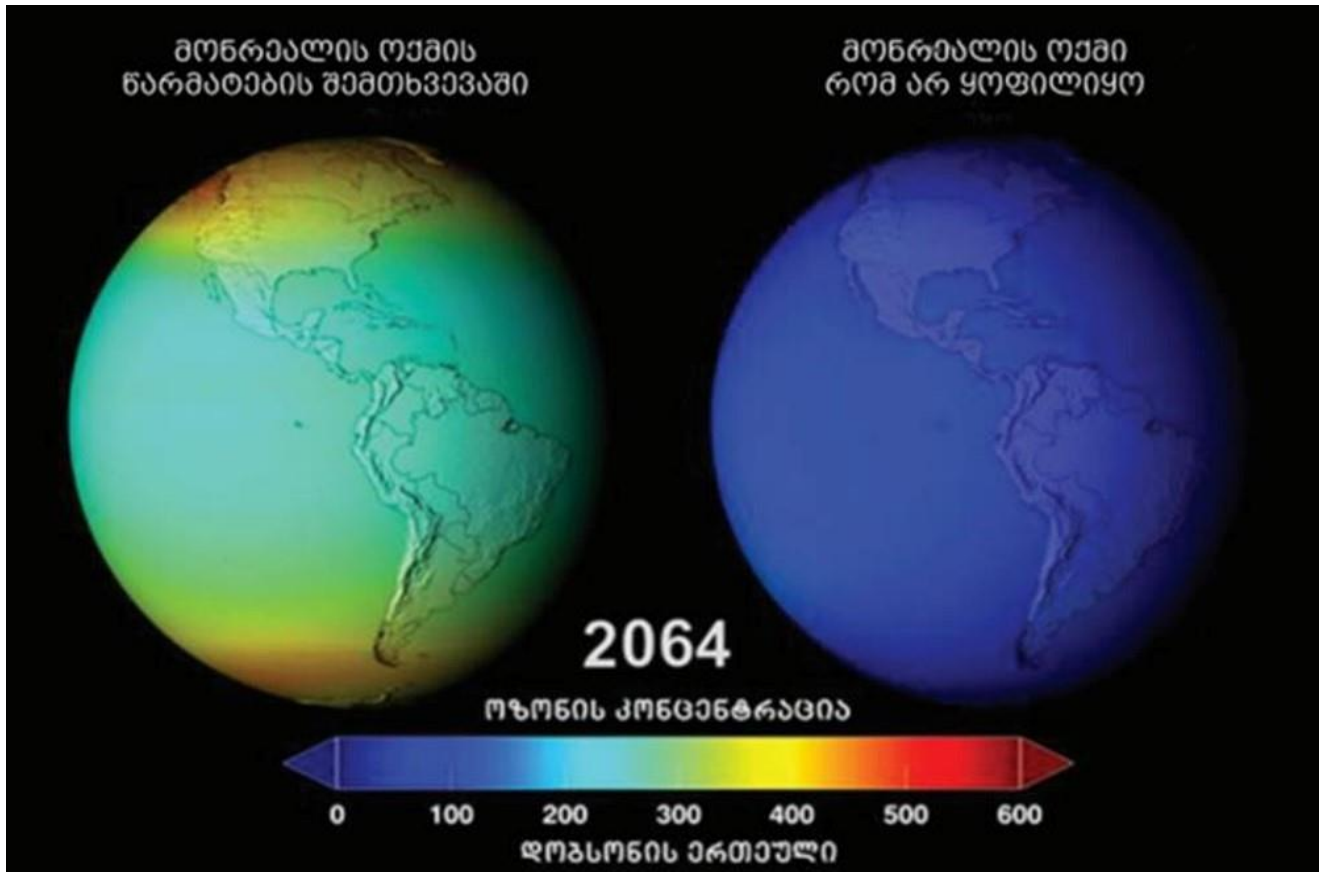


Andersen SO, Halberstadt ML, Borgford-Parnell N. Stratospheric ozone, global warming, and the principle of unintended consequences--an ongoing science and policy success story. J Air Waste Manag Assoc. 2013 Jun;63(6):607-47. doi: 10.1080/10962247.2013.791349. PMID: 23858990-ს მიხედვით.

ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედება უჯრედულ დონეზე იწვევს კრიტიკულ მაკრომოლეკულებში კოვალენტური კავშირების დარღვევას, რასაც მოჰყვება კანცეროგენეზის პროცესი, ნაადრევი დაბერება, კატარაქტა. ყველაზე მაღალი რისკის ქვეშ იმყოფებიან ღია კანის ფერის მქონე ადამიანები, რომლებიც მზეზე ადვილად იწვებიან. გარემოს დაცვის სააგენტოს გამოთვლით, ულტრაიისფერი რადიაციის გაზრდა 2%-ით იწვევს კანის ბაზალურ და ბრტყელუჯრედოვანი კიბოს რისკის გაზრდას 2-6%-ით. ოზონის განღვით განპირობებული

მომატებული ულტრაიისფერი გამოსხივების გავლენა ჯანმრთელობაზე უპირველესად მოიცავს კანის კიბოსა და კიბოს წინა მდგომარეობის მაღალ რისკს. შესაძლოა ადამიანს განუვითარდეს ავთვისებიანი მელანომა, კატარაქტა, ბადურას დეგენერაცია და იმუნური პასუხის დარღვევა. რისკის შესამცირებლად საჭიროა დამცავი ტანსაცმლის, მზისგან დამცავი ნაცხების, სათვალის გამოყენება... [1] ; [2] ; [10]

სწორედ ზემოთ ხსენებულმა პროცესებმა განაპირობა, რომ ძალაში შესულიყო „მონრეალის პროტოკოლი“- საერთაშორისო შეთანხმება, რომელიც ითვალისწინებს ოზონდამშლელი ნივთიერებების წარმოებისა და მოხმარების შემცირებას. ოქმში შემაჯავლი ნივთიერებებს გარდა იმისა რომ არიან ოზონდამშლელები, აგრეთვე აქვთ დიდი გლობალური დათბობის პოტენციალი, შესაბამისად მათი ხმარებიდან ამოღებით შემცირდება გლობალური დათბობის მწვავე პრობლემაც. დღეს ყველაზე აგრესიული ქლორ-ფტორ-ნახშირწყალბადები უკვე ამოღებულია ხმარებიდან, თუმცა სტრატოსფეროდან მათ გაქრობას კიდევ რამდენიმე ათეული წელიწადი დასჭირდება. 1994 წელს გაეროს გენერალურმა ასამბლეამ მონრეალის პროტოკოლის ხელმოწერის აღსანიშნავად, 16 სექტემბერი ოზონის მსოფლიო დღედ გამოაცხადა. საქართველო პროტოკოლს ოფიციალურად 1996 წელს შეუერთდა. მართალია, ოზონის შრის სრული აღდგენა ხანგრძლივი პროცესია, მაგრამ ამ მიმართებით გატარებულმა ქმედითმა ღონისძიებებმა, რომელიც მთელს მსოფლიოში ხორციელდება, უკვე გამოიღო შედეგები. გაეროს განვითარების პროგრამის დახმარებით, ამ მხრივ წინსვლაა საქართველოშიც. კერძოდ, 2013-2020 წლებში ოზონდამშლელი ნივთიერებების მოხმარება 5.21 ტონიდან 2.4 ტონამდე შემცირდა. 2030 წლისთვის მათ სრულად ამოღებას პროგნოზირებენ. აგრეთვე უნდა აღინიშნოს საქართველოს ინიციატივით შექმნილი ევროპისა და შუა აზიის ოზონის ქსელი, რომლის წევრიც 19 ქვეყანაა. ამ ეტაპზე საქართველოში დაშვებულია მხოლოდ ერთი ოზონდამშლელი ნივთიერების – ქლორდიფტორმეთანის (HCFC-22) მოხმარება. ხოლო მეთილბრომიდის მოხმარება დასაშვებია მხოლოდ გადაზიდვის წინა და საკარანტინო მიზნებისთვის. [9]



