

ზუსტაზონის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის ზედაპირზე მტვრის ბანაჟილების მოდელირება

გიგაური ნ.გ., გვერდწითელი ლ.ვ., სურმავა ა.ა., ინჟირველი ლ.ნ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ნიადაგი წარმოადგენს მიწის ქერქის რთული შემადგენლობის ფხვიერ ზედაპირულ ფენას, სადაც ბიოლოგიური პროცესების ზეგავლენით მიმდინარეობს მინერალური და ორგანული ნივთიერებების ურთიერთგადასვლის ქიმიური პროცესები. ნიადაგის დეგრადაციას იწვევს ანთროპოგენული ფაქტორები, ერთ-ერთ ფაქტორს წარმოადგენს ტექნიკური ეროზია, რაც გამოწვეულია სამრეწველო ნარჩენების არასწორი განთავსებით, რომელთა თვითგაწმენდა პრაქტიკულად არ მიმდინარეობს ან მიმდინარეობს ძალიან ნელა. ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვება თანდათან ცვლის ნიადაგის ქიმიურ შემადგენლობას, გეოქიმიური არისა და ცოცხალი ორგანიზმების ერთიანობას. გარემოს ობიექტების (წყლის, ჰაერის, ნიადაგის) სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო დაბინძურება განსაკუთრებით საშიშია მჭიდროდ დასახლებული ისეთი რაიონისათვის, როგორც არის ქალაქი ზესტაფონი [1].

წარმოდგენილ ნაშრომში რიცხობრივად მოდელირებული და შესწავლილია ქ. ზესტაფონში არსებული მტვრის გავრცელების მექანიზმი და არეალი. ამ მიზნით, მოდელირებისათვის გამოყენებულია საქართველოს ტერიტორიაზე მეზომასშტაბის რეგიონში ატმოსფერული პროცესების განვითარების და დამაბინძურებელ ინგრედიენტთა გავრცელების რეგიონალური მოდელი [2]. მოდელში მტვრის გავრცელება აღიწერება უწვეტ გარემოში პასიური ინგრედიენტის გადატანა-დიფუზიის განტოლების საშუალებით [3], რომელიც რაიონის რელიეფის სირთულის გათვალისწინებით ჩაწერილია რელიეფის მიმყოფ კოორდინატთა სისტემაში [4].

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + (\tilde{w} - \frac{w_0}{h}) \frac{\partial C}{\partial \zeta} = \mu \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \zeta} v \frac{\partial C}{\partial \zeta} \quad (1)$$

სადაც t – დროა; x, y , და z – დეკარტეს მართკუთხა კოორდინატთა ღერძები; $\zeta = (z - \delta) / h$ – რელიეფის მიმყოფი ღერძი; $\delta(x, y)$ – რელიეფი; $h = H - \delta$ – ატმოსფეროს სისქე; $H(t, x, y)$ – ტროპოსფერის სიმაღლე; C – მტვრის კონცენტრაცია; u, v , და \tilde{w} – ქარის სიჩქარის მდგენელები x, y და ζ ღერძების გასწვრივ, შესაბამისად. მათი მნიშვნელობები გამოითვლება რეგიონალური მოდელის [2] გამოყენებით ყოველ კონკრეტულ სინოპტიკურ სიტუაციაში, რიცხვით ექსპერიმენტში დასახული მიზნის შესაბამისად. W_0 არის მტვრის გრავიტაციული დაღეკვის სიჩქარე, ის გამოითვლება სტოქსის ფორმულის საშუალებით. μ და v ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კინემატიკური კოეფიციენტებია.

(1) განტოლება რიცხობრივად ინტეგრირდება კრანკ-ნიკოლსონის სქემითა და გახლეჩის მეთოდის გამოყენებით 118x90x31 კვანძისაგან შემდგარ სივრცულ ბადეზე ჰორიზონტალური 0.8 კმ და ვერტიკალური 1/31 ბიჯებით. ატმოსფეროს მიწისპირა 100მ სისქის ფენაში ვერტიკალური ბიჯი იცვლება 2-დან 15 მ-მდე, 17 წერტილიან ბადეზე. დროითი ბიჯი 5 წამია.

