

უკ 504.064.36

ატმოსფერული მტვრის თავისებურებანი

გუნია გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
თბილისი, საქართველო, garrygunia@yahoo.com

უილარდ გიბსის მიერ (Josiah Willard Gibbs) შემოტანილი მცნება “აეროზოლი” მოიცავს აეროლისპერსული სისტემების ფართო ნაირსახეობას, რომელთა შორისაა მტვერი, ნისლი და ბოლი [1].

ატმოსფერული ჰაერის ფართოდ გავრცელებულ მინარევს წარმოადგენს მტვერი, რომლის მახასიათებლები უკვე კარგადაა ცნობილი [2]. უმთავრესად ეს ქვედა ატმოსფეროსა და ჰაერის მიწისპირა ფენაში გავრცელებულ მტვრის ნაწილს ეხება. ზოგადი შეფასებებით, მთელი მსოფლიოს ქალაქებში 1 წლის განმავლობაში ატმოსფეროში გაფრქვეული ანთროპოგენური წარმოშობის მყარი ნაწილაკების რაოდენობა დაახლოებით 1 მლრდ. ტ. შეადგენს.

ატმოსფერული მტვრის დაყოფას თავისი თვისებების მიხედვით აწარმოებენ, მათ შორის: ჰიგიენურად - ბიოლოგიური ზემოქმედებით; მეტეოროლოგიურად - ატმოსფეროში განაწილებით; ტექნიკურად - ადამიანის სამეურნეო და სამრეწველო ქმედებით.

მეტეოროლოგიურ ოპტიკაში მტვრის ნაწილაკებად მიიღება ისეთი ნაწილაკები, რომელთა სინათლის გაფანტვის ინტენსიობა - I_{λ} გადაიხრება რელეის კანონიდან, რომლის თანახმად - $I_{\lambda} \sim \lambda^{-4}$: 1) $I_{\lambda} \sim \lambda^{-2}$ - (ვულკანური მტვერი); 2) მსხვილდისპერსული მტვერი - ($I_{\lambda} \sim \lambda^0$) - სინათლის ნაკადს ერთნაირად ფანტავს. ეს უკანასკნელი, ატმოსფეროში მყოფი, 0.1 მკმ-ზე მეტი ზომის ნაწილაკებია და მეტეოროლოგიაში მტვრის ნაწილაკებად მიიღებიან.

ხშირად მტვრის ნაწილაკები ელექტროდამუხტვისა და რადიოაქტიურობის მიხედვითაც იყოფიან.

ადამიანის ჯანმრთელობაზე ატმოსფერული მტვრის ზემოქმედების შესწავლისას, მათი ზომების განსაზღვრას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება. ადამიანის ფილტვებში ხვდებიან ნაწილაკები ზომებით არა უმეტეს 5 მკმ-სა.

10 მკმ-ზე უფრო მსხვილი ნაწილაკები მთლიანად ცხვირის ღრუში ილექებიან, ხოლო, პირით სუნთქვისას, ისინი ზედა ბრონქების იქით არ შედიან.

ჩვენს სხეულს აქვს ლორწოვანი გარსი და დამცავი თმები სუნთქვის ორგანოებზე, რომლებიც 10 მკმ-ს ნაწილაკებს იკავებენ. ხოლო უფრო მცირე და მსუბუქი 2.5 მკმ ნაწილაკები დიდ ხანს იმყოფებიან ჰაერში შეწონილ მდგომარეობაში და პრაქტიკულად არ ილექებიან მიწაზე. ისინი ადამიანის ჯანმრთელობისთვის ყველაზე დიდ რისკს წარმოადგენენ.

უკეთესი გაგებისთვის აღსანიშნავია, რომ ადამიანის თმის დიამეტრი 80 - 100 მკმ - ს შეადგენს. გარდა ამისა, ხილული სინათლის ტალღის სიგრძის დიაპაზონი 0.38 მკმ (იისფერი) - 0.78 მკმ (წითელი) არეში მდებარეობს.

მტვრის ნაწილაკები 0.8 - 1.6 მკმ-ს დიამეტრით, ძირითადად ბრონქებსა და ალვეოლებში ილექებიან, ხოლო 0.2 - 0.3 მკმ-ს დიამეტრის მქონე ნაწილაკების, დაახლოებით, 80% ისევ უკან ამოისუნთქებიან.

