

უაკ 504.3.054

ქ. ზესტაფონის ფეროშენადნობის ქარხნიდან გაფრქვეული აეროზოლების გავრცელების მოდელირება და მისი ეკოლოგიური შეფასება

ნ. გიგაური², ლ. გვერწითელი¹, ა. სურმავა²

1. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, თბილისი
2. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო, თბილისი, natiagigauri18@yahoo.com

ქ. ზესტაფონი არის საქართველოს ერთ-ერთი ინდუსტრიული ცენტრი. იქ ფუნქციონირებს მძიმე მრეწველობის მსხვილი საწარმო – შპს „ჯორჯიან მანგანეზი“, ამავე პროფილის რამდენიმე შედარებით წვრილი საწარმო. ევროპა-აზიის დამაკავშირებელ სატრანსპორტო მაგისტრალზე ყოველდღიურად მოძრაობს ათასობით მსუბუქი და მძიმეწონიანი ავტომობილი. შედეგად ყოველდღიურად ქალაქის ატმოსფეროში გაიფრქვევა დიდი რაოდენობის მტვერი, მანგანუმის ოქსიდები და ჰაერის დამაბინძურებელი აეროზოლები.

ქ. ზესტაფონის ფეროშენადნობის ქარხანა ყოველთვის ითვლებოდა და ახლაც ითვლება ერთ-ერთ ძლიერ დამაბინძურებლად. ქ. ზესტაფონში მტვრის და მანგანუმის ოქსიდების კონცენტრაციები 10-ჯერ და უფრო მეტად აღემატება შესაბამის ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობებს [1].

ქალაქში გაფრქვეული მტვერი, მეტეოროლოგიური პროცესების გავლენით ვრცელდება დიდ მანძილზე და იწვევს მიმდებარე ტერიტორიების დაბინძურებას, განსაკუთრებით ქ. ზესტაფონის მახლობლად განლაგებულ საკურორტო და კულტურულ-რეკრეაციულ ობიექტებში (კურორტი წყალტუბო, ბორჯომი-ხარაგაულის ნაკრძალი, და სხვ). ამიტომ, ატმოსფერული ჰაერის დაცვის მიზნით, მნიშვნელოვანია ქ. ზესტაფონსა და მის მიმდებარე ტერიტორიებზე ატმოსფეროში გაფრქვეული მტვრის განაწილების ცოდნა.

ამოცანის დასმა. 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 უწყვეტ გარემოში პასიური ინგრედიენტის გადატანა-დიფუზიის განტოლების საშუალებით [3], რომელიც რაიონის რელიეფის სირთულის გათვალისწინებით ჩაწერილია რელიეფის მიმყოფ კოორდინატთა სისტემაში [4]

