

უაკ 504.5.054

**ქ. თბილისის ატმოსფეროში მტვრის გავრცელების რიცხვითი მოდელირება ზამთარში დასავლეთის და აღმოსავლეთის ფონური სუსტი ქარის დროს**

**ა. სურმავა<sup>1</sup>, ლ. გვერდწითელი<sup>2</sup>, ლ. ინჭკირველი<sup>1</sup>, ნ. გიგაური<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი.

<sup>2</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, საქართველო, aasurmava@yahoo.com

თბილისი, სამხრეთ კავკასიის ერთ-ერთი უდიდესი ქალაქი, საქართველოს ადმინისტრაციული და ტურისტული ცენტრია. ქ. თბილისის რელიეფი მეტად რთულია. ის დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან შემოსაზღვრულია მაღალმთიანი მასივებით, ჩრდილოეთიდან უკავშირდება გარე სივრცეს მტკვრის ვიწრო ხეობით, ხოლო სამხრეთიდან დაბლობი ტერიტორიით. თეორიულ მოსაზრებებზე დაყრდნობით, უნდა ვივარაუდოთ, რომ ქალაქის რელიეფის გავლენით ფორმირებული ჰაერის ლოკალური ცირკულაციები არ უწყობს ხელს ქალაქის ატმოსფეროს თვითდასუფთავების პროცესს. მართლაც, გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონიტორინგის ქსელის მონაცემების და სხვა გამოკვლევების თანახმად ქ. თბილისის ატმოსფეროში მტვრის კონცენტრაცია ხშირად აღწევს და რიგ შემთხვევაში აჭარბებს ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციას (ზდკ) [1-7].

ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესების დასაბუთებული რეკომენდაციების დამუშავებისა და პრაქტიკული ღონისძიებების გატარებისათვის საჭიროა თეორიულად იქნეს შესწავლილი ქალაქის ატმოსფეროში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა დროში და სივრცეში განაწილების თავისებურებანი, განსაკუთრებით არახელსაყრელი მეტეოროლოგიური პირობების დროს.

წარმოდგენილ ნაშრომში, [8-11]-ში ჩატარებული კვლევების შემდგომი გაფართოების მიზნით, რიცხობრივი მოდელირებით შესწავლილია ქალაქის ატმოსფეროს დამტვერიანება ზამთრის პერიოდში ფონური დასავლეთის და აღმოსავლეთის სუსტი ქარის პირობებში. ამ მიზნით გამოიყენება კავკასიაში ატმოსფერული პროცესების განვითარების და დამაბინძურებელი ინგრედიენტების გავრცელების რიცხვითი მოდელი [8].

**ამოცანის დასმის მოკლე აღწერა**

განხილულია ქ.თბილისის და მიმდებარე ტერიტორია ფართობით  $30.6 \times 24$  კმ<sup>2</sup>. ქალაქის რთული რელიეფის პირობებში ატმოსფეროს დინამიკური ველების და მეტეოროლოგიური პარამეტრების მათემატიკურად კორექტული აღწერისათვის გამოყენებულია რელიეფის მიმყოლი კოორდინატთა სისტემა  $(t, x, y, \zeta = (z - \delta) / h)$ . აქ  $t$  დროა,  $x$  და  $y$  პარალელისა და მერიდიანის გასწვრივ მიმართული კოორდინატებია,  $\zeta$  განუზომადი ვერტიკალური კოორდინატაა,  $\delta(x, y)$  რელიეფის სიმაღლეა ზღვის დონიდან,  $h = H - \delta$  ტროპოსფეროს სისქეა,  $H(t, x, y)$  - ტროპოპაუზის სიმაღლეა.

არჩეულ კოორდინატთა სისტემაში მტვრის კონცენტრაციის ცვლილების განტოლება ჩაიწერება შემდეგი სახით:

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

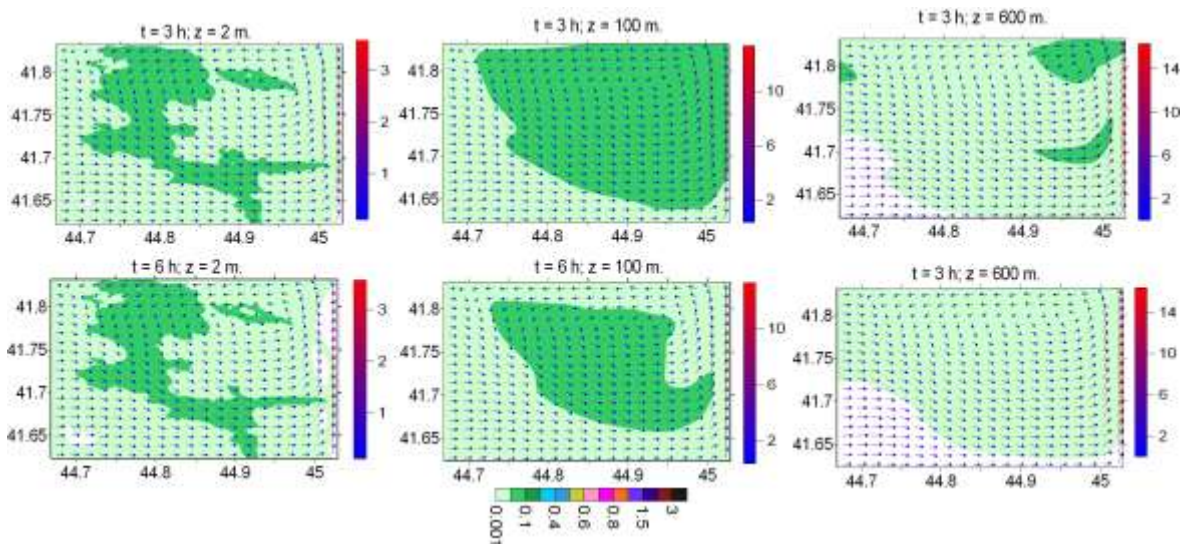
სადაც  $C$  ინგრედიენტის კონცენტრაციაა;  $u, v, w$  და  $\tilde{w}$  ქარის სიჩქარის მდგენელებია  $x, y, z$  და  $\zeta$  ღერძების გასწვრივ;  $w_0$  მტვრის დაღექვის სიჩქარეა.  $F(t, x, y, \zeta)$  წყაროს მიერ ატმოსფეროში მტვრის გაფრქვევის სიჩქარეა.  $\mu$  და  $\nu$  - ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კოეფიციენტებია. ქარის სიჩქარის მდგენელები და ტურბულენტობის კოეფიციენტები გამოითვლება [8] მოცემული განტოლებების რიცხვითი ინტეგრირების და ტურბულენტობის კოეფიციენტების განმსაზღვრელი ფორმულების საშუალებით.

თავისუფალ ატმოსფეროში და ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მტვრის გავრცელება მოდელირდება (1) განტოლების რიცხვითი ინტეგრირებით, შესაბამისი საწყისი და სასაზღვრო პირობების გამოყენებით. რიცხვითი ზადის ბიჯები  $x$  და  $y$  ღერძების გასწვრივ ტოლია 300 და 400 მ-ის. ვერტიკალური განუზომადი ბიჯი თავისუფალ ატმოსფეროში ტოლია 1/31, რაც დაახლოებით შეესაბამება 300 მ-ს. ატმოსფეროს მიწისპირა 100 მ სისქის ფენაში ვერტიკალური ბიჯი იცვლება 0.5 -დან 15 მ-მდე. დროითი ბიჯი 1 წმ-ია. გამოთვლები ჩატარებულია 3 დღე-ღამის პერიოდისათვის. განხილულია იანვრის თვეში მშრალი ამინდის პირობებში ფონური დასავლეთის სუსტი ქარის (ფდსქ) და ფონური აღმოსავლეთის სუსტი ქარის (ფასქ) შემთხვევები. ქარის სიჩქარე იცვლება 1 მ/წმ-დან (მიწის ზედაპირიდან 100 მ სიმაღლეზე) 20 მ/წმ - მდე (ტროპოპაუზაზე - 9კმ). ატმოსფეროს ფარდობითი ტენიანობა 50%-ია.

დაშვებულია, რომ ატმოსფეროს აბინძურებს მტვერი, რომელიც წარმოიშვება ქალაქის მაგისტრალზე და ქუჩებში ავტოტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად. მისი ოდენობა იცვლება დროში და განსაზღვრულია სტაციონალური დაკვირვების მასალების მონაცემების და ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობის შეფასებით.