ამ ზომებზე უფრო მცირე სიდიდის ნაწილაკების დალექვა ფილტვებში დიფუზიის ხარჯზეა შესაძლებელი. ამასთან, ელექტროდამუხტული ნაწილაკების დაკავება 54%-ს შეადგენს, ხოლო ნეიტრალურებისა კი - მხოლოდ 18%-ს.

თავისი წარმოშობის მიხედვით ატმოსფერული მტვრის მინარევის კოსმოსური, ვულკანური, ეოლური, ზღვიური და სამრეწველო წარმოშობის მტვრებად დაყოფა არის მიღებული.

მთელ ატმოსფეროში კოსმოსური მტვრის შემცველობა დაახლოებით 10^6 ტ-ს უტოლდება, რაც ამ მინარევის საერთო რაოდენობის 1%-ზე ნაკლებს შეადგენს. ჩვენი შეფასებებით დედამიწის მთელ ზედაპირზე 24 საათის განმავლობაში კოსმოსური მტვრის 10^4 ტ მოდის, რაც დედამიწის ზედაპირზე მოსული მისი რაოდენობა, დაახლოებით, $0.2 \cdot 10^4$ ტ/კმ² შეადგენს. ამ სახის მტვრის ზომები 0.1 - 1.0 მკმ-ს ფარგლებში მერყეობს, თუმცა, ხშირად, 40 მკმ-ზე მეტი ზომის ნაწილაკებიც გვხვდება. ამ ნაწილაკთა რიცხვითი კონცენტრაცია 20 კმ-ს სიმაღლეზე 0.03 ნაწ/სმ³-ს შეადგენს.

ვულკანური ამოფრქვევები ატმოსფეროს დაბინძურების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წყაროა.

დედამიწაზე ვულკანური ფერფლისა და ლავის ნალექებზე რიგი საუკუნის მონაცემთა დამუშავების გზით, ჩვენს მიერ რაოდენობრივად იქნა შეფასებული ამ სახის ატმოსფერული მტვრის რიგი მახასიათებელი, მათ შორის: ვულკანური მტვრის გავრცელების მასშტაბები და ატმოსფეროს დაბინძურებაში მისი წილი.

ვულკანური მტვრის ბუნებას წარმოადგენს დიდ სიმაღლეებზე გავრცელებული და იქ გარკვეული ვადით დამკვიდრებული ნაცროვანი ფენა და უფრო მეტად სიცოცხლისუნარიანი აეროზოლური ფენები. ეს უკანასკნელი წარმოიქმნებიან ატმოსფერული ოზონისა და ვულკანური ამოფრქვევების პროდუქტის - გოგირდის ორჟანგის ურთიერთქმედების შედეგად.

ატმოსფეროში ნაწილაკების ყოფნის დრო შეზღუდულია (13 სთ -1.6 წლწ). ამასთან, მათი ზომები დედამიწის ზედაპირიდან სხვადასხვა სიმაღლეებზე (40-10კმ), საშუალოდ, 0.5 -5.0 მკმ ფარგლებში აღირიცხება, ხოლო სიმკვრივე 2.3 გ/სმ³ შეადგენს. სედიმენტაციის სიჩქარეების გაანგარიშებას 10კმ-ზე ნაკლები სიმაღლეებისთვის აზრი არ აქვს, ვინაიდან ამ არეში ატმოსფერო არამდგრადია. გარდა ამისა აქ ატმოსფერული ნალექების მიერ აეროზოლების ნაწილაკთა ჩამორეცხვის ეფექტიც მოქმედებს. მაგრამ შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ ტროპოსფეროში ნაწილაკთა ყოფნის დრო, ამ არეში წყლის მოლეკულების არსებობის დროს უტოლდება, რომელსაც ეკვატორულ ნაწილში 9 დღე-ღამეს, ხოლო მთელ სივრცეში, საშუალოდ, 11 დღე-ღამეს უტოლებენ.

ცნობილი ვულკანების ამოფრქვევების ქრონოლოგიურ მასალასა და მათზე დაკვირვებების შედეგებზე დაყრდნობით, ჩვენს მიერ გაანგარიშებულია ატმოსფეროში მოხვედრილი და დედამიწის ზედაპირზე დალექილი ვულკანური მტვრის წონითი რაოდენობები.