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

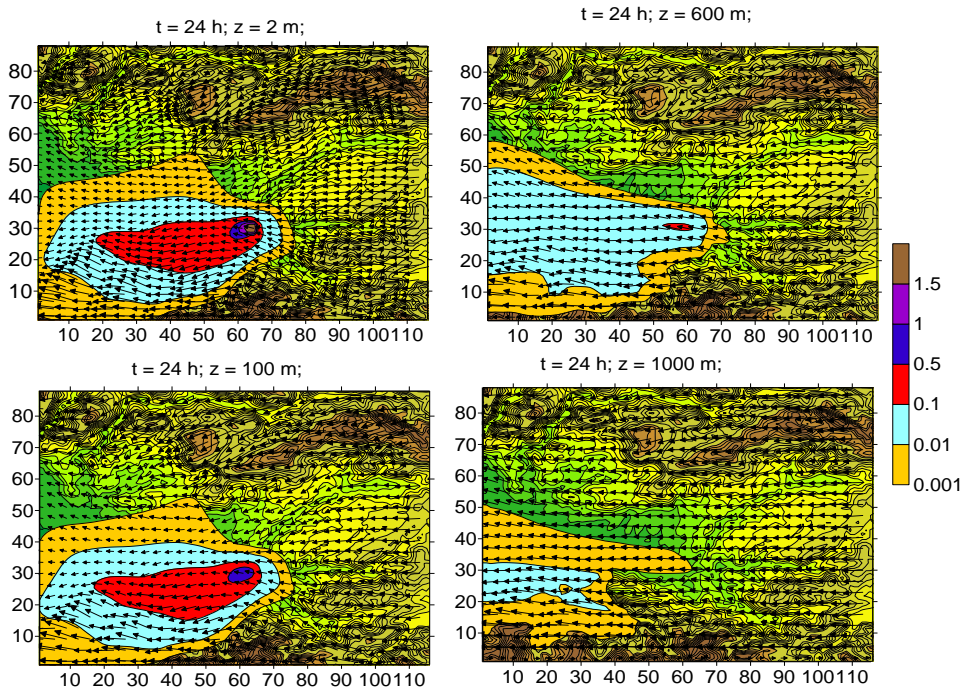
სადაც t დროა, x , y , და z - დეკარტეს მართკუთხა საკოორდინატო ღერძებია, $\zeta = (z - \delta) / h$ - რელიეფის მიმყოფი ღერძი, (x, y) - რელიეფი, $h = H - \delta$ ატმოსფეროს სისქეა, $H(t, x, y)$ - ტროპოპაუზის სიმაღლე, C - მტვრის კონცენტრაცია, u , v , და \tilde{w} - ქარის სიჩქარის მდგენელები x , y და ζ ღერძების გასწვრივ, შესაბამისად. მათი მნიშვნელობები გამოითვლება რეგიონალური მოდელის [2] გამოყენებით ყოველ კონკრეტულ სინოპტიკურ სიტუაციაში, რიცხვით ექსპერიმენტში დასახული მიზნის შესაბამისად. w_0 არის მტვრის გრავიტაციული დაღეჟვის სიჩქარე. ის გამოითვლება სტოქსის ფორმულის საშუალებით. μ და ν ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კინემატიკური კოეფიციენტებია.

(1) განტოლება რიცხობრივად ინტეგრირდება კრანკლ-ნიკოლსონის სქემითა და გახლეჩის მეთოდის გამოყენებით 118x90x31 კვანძისაგან შემდგარ სივრცულ ბადეზე ჰორიზონტალური 0.8 კმ და ვერტიკალური 1/31 ბიჯებით. ატმოსფეროს მიწისპირა 100 მ სისქის ფენაში ვერტიკალური ბიჯი იცვლება 2-დან 15 მ-მდე, 17 წერტილიან ბადეზე. დროითი ბიჯი 5 წამია. **მოდელირების შედეგები.** საქარის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით, ქ. ზესტაფონის მიდამოებში გაბატონებულია აღმოსავლეთისა და დასავლეთის ფონური ქარები, თითოეულის განმეორადობა აღემატება 40%-ს, სხვა მიმართულების ქარების განმეორადობა არ აღემატება 2%-ს. კონცენტრაცია ქალაქის ტერიტორიაზე მუდმივია და უდრის 0.8 მგ/მ³.

ჩატარებულია რიცხვითი ექსპერიმენტები, რომელთა მიზანი იყო გამოგვეკვლია ქ. ზესტაფონის ჰაერში არსებული მტვრის გავრცელება რაიონისათვის დამახასიათებელი გაბატონებული - აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში.