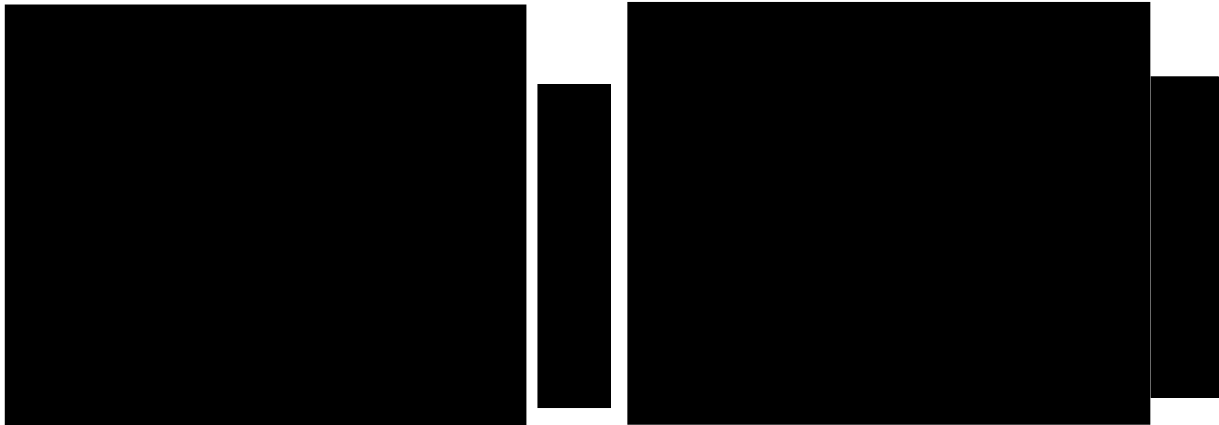
ნიადაგზე დაფენილი მტვრის ზედაპირული კონცენტრაცია C_s , დროის ნებისმიერ $t = j \Delta t$ მომენტში და რიცხვითი ბადის წერტილებში (k, l) , განისაზღვრება (1) განტოლების რიცხვითი ინტეგრებით მიღებული მტვრის კონცენტრაციით ნიადაგის ზედაპირიდან 2δ სიმაღლეზე, შემდეგი ფორმულით

$$C_{s,j,k,l} = C_{s,j-1,k,l} + \Delta t [- (w_{j,k,l,1} - w_0) \times C_{j-1,k,l} + (v_{k,l,1} \times C_{j-1,k,l,1} / \Delta \zeta \times h_{j-1,k,l})]$$

სადაც ინდექსები $j, k, l, 1$ არის დროისა და x, y დაჯღერძზე არსებული ბადური წერტილების ნომრები; Δt – დროის ბიჯი; Δz – ვერტიკალური ბიჯი; $C_{s,j,k,1}$ – ნიადაგზე დაფენილი მტვრის ზედაპირული სიმკვრივე; $C_{j,k,l,1}$ – მტვრის კონცენტრაცია 2მ სიმაღლეზე, W - ვერტიკალური სინქარეა z ღერძის გასწვრივ.

ჩატარებულია გამოთვლები აღმოსავლეთისა და დასავლეთის სუსტი ($1\text{მ}/\text{წმ}$), საშუალო ($5\text{მ}/\text{წმ}$) და ძლიერი ($10\text{მ}/\text{წმ}$) ქარების შემთხვევაში. მიღებული შედეგები ნაჩვენებია ნახ.1 და 2-ზე.

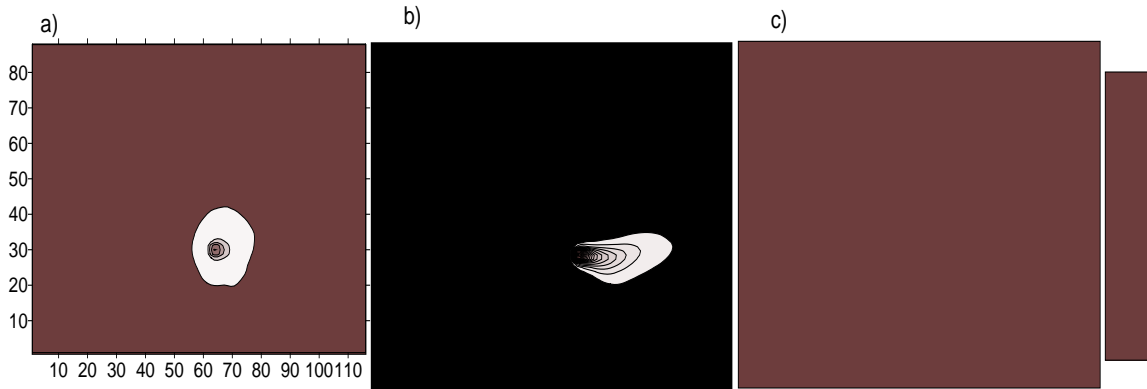
აღმოსავლეთის ფონური ქარის შემთხვევაში ნიადაგზე მტვერი ეფინება ვიწრო ჰორიზონტალურ ჩირაღდნის მსგავს ზოლზე, ფონური ქარის მიმართულებით (ნახ.1). მაქსიმალური დაღეჟვა ხდება უშუალოდ ქალაქის ტერიტორიაზე, სადაც 1მ^2 ფართობზე 12 და 24 საათის განმავლობაში დაღეჟილი მტვრის მაქსიმალური მასა შეადგენს, შესაბამისად, 210 და 420 მგ-ს. მტვრის დაღეჟვის ინტენსივობა სწრაფად მცირდება ქალაქიდან დაშორებისას, განსაკუთრებით დინების პერპენდიკულარული მიმართულებით. აღნიშნული ეფექტი გამოწვეულია მტვრის ადვექციური გადატანის უპირატესობით ტურბულენტურ გადატანასთან შედარებით.