**რიცხვითი მოდელირების შედეგები**

**ექსპერიმენტი 1.** მოდელირებულია ქ. თბილისის ატმოსფეროში მტვრის გავრცელება ფდსქ დროს. ნახ.1-ზე ნაჩვენებია გამოთვლებით მიღებული მტვრის კონცენტრაციის და ქარის სიჩქარის სივრცული განაწილება მიწის ზედაპირიდან 2, 100 და 600 მ სიმაღლეებზე  $t=3$  და 6 საათზე. კონცენტრაცია მოცემულია ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ერთეულებში (ზდკ=0.5 მგ/მ<sup>3</sup>). ნახ. 2-დან ჩანს, რომ დღის 3-დან 6 სთ ინტერვალში მტვრის კონცენტრაცია მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე დროში პრაქტიკულად მუდმივია და მცირედ იცვლება 0.001 -0.1 ზდკ-ს ფარგლებში. 0.01 ზდკ კონცენტრაცია მიღებულია ქალაქის მიმდებარე, ნაკლებად ურბანიზებულ ტერიტორიაზე. ქალაქის ცენტრალურ და მჭიდროდ ურბანიზებულ ტერიტორიებზე კონცენტრაცია იცვლება 0.01-დან 0.1 ზდკ-მდე ინტერვალში. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში, სიმაღლის ზრდასთან ერთად, იზრდება მტვრის კონცენტრაცია და 100 მ სიმაღლეზე ატმოსფეროს უმეტეს ნაწილში კონცენტრაცია იცვლება 0.01-0.1 ზდკ-ს ფარგლებში. სიმაღლის შემდგომ ზრდასთან ერთად კონცენტრაცია მცირდება და 600 მ სიმაღლეზე მისი მნიშვნელობა არ აღემატება 0.01 ზდკ-ს. თუ შევადარებთ კონცენტრაციის სიდიდეების სივრცულ განაწილებებს და რაოდენობრივ მნიშვნელობებს დავასკვნით, რომ დამტვერიანების დონე ზაფხულში ღამის საათებში ოდნავ აღემატება ზამთრის პერიოდში მიღებულ დამტვერიანების დონეს.



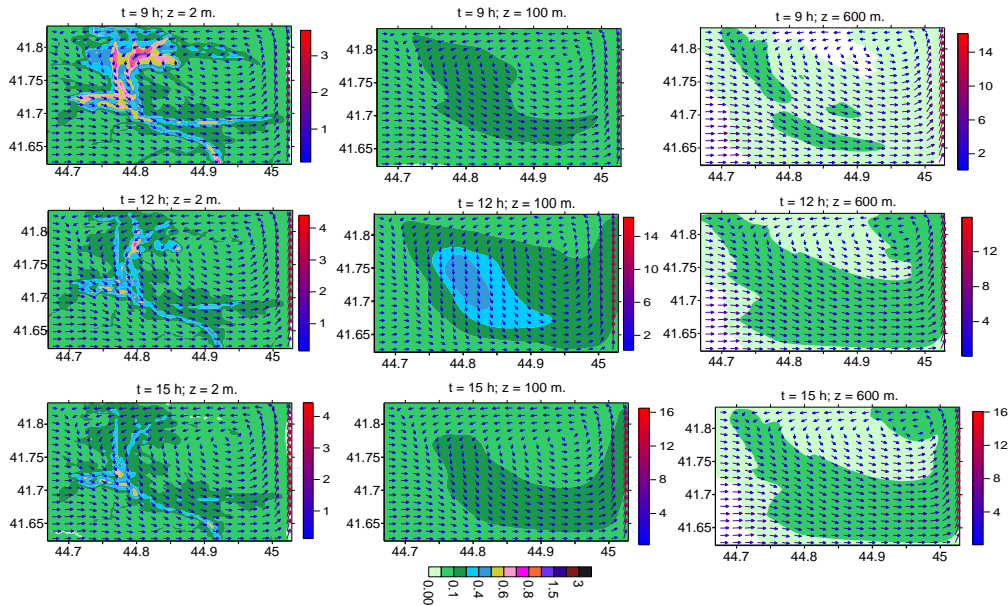
**ნახ. 1. ფდ სუსტი ქარის დროს სიჩქარისა (მ/წმ) და მტვრის კონცენტრაციის (ზდკ) განაწილება, როცა  $t = 3$  და 6 სთ მიწის ზედაპირიდან 2, 100 და 600 მ სიმაღლეებზე**

$t=6$  სთ-ის შემდეგ, ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობის სწრაფ ზრდასთან ერთად, მატულობს ატმოსფეროში მოხვედრილი მტვრის რაოდენობა და იწყება ქალაქის ატმოსფეროს სწრაფი დაბინძურება. როცა  $t=9$  სთ, მოძრაობის პირველი „პიკური“ სიტუაციის დროს, მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე მტვრის კონცენტრაცია დიდია ქალაქის ჩრდილოეთ ნაწილში მდებარე გლდანის, თემქის და ცენტრალურ ნაწილში მდებარე ვაკის და საბურთალოს რაიონებში არსებული ავტომაგისტრალების მიდამოებში. გამოთვლებით მიღებული კონცენტრაციის ზედაპირული განაწილება მნიშვნელოვნად განსხვავდება ზაფხულის პერიოდში მიღებული განაწილებისაგან [12]. კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა 1.2 ზდკ მიღებულია სარაჯიშვილის, გურამიშვილის და ქერჩის გამზირების გადაკვეთის მიდამოებში. ვაკე და საბურთალოს რაიონებში, ვაჟა-ფშაველასა და ი.ჭავჭავაძის გამზირებზე მაქსიმალური მნიშვნელობა ტოლია 0.7 ზდკ-ის, დიდუბის რაიონში ა.წერეთლის გამზირზე კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღწევს 0,9 ზდკ-ს.