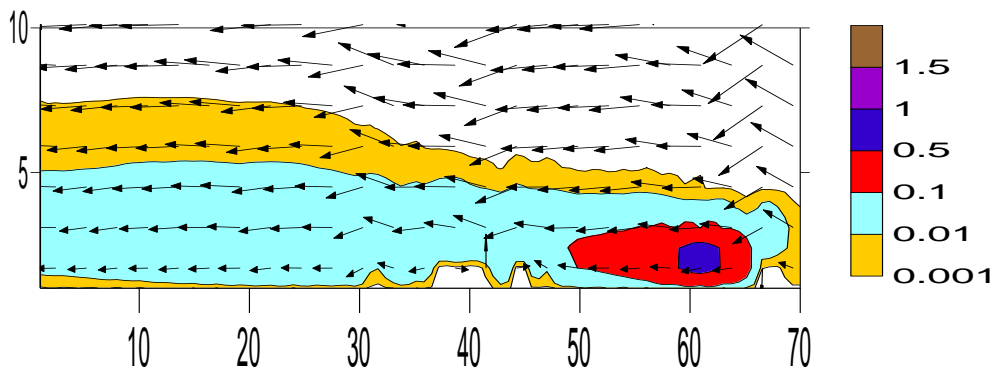
ნახ. 1 ნაჩვენებია რიცხვითი მოდელირების შედეგად მიღებული მიწისპირა ქარის სიჩქარისა და მტვრის კონცენტრაციის განაწილება როცა $t=24$ სთ აღმოსავლეთის სუსტი ფონური ქარის შემთხვევაში ($u_{back} = -1$ მ/წმ). ნახაზზე მტვრის კონცენტრაციის ოზოზოლები მოცემულია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციების (ზდკ) ერთეულებში (ზდკ=0.5 მგ/მ³).

ნახაზიდან ჩანს, რომ ქ. ზესტაფონში არსებული მტვერი 24 სთ-ის განმავლობაში ვრცელდება დასავლეთის მიმართულებით წაგრძელებული ელიფსისმაგვარი ზოლის სახით. დამტვერიანების ზოლი სუსტადაა დეფორმირებული, რაც გადატანის მიმართულებით შედარებით არარტული რელიეფითაა გამოწვეული.

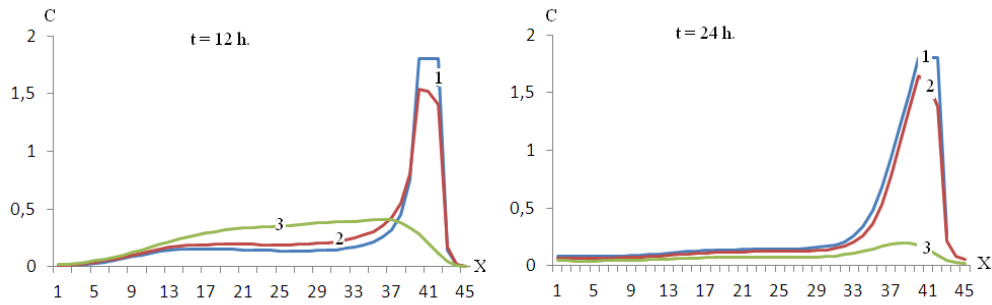


ნახ. 1. ქარის სიჩქარისა და მტვრის კონცენტრაციის განაწილება მიწის ზედაპირიდან ზ=2, 100, 600 და 1000 მ სიმაღლეზე სუსტი აღმოსავლეთის ქარის დროს, როცა t = 24 სთ.

დამტვერიანებული ჰაერის არე მოიცავს დიდ სივრცეს კოლხეთის დაბლობის თავზე და გურიის ქედის მიდამოებში. ვერტიკალურ სიბრტყეში მტვერი გავრცელებულია დაახლოებით 2 კმ-სიმაღლემდე (ნახ.2,3). კონცენტრაცია 1-0.1 ზღვ მიღებულია ქ. ზესტაფონიდან დაახლოებით 4 კმ მანძილზე, მთელ დარჩენილ სივრცეში კონცენტრაცია 0,1 ზღვ-ზე ნაკლებია და გადის რიცხვითი მოდელირების არედან.