აღნიშნულმა გაანგარიშებებმა ცხადყო, რომ მე XX-ე საუკუნის 70-იან წლებამდე ატმოსფეროში $1150 \cdot 10^9$ ტ ვულკანური მტვერი გაიფრქვა, რომელიც დედამიწის ზედაპირზე, მისი თანაბარი განაწილებისას, $2.3 \cdot 10^3$ ტ/კმ² ფენით დაილექებოდა. ამასთან, მე XIX-ე საუკუნეში ატმოსფეროში ამ მინარევის 230 კმ³ მოხვდა, რაც წონით განზომილებაში $520 \cdot 10^9$ ტ შედგენს, ხოლო მე XX-ე საუკუნის პირველი 70 წლის განმავლობაში მისი, დაახლოებით, 30 კმ³, ანუ $70 \cdot 10^9$ ტ, მოხვდა. მოტანილი შედეგები გვიჩვენებენ, რომ ვულკანების ამოფრქვევებს ძალზე დიდი რაოდენობის მტვერი შეაქვთ ატმოსფეროში. მაგრამ ამ სახის აეროზოლებით მის დაბინძურებას დროებითი ხასიათი აქვს.

ეოლური მტვერი - ატმოსფეროს ამ მინარევის მომდევნო შემადგენელი ნაწილია. ის მიწის ზედაპირის გამოფიტვისა და მტვრიანი ქარბუქისას წარმოიქმნება. ამასთან, მტვრის ნაწილაკები თავისი წარმოშობის ადგილიდან ასეული და, ხშირად, ათასეული კილომეტრის მანძილზე გადაიტანებიან.

როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებენ, ეოლური მტვერი ატმოსფერული მტვრის, დაახლოებით, 70%-ს შეადგენს და მას მკვეთრი მატების ტენდენცია გააჩნია. მის ძირითად წყაროდ უდაბნოები და ნახევრად უდაბნოები გვევლინებიან.

ზღვისა და ოკეანეების როლი ატმოსფერული მტვრის წარმოქმნაში, კონტინენტებისაგან განსხვავებით, არც ისე შესამჩნევია. ამაში მათ შეუძლიათ მიიღონ მონაწილეობა მხოლოდ, ნაპირებიდან მცირე დაშორებით, მარილების დალექვის სახით.

ოკეანის ზედაპირიდან 15 მ-ზე მტვრის ნაწილაკთა ზომები 10 მკმ-ს არ აღემატება, ხოლო 9კმ სიმაღლეზე, მათი ზომების განაწილების მაქსიმუმი 0.1 მკმ ნაწილაკებზე მოდის. ამასთან, ნაწილაკთა რაოდენობის ძირითად მასას 0.3 მკმ-ზე უფრო მცირე ზომები ახასიათებთ.

ქალაქებისა და სამრეწველო რაიონების ატმოსფერული ჰაერის ერთ-ერთ ძირითად მინარევად სამრეწველო წარმოშობის მტვერს მიიჩნევენ. უკანასკნელი წლების განმავლობაში ევროპისა და ამერიკის ქალაქებში, გასაშუალოებული მნიშვნელობებით, ატმოსფეროდან ჩამო-ცვენილი მტვრის რაოდენობა 400 ტ/კმ² წლწ სიდიდეს აღწევს, ხოლო მათი კონცენტრაციები, ხშირად, ზღვრულ დასაშვებ მნიშვნელობას აღემატება. შეფასებებმა გვიჩვენა, რომ ინდუსტრი-ული მტვერი ამ მინარევის მთელი რაოდენობის, დაახლოებით, 15%-ს შეადგენს, ხოლო მისი ყოველწლიური ნამატი, დაახლოებით, 0.4% აღწევს.

კაცობრიობას დედამიწის ხმელეთის, დაახლოებით, მხოლოდ 56% აქვს ათვისებული, უფრო ინტენსიურ ექსპლუატაციას კი, სულ 15% უწევს. აქედან 2% შენობა-ნაგებობებით დაკავებულ ფართობზე მოდის, დედამიწის მოსახლეობის 40%-ით, რომელსაც ძირითადად სამრეწველო ქალაქების ბინადარნი შეადგენენ.

=====

ცნობილია, რომ 15 მკმ - მდე სიდიდის მტვრის ნაწილაკები ადვილად გადაიტანება კონვექციური ღინებების მიერ, რომლებიც ხშირად აღემატება მათზე მოქმედ გრავიტაციულ ძალებს.