Jansen MAK, Barnes PW, Bornman JF, Rose KC, Madronich S, White CC, Zepp RG, Andrady AL. *The Montreal Protocol and the fate of environmental plastic debris. Photochem Photobiol Sci. 2023 Jan 27. doi: 10.1007/s43630-023-00372-x. Epub ahead of print. PMID: 36705849-ს მიხედვით.*

ოზონდამშლელი ნივთიერებების ეკოლოგიური ალტერნატივებია- ბუნებრივი მაცივარაგენტები: ამიაკი (ფართომასშტაბიან სამშენებლო პროექტებში გაცივების მოთხოვნა ორ შემთხვევაშია: ბეტონის დიდი მოცულობის გასაცივებლად და მიწის გაყინვისას მიწის სამუშაოების წარმოების დროს.) აუცილებელია წიაღისეულის მოპოვებისას პრაქტიკულად განუწყვეტლივ ხდებოდეს ზედაპირული გაცივება და ყინულოვანი თოშის მიწოდება. ამიაკის სასააცივრო დანადგარები გამოიყენება თევზისა და ხორცის მრეწველობაში, მეფრინველეობის გადამამუშავებელ წარმოებებში, საკონდიტრო ფაბრიკებში, ღვინისა და ლუდის წარმოებაში, რძის მრეწველობაში, პურის საცხობებში და ა.შ; ცენტრალიზირებული თბომომარაგება; კონდიციონერების წარმოება პროპანის გამოყენებით. მსგავსი ქმედებებითა და მონრეალის ოქმის წარმატებული განხორციელებით მეცნიერები ფიქრობენ, რომ ოზონის შრე თავის საწყინდელ ფორმას 2065 წლისთვის დაუბრუნდება. [2].

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. ვეფხვაძე ნ., „ჰიგიენა და სამედიცინო ეკოლოგია“, თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, საქართველო, 2013.
2. მუმლაძე ნ., მეგრელაძე თ., „ოზონის შრე და მისი დაცვა“, თბილისი, 2017.
3. Andersen SO, Halberstadt ML, Borgford-Parnell N. Stratospheric ozone, global warming, and the principle of unintended consequences--an ongoing science and policy success story. *J Air Waste Manag Assoc.* 2013 Jun;63(6):607-47. doi: 10.1080/10962247.2013.791349. PMID: 23858990.
4. Andrady AL, Heikkilä AM, Pandey KK, Bruckman LS, White CC, Zhu M, Zhu L. Effects of UV radiation on natural and synthetic materials. *Photochem Photobiol Sci.* 2023 Apr 11:1-26. doi: 10.1007/s43630-023-00377-6. Epub ahead of print. PMID: 37039962; PMCID: PMC10088630.
5. Andrews T., et al., Accounting for changing temperature patterns increases historical estimates of climate sensitivity. *Geophys. Res. Lett.* 45, 8490-8499 (2018).
6. Bernhard GH, Bais AF, Aucamp PJ, Klekociuk AR, Liley JB, McKenzie RL. Stratospheric ozone, UV radiation, and climate interactions. *Photochem Photobiol Sci.* 2023 Apr 21:1-53. doi: 10.1007/s43630-023-00371-y. Epub ahead of print. PMID: 37083996; PMCID: PMC10120513.
7. Dai, Q., & Upadhyaya, M. (2002). Seed germination and seedling growth response of selected weedy species to ultraviolet-B radiation. *Weed Science*, 50(5), 611-615. doi:10.1614/0043-1745(2002)050[0611:SGASGR]2.0.CO;2
8. Hartmann DL. The Antarctic ozone hole and the pattern effect on climate sensitivity. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2022 Aug 30;119(35):e2207889119. doi: 10.1073/pnas.2207889119. Epub 2022 Aug 22. PMID: 35994640; PMCID: PMC9436325.
9. Jansen MAK, Barnes PW, Bornman JF, Rose KC, Madronich S, White CC, Zepp RG, Andrady AL. The Montreal Protocol and the fate of environmental plastic debris. *Photochem Photobiol Sci.* 2023 Jan 27. doi: 10.1007/s43630-023-00372-x. Epub ahead of print. PMID: 36705849.
10. Madronich S, Shao M, Wilson SR, Solomon KR, Longstreth JD, Tang XY. Changes in air quality and tropospheric composition due to depletion of stratospheric ozone and interactions with changing climate: implications for human and environmental health. *Photochem Photobiol Sci.* 2015 Jan;14(1):149-69. doi: 10.1039/c4pp90037e. PMID: 25380416.
11. Solomon S, Stone K, Yu P, Murphy DM, Kinnison D, Ravishankara AR, Wang P. Chlorine activation and enhanced ozone depletion induced by wildfire aerosol. *Nature.* 2023 Mar;615(7951):259-264. doi: 10.1038/s41586-022-05683-0. Epub 2023 Mar 8. PMID: 36890371
12. Stone K. A., Solomon S., Kinnison D. E., Mills M. J., On recent large Antarctic ozone holes and ozone recovery metrics. *Geophys. Res. Lett.* 48, e2021GL095232 (2021)