ნახ. 2. ქარის სიჩქარისა და მტვრის კონცენტრაციის განაწილება XOZ სიბრტყეში

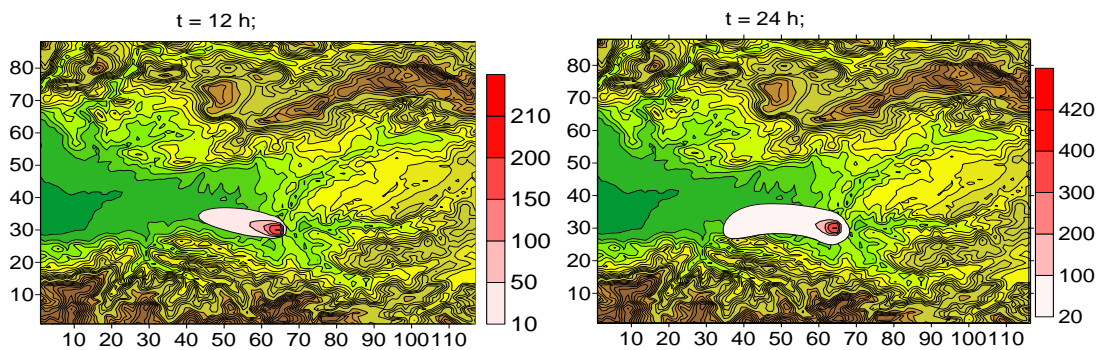


ნახ.3. ქ. ზესტაფონის ატმოსფეროში მტვრის კონცენტრაციები $C(x)$ (ზღვ ერთეულში) $z=2, 100$ და 600 მ სიმაღლეებზე (წირები 1, 2 და 3) XOZ სიბრტყეში, როცა $t=12$ და 24 სთ

ნახ. 2– ზე ნაჩვენებია ქარის სიჩქარისა და კონცენტრაციის განაწილება ვერტიკალურ XOZ სიბრტყეში, რომელიც გადის ქ. ზესტაფონზე. ნახ. 1 და 2–დან ვასკვნით, რომ მტვრის ძირითადი მასა კონცენტრირებულია დაახლოებით 32 კმ სიგრძის, 10 კმ სიგანისა და 1 კმ სიმაღლის არეში. მტვერი გავრცელებულია ქ. ზესტაფონიდან უფრო დიდ მანძილზე, სადაც კონცენტრაცია $100 - 1000$ -ჯერ ნაკლებია ზღვ–ზე.

კონცენტრაციის x ღერძის გასწვრივ განაწილება (ნახ. 3) გვიჩვენებს, რომ წყაროდან დაახლოებით 8 კმ–ზე მეტ მანძილზე მისი სიდიდე $t=12$ სთ მეტია ვიდრე სიდიდე, რომელიც მიღებულია, როცა $t=24$ სთ. უფრო მცირე მანძილებზე სურათი საწინააღმდეგოა – კონცენტრაციები 12 სთ–ისთვის ნაკლებია 24 სთ–ზე მიღებულ კონცენტრაციებზე. აღნიშნული ეფექტი დაკავშირებულია ტემპერატურის დღეღამური სვლით გამოწვეულ სტრატეფიკაციის ცვლილებასთან და შესაბამის დინამიკური და კინემატიკური პროცესების განვითარებასთან.

აღმოსავლეთის ფონური ქარის შემთხვევაში ნიადაგზე მტვერი ეფინება ვიწრო ჰორიზონტალურ ჩირად–დნის მსგავს ზოლზე (ნახ.4). მაქსიმალური დაღექვა ხდება უშუალოდ ქალაქის ტერიტორიაზე, სადაც 1 მ ფართობზე 12 სთ და 24 სთ–ის განმავლობაში დაღექილი მტვრის მაქსიმალური მასა შეადგენს 210 და 420 მგ–ს, შესაბამისად. მტვრის დაღექვის ინტენსივობა სწრაფად მცირდება, განსაკუთრებით დინების პერპენდიკულარული მიმართულებით.



ნახ. 4. ნიადაგზე დაფენილი მტვრის ზედაპირული სიმკვრივე ($მგ/მ^2$) აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს, როცა $t=12$ და 24 სთ.