ნახ. 1. ნიადაგზე დაფენილი მტვრის ზედაპირული სიმკვრივე (მგ/მ³) აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს, როცა $t=12$ და 24 სთ

მე-2 ნახაზზე წარმოდგენილია 24 საათის განმავლობაში ნიადაგზე დაფენილი მტვრის ზედაპირული სიმკვრივე სუსტი – (a), საშუალო – (b), და ძლიერი – (c) ფონური დასავლეთის ქარების შემთხვევაში. წარმოდგენილი სურათიდან ჩანს, რომ სუსტი და საშუალო ფონური ქარის დროს მტვერი ეფინება მიწის ზედაპირის დაახლოებით 200კმ^2 ფართობზე. დაფენის ზონებს გააჩნია წრიული და ელიფსური ფორმები. სუსტი ქარის დროს მტვერი ეფინება წრიულ არეზე, რაც გამოწვეულია ჰორიზონტალური ტურბულენტური გადატანის უპირატესობით ადვექციურ გადატანასთან შედარებით. საშუალო ქარის დროს კი პირიქით – მტვრის ადვექცია აჭარბებს ტურბულენტურ გადატანას. ძლიერი ფონური ქარის დროს მტვრის დაფენის ზედაპირის ფართობი გაცილებით მეტია როგორც სივრცეში, ასევე სივრცეში. აღნიშნული ეფექტი აჩვენებს, რომ მტვრის სივრცეში გავრცელების პროცესში, ტურბულენტური და ადვექციური გადატანის მნიშვნელობა დიდია და დაახლოებით ერთნაირი.

მტვერი ნიადაგზე დაფენილია დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ მიმართული ზოლის სახით. ზოლის სიგრძე აჭარბებს 50კმ -ს, ხოლო სივრცე დაახლოებით 28კმ -ია. ყველა განხილულ შემთხვევაში 24 საათის განმავლობაში მიწის ზედაპირზე დაფენილი მტვრის მაქსიმალური რაოდენობა მიღებულია ქალაქის ტერიტორიაზე და ზედაპირული სიმკვრივე აღწევს დაახლოებით $40\text{მგ}/\text{მ}^2$ -ს.



ნახ. 2. ნიადაგზე დაფენილი მტვრის ზედაპირული სიმკვრივე (მგ/მ²) დასავლეთის ფონური ქარის დროს, როცა t=24 სთ

ამრიგად, რიცხვითმა მოდელირებამ აჩვენა ქ. ზესტაფონის მტვრის ნიადაგზე დაფენის თავისებურებები, გავრცელების არეალი და მისი ოდენობა გაბატონებული ქარების შემთხვევაში. ნახვენებია, რომ ნიადაგზე მტვერი ეფინება ვიწრო ზოლის სახით, რომლის ფორმა დამოკიდებულია ფონური ქარის სიჩქარეზე, რელიეფის ოროგრაფიაზე, ადვექციურ და ტურბულენტურ პროცესებზე. მიღებული შედეგები თვისებრივ თანხმობაშია უწყვეტ გარემოში სუბსტანციის გავრცელების ზოგად კინემატიკურ კანონზომიერებებთან და ნატურული გაზომვის მონაცემებთან [5].

ლიტერატურა

1. ლ. გვერდწითელი. ჰიდროსფეროსა და ნიადაგის დაცვის ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდები. -თბილისი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2014, 215 გვ.
2. N. Gigauri, A. Surmava. Spatial Distribution of the Local Meteorological Fields and Dust Concentration in Kakheti Atmosphere in Case of the Northern Background Wind. //Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue A, Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma. 2017, v. 20 A, pp.37-43.
3. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. -Ленинград, Гидрометеиздат, 1982, 320 с.
4. Кордзაძე А. А., Сурмава А. А., Деметрашვიდი Д. И., Кухалашвили В. Г. Численное исследование влияния рельефа Кавказского региона на распределение гидрометеорологических полей. //Известия РАН, сер. физика атмосферы и океана. 2007, т. 43, сс. 783-791.
5. Сурмава А. А. Математическое моделирование переноса влаги и растворенного вещества в почве. Труды ЗаКНИГМИ, вып. 86(93). – Л.: Гидрометеиздат, 1988, сс. 3-9.

SUMMARY

MODELING OF DUST DISTRIBUTION ON THE SOIL SURFACE OF ZESTAFONI CITY

Gigauri N.G., Gverdtiteli L.V., Surmava A.A. and Intskirveli L.N.

Georgian Technical University

Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University

The distribution of dust on the soil surface of Zestafoni City and its surrounding areas was studied by numerical integration of atmospheric air-pollutant transfer-diffusion equations in the case of the prevailing background winds.

Keywords: modeling, dust distribution, soil.