The ozone layer and its impact on human health

Gigiadze Mariam^{1,2}, Gorgadze Gigi¹, Gambashidze Ketevan^{3,4}

¹Tbilisi State Medical University, Faculty of Medicine

² Student scientific-research club "ENDEAVOR" of the Scientific Research-Skills Center of Tbilisi State Medical University.

³Tbilisi State Medical University, Department of Pathophysiology

⁴Tbilisi State Medical University, Scientific Research-Skills Center

Abstract

The formation of life on Earth and the presence of various ecosystems were determined by several factors, and one of the most important among them is the atmosphere. In particular, the ozone layer (O₃), located in the second layer of the atmosphere, 12-35 kilometers above the earth's surface, in the stratosphere, where 90% of ozone is present, the remaining amount of ozone, about 10%, is located in the troposphere. Stratospheric ozone is important for environmental protection. At present, uncontrolled industrial activities and other actions have put humanity at great risk, which has resulted in the release of chlorofluorocarbons and other halocarbons into the air. After being released in the stratosphere, molecules of these compounds interact with ultraviolet radiation to release bromine and chlorine. It is a known fact, that one molecule of CFC can destroy as many as 100,000 ozone molecules. Ozone-depleting substances and factors include carbon tetrachloride, methyl chloroform, hydrobromofluorocarbons, methyl bromide, bromochloromethane, nitrogen oxides, space rockets, airplanes flying at 12-15 km overhead, global warming, etc. The previously mentioned reactions and substances caused the depletion of the ozone layer and the so-called occurrence of "Ozone holes", discovered near the poles. It can be said assuredly that the depletion of the ozone layer and its resulting effects, such as premature aging, an increase in the number of skin cancer patients, in particular basal cell cancer and squamous cell cancer, weakening of the immune system, damage to the cornea, conjunctival membrane, crystal and retinal membrane of the eye, and others have become one of the serious challenges of modernity. All of the aforementioned led to the Montreal Protocol, aimed to protect the ozone layer by reducing ozone-depleting gases. Georgia officially joined the "Montreal Protocol" and the "Vienna Convention" in 1996. It is also worth noting that dealing with such a global problem and the experience gained within it will also help us in the fight against climate change.

Key words: Ozone layer; Ozone-depleting substances; Ozone layer depletion; Montreal Protocol.