ჩატარებულმა რიცხვითმა მოდელირებამ გამოავლინა ზოგიერთი მეტეოროლოგიური თავისებურება, რომელიც ახასიათებს მტვრის გავრცელების პროცესს ქ. ზესტაფონში გაბატონებული აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში. ნაჩვენებია, რომ ატმოსფეროს მიწისპირა 100მ ფენაში ქ. ზესტაფონის ტერიტორიაზე მტვრის განაწილება ერთგვაროვანია. მიწისპირა ფენის ზევით კონცენტრაცია სწრაფად მცირდება და 2–2,5 კმ პრაქტიკულად ხდება ნულის ტოლი.

აღმოსავლეთის ფონური ქარის დროს დაბლობი რელიეფი ვერ ახდენს ძლიერ ზემოქმედებას მტვრის გავრცელებაზე. შედეგად მტვრის ძირითადი მასა ვრცელდება წაგრძელებული ელიფსისმაგვარი ზოლის სახით.

ქალაქის მტვრის გავლენა საგრძნობია ქალაქიდან 8–10 კმ მანძილზე. გამოთვლებით მიღებულია, რომ სუსტი ფონური ქარის დროს ქალაქის მტვერი 24 სთ განმავლობაში მცირე კონცენტრაციით ვრცელდება 50 კმ–ზე და უფრო მეტ მანძილებზე.

მადლობა

სამუშაო შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის დოქტორანტურის საგანმანათლებლო კონკურსის ფარგლებში (გრანტი № PhD-F-17-192).

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გარემოს ეროვნული სააგენტო. გარემოს დაბინძურება. <http://nea.gov.ge/ge/service/garemos-dabindzureba/7/biuleteni/>
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. Гидрометеоизда, Ленинград, 1982
4. Кордзაძე А. А., Сурмава А. А., Деметрашвиди 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, с. 783-791.

უაკ 504.3.054

ქ. ზესტაფონის ფეროშენადნობის ქარხნიდან გაფრქვეული აეროზოლების გავრცელების მოდელირება და მისი ეკოლოგიური შეფასება /ნ. გიგაური, ლ. გვერდსიტელი, ა. სურმავა/სტუ-ის ჰმი-ის სამეცნ. რეფ. შრ. კრებ. – 2019. - ტ.127. - გვ.76-79. - ქართ.; რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. რიცხობრივად მოდელირებული და შესწავლილია ქ. ზესტაფონში მტვრის გავრცელება ამ რაიონისათვის დამახასიათებელი გაბატონებული ფონური აღმოსავლეთის ქარის შემთხვევაში. მიღებულია მტვრის სივრცული განაწილების სურათები, გაანალიზებულა ოროგრაფიის, ჰორიზონტალური, ვერტიკალური ტურბულენტობისა და ადვექციური პროცესების გავლენა მტვრის გავრცელებაზე ატმოსფეროში.

UDC 504.3.054

Modeling of aerosol emitted from Zestafoni ferro alloy plant and its ecological assessment. / N. Gigauri, L. Gverdsiteli, A. Surmava/ Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2019 - vol.127 - pp.76-79. Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus. Dispersion of dust emitted in the atmospheric air of Zestafoni city is numerically modelled and studied in case of prevalent background eastern wind. Dust spatial distribution patterns are obtained, and the influence of orography, horizontal and vertical turbulence and advective processes on dust distribution in the atmosphere is analyzed. and vertical turbulence and advective processes on dust distribution in the atmosphere is analyzed.

УДК 504.3.054

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫДЕЛЯЕМЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ ЗАВОДА ФЕРРОСПЛАВОВ Г. ЗЕСТАФОНИ /Л.В. Гвердтсители, Н.Г. Гигаური, А.А. Сурмава/ Науч. Реф. Сб. Труд. ИГМ ГТУ - 2019. вып.127 - с.76-79. Груз.; Рез.: Груз., Англ., Рус Численно смоделировано и изучено распространение в воздухе городской пыли г. Зестафони при господствующем фоновом восточном ветре. Получены картины пространственного распределения пыли, проанализированы влияния орграфии, горизонтальной и вертикальной турбулентности и процесса адвекции на диффузии пыли в атмосфере.