დღისით კონვექციურ მტვერს, წლის სეზონზე დამოკიდებულებით, შეუძლია მიაღწიოს 5 კმ სიმაღლემდე. კვლევებით მიღებულია, რომ ღამის პერიოდში (12 საათის განმავლობაში) აეროზოლებს შეუძლიათ მხოლოდ 22 მეტრით ქვევით დაშვება მოასწრონ.

ამრიგად, ნაწილაკები, რომლებიც დღისით ატანილი იყო ზემოთ, ღამის განმავლობაში ატმოსფეროში რჩებიან. ატმოსფეროში მტვრის რაოდენობა დამოკიდებულია გარემოს სივრცის სიბურთო კუმულაციურ ეფექტებზე. ასე, რომ კონვექციურ სივრცეში აეროზოლების შემცველობა დამოკიდებულია სეზონზე. ადრე ზაფხულსა და გაზაფხულის განმავლობაში, როდესაც დედამიწის ტემპერატურა აღემატება ჰაერის ტემპერატურას, ჰაერში აეროზოლის რაოდენობა მეტია, ვიდრე ზამთარში და შემოდგომაზე. კონვექციური ზედაპირებიდან აეროზოლები გადაიტანება ტროპოპაუზისკენ. ტროპოპაუზას რომ მიაღწევს, აეროზოლი ანელებს მოძრაობას ზევით და გროვდება ამ არეში. აეროზოლის შემდგომი ზევით აწევა, ცხადია, სტრატოსფეროში წყლის ორთქლის შეჭრის შესაბამისად წარმოებს. ამ შემთხვევაში ჰაერი წყლის ორთქლთან ერთად ტროპიკული ტროპოპაუზის რაიონის გავლით, სადაც ტემპერატურა ძალზე მცირეა (-70°C), მოძრაობს ზედა ტროპოპაუზიდან ქვედა სტრატოსფეროსკენ.

ამრიგად, სტრატოსფეროში მტვრის შემოჭრა კონტროლდება, უმთავრესად, ჰაერის ნაკადით, რომელმაც ტროპიკული ტროპოპაუზის რაიონის გავლით თავისი გაერცვლების ზედა საზღვარს მიაღწია. სტრატოსფეროში აეროზოლის შემოჭრის ზოგიერთ მოვლენას შესაძლოა ადგილი ჰქონდეს მაღალ განედებშიაც. აქ ჩვეუნიანად ვაკვირდებით მცირე სიდიდის ატმოსფერულ მოძრაობებს, რის გამოც მათ, შესაძლოა, მხოლოდ მეორეხარისხოვანი მნიშვნელობა უნდა მივაკუთვნოთ. ტროპოსფეროს რღვევის ადგილებში ჰაერი მტვერთან ერთად საშუალო განედის რაიონებიდან სტრატოსფეროდან ტროპოსფეროში ბრუნდება.

მტვრის არსებობის დრო დაბალ სტრატოსფეროში რამდენიმე თვიდან - 2 წლამდე განისაზღვრება. ტროპოსფეროში ნაწილაკების არსებობის ხანგრძლივობა კი, დაახლოებით ერთი თვეა და ძირითადად ძირს ეშვებიან ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში საშუალო განედის რაიონებში, ტროპოპაუზის რღვევის ადგილებში. ამ შემთხვევაში, ცხადია, აქ ძირითად როლს მეტეოროლოგიური ეკვატორი ასრულებს, როგორც ნახევარსფეროებს შორის ტროპოსფერული ნაწილაკების გადამტანი ბარიერი.

ატმოსფერული მტვრის დედამიწის კლიმატზე გავლენის შესწავლისას უშვებენ, რომ აეროზოლების შემცველობის მატება ატმოსფეროში იწვევს მათ მიერ ღრუბლების გაჯერებას, რასაც ნალექების მოსვლის შემცირებისკენ მიყვება. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ აეროზოლის გამოტანა ტროპოსფეროდან ძირითადად მათი ნალექებით ჩამორეცხვის შედეგად წარმოებს, მაშინ ცხადი ხდება დროთა განმავლობაში ატმოსფეროს გლობალური გამტვერიანების კატასტროფული ზრდა.