დილის 10-დან 12 სთ-მდე ინტერვალში, ავტოტრანსპორტის მოძრაობის მუდმივი ინტენსივობის და მტვრის გაფრქვევის მუდმივი სიჩქარის პირობებში, მაღალი დამტვერიანების რაიონში 2 მ სიმაღლეზე მიღებულია კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი შემცირება (ნახ. 2). კონცენტრაციის შემცირება გრძელდება 15 სთ-მდე. კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები, როცა  $t=12$  და 15 სთ ტოლია 0.8 და 0.6 ზდკ-ის.

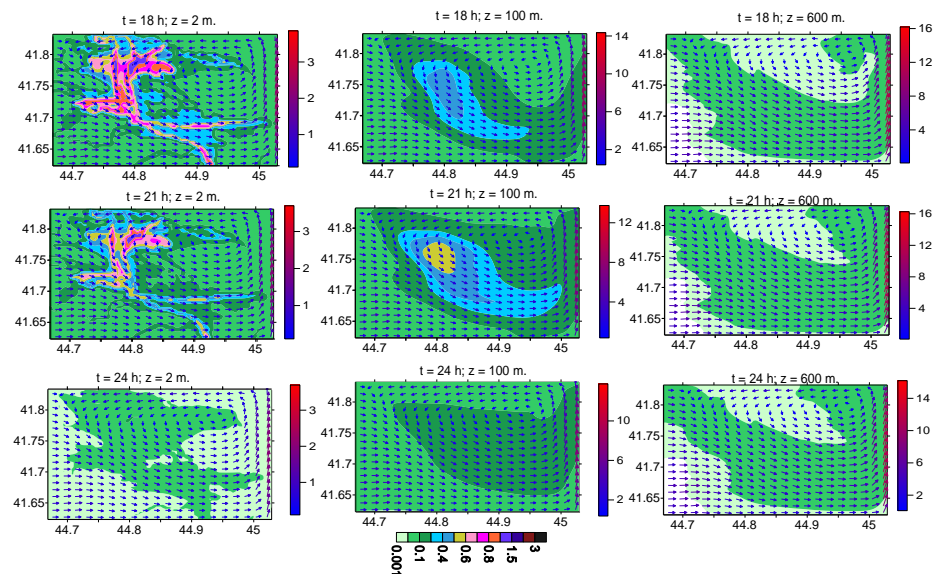
აღნიშნული მაქსიმალური კონცენტრაციები მიღებულია ქალაქის სხვადასხვა, ერთმანეთისაგან დაშორებულ ტერიტორიებზე - თემქის და საბურთალოს რაიონებში.

მიწის ზედაპირიდან 100 მ სიმაღლეზე მტვერი განაწილებულია ქალაქის ურბანიზებული ტერიტორიის თავზე და მისი კონცენტრაციის მნიშვნელობები 0.3 ზდკ-ს ტოლია. გამონაკლისს წარმოადგენს  $t=12$  საათზე ქალაქის ცენტრალური ნაწილის თავზე საკმაოდ ვრცელ ტერიტორიაზე მიღებული კონცენტრაცია (0.5 ზდკ). მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეზე კონცენტრაცია არ აღემატება 0.1 ზდკ-ს.



ნახ. 2. ფდ სუსტი ქარის დროს ქარის სიჩქარისა (მ/წმ) და მტერის კონცენტრაციის (ზდკ) განაწილება, როცა  $t = 9, 12$  და  $15$  სთ მიწის ზედაპირიდან  $2, 100$  და  $600$  მ სიმაღლეებზე

დღის 15 სთ-ის შემდეგ,  $z=2$  მ სიმაღლეზე, იწყება დამტვერიანების ზრდის მეორე ეტაპი, რომელიც გრძელდება 20 სთ-მდე (ნახ. 3). დამტვერიანება მატულობს ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენის 1 კმ სისქის არეში. ზრდა განსაკუთარებით ინტენსიურია მიწისპირა ფენის ქვედა ნაწილში ქალაქის ცენტრსა და პერიფერიებში მდებარე მაგისტრალების მიდამოებში. თბილისის ჩრდილოეთ ნაწილში, თემქისა და გლდანის რაიონის მიდამოებში, 2 მ სიმაღლეზე მტერის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღწევს და აჭარბებს კიდევ 1 ზდკ-ს, ხოლო ქალაქის ცენტრალურ და სამხრეთ ნაწილებში მაქსიმალური მნიშვნელობა 0.8 ზდკ-ს ტოლია. ქალაქის გარეუბნების ტერიტორიებზე მტერის კონცენტრაციები 0.2 ზდკ-ს ვარგლებშია.