ატმოსფეროს გლობალური დაბინძურების ერთ-ერთ ყველაზე მნიშვნელოვან შედეგს სიბურთო ბალანსის ცვლილება წარმოადგენს, რაც გამოწვეულია „შებრუნებული სიბურთო“ მექანიზმის მოქმედებით, რომლის არსი იმაშია, რომ მტვრის ნაწილაკები, რომელთა ზომები ხილული სინათლის ტალღის სიგრძის შესადარისია, ფანტავენ სხივურ ნაკადს, რის გამოც მცირდება დედამიწის ზედაპირამდე მოსული სხივური ენერგიის რაოდენობა, ეს კი დედამიწის ზედაპირის გაცივებას გამოიწვევს.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გუნია გ. ატმოსფეროს ეკოლოგიური მონიტორინგის მეტეოროლოგიური ასპექტები. - საქ. მეცნ. აკად., ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბ. 2005, 265გვ.
2. Гуния Г.С. Современные проблемы запыленности атмосферы - Обнинск: ВНИИГМИ - Мировой центр данных, 1978, 65с.

=====

უკ 504.064.36

ატმოსფერული მტვრის თავისებურებანი/გუნია გ./ სტუპ-ის პმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2020. - ტ.129. - გვ.67-70. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. ნაშრომში ატმოსფერული ჰაერის ერთ - ერთი ძირითადი მინარევის-ატმოსფერული მტვრის მახასიათებლებია მოტანილი, მათ შორის: ჰიგიენური - ბიოლოგიური ზემოქმედებით; მეტეოროლოგიური - ატმოსფეროში განაწილებით; ტექნიკური - ადამიანის სამეურნეო და სამრეწველო ქმედებით. აღნიშნულია, რომ 10 მკმ-ს ზომის ნაწილაკები ძირითადად ცხვირის ღრუში დაიკავებიან, ხოლო უფრო მცირე და მსუბუქი 2.5 მკმ ზომის ნაწილაკები დიდ ხანს იმყოფებიან ჰაერში შეწონილ მდგომარეობაში და პრაქტიკულად არ ილექებიან მიწაზე. ისინი ადამიანის ჯანმრთელობისთვის ყველაზე დიდ რისკს წარმოადგენენ. ატმოსფერული მტვრის მინარევების ცალკეული კომპონენტის: კოსმოსური, ვულკანური, ეოლური, ზღვიური და სამრეწველო - თავისი წარმოშობის მიხედვით დაყოფა არის მიღებული. ამასთან დახასიათებულია მათი თავისებურებანი და შეფასებულია ცალკეული მათგანის წილი გარემოს დაბინძურებაში. გარდა ამისა, მოტანილია ატმოსფერული მტვრის თავისებურების დახასიათება კლიმატის ცვლილების პრობლემაში.

UDC 504.064.36

Features of atmospheric dust. /Gunia G./Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2020 - vol.129 - pp.67-70. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus. The article presents the characteristics of one of the main atmospheric air impurities - atmospheric dust, including: hygienic - by biological effect; meteorological - distribution in the atmosphere; technical - economic and industrial activities. It was noted, that particles up to 10 μm in size during breathing are mainly captured in the nasal cavity, while smaller and lighter particles up to 2.5 μm in size are in the air for a long time and practically do not settle on the surface of the earth. They pose the greatest risk to human health. The individual components of atmospheric dust impurities are divided by their origin into - space, volcanic, aeolian, marine and industrial. At the same time, their characteristics are given and the share of each component in environmental pollution is estimated. In addition, a description is given of the characteristics of atmospheric dust in the problem of climate change.

УДК 504.064.36

Особенности атмосферной пыли /Гуния Г.С./ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2020. вып.129 - с.67-70. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус. В статье представлены характеристики одной из основных примесей атмосферного воздуха - атмосферной пыли, в том числе: гигиенические - по биологическому воздействию; метеорологические - по распространению в атмосфере; технические - хозяйственной и производственной деятельности. Отмечено, что частицы размером до 10 мкм в основном захватываются в носовой полости, в то время как более мелкие и более легкие частицы размером до 2.5 мкм находятся в воздухе в течение длительного времени и практически не оседают на поверхность земли. Они представляют наибольший риск для здоровья человека. Отдельные составляющие примесей атмосферной пыли делятся по своему происхождению на космические, вулканические, эоловые, морские и промышленные. При этом, приводятся их характеристики и оценена доля каждой составляющей в загрязнении окружающей среды. Кроме того, дано описание особенностей атмосферной пыли в проблеме изменения климата