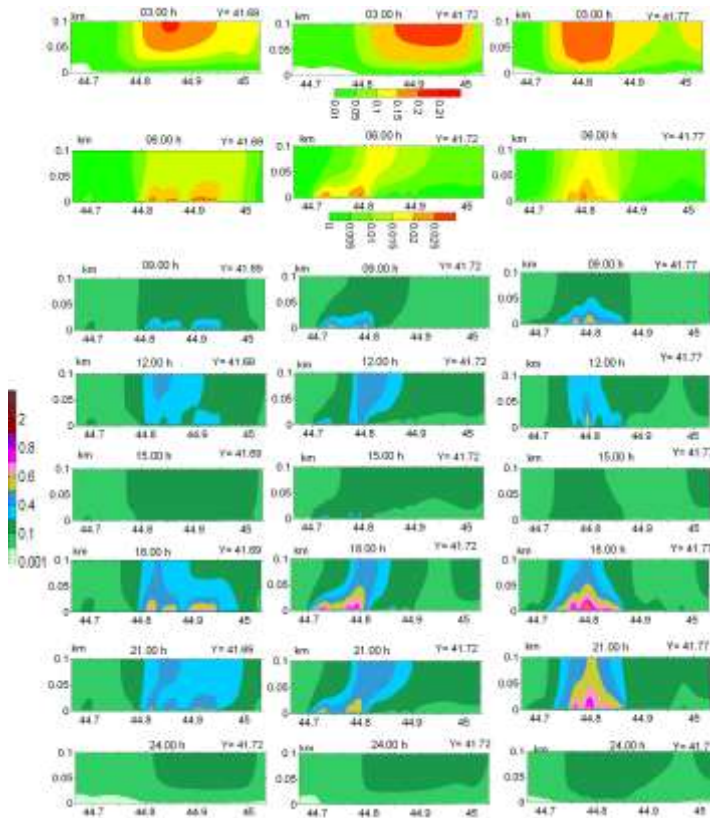


ნახ. 3. ფდ სუსტი ქარის დროს ქარის სიჩქარისა (მ/წმ) და მტერის კონცენტრაციის (ზდკ) განაწილება, როცა  $t = 18, 21$  და  $24$  სთ მიწის ზედაპირიდან  $2, 100$  და  $600$  მ სიმაღლეებზე

=====

მიწისპირა კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად მიმდინარეობს მტვრის ვერტიკალური ტურბულენტური და კონვექციური გადატანის პროცესები. მტვრის კონცენტრაციის ზრდა მიწისპირა ფენის ზედა ნაწილში მიმდინარეობს დაახლოებით სამსაათიანი ფაზური ჩამორჩენით. შედეგად, 100 მ სიმაღლეზე კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა 0.6 ზდკ მიიღება 21 სთ-ზე. მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეზე დამტვერიანების დონე პრაქტიკულად უცვლელია და  $\leq 0.1$  ზდკ-ზე  $t = 20$  სთ შემდეგ იწყება მიწისპირა კონცენტრაციის შემცირების ეტაპი, რომელიც გრძელდება  $t = 24$  სთ-მდე. ამ დროისათვის კონცენტრაციის მნიშვნელობა ქალაქის ურბანიზებულ ტერიტორიაზე 0.1 ზდკ-ს ფარგლებშია. მიწის ზედაპირიდან 100 მ სიმაღლეზე მტვრის კონცენტრაცია დაახლოებით 0.2 ზდკ-ს ტოლია. გამოთვლებმა აჩვენა, რომ მუდმივი ქარის შემთხვევაში მტვრის გადატანა - დიფუზიის პროცესი კვაზიპერიოდულია 24 სთ პერიოდით.

ნახ.4-ზე ნაჩვენებია მტვრის კონცენტრაციის ვერტიკალური განაწილება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში პარალელის გასწვრივ გატარებულ სამ ვერტიკალურ კვეთში დროის სამ საათიანი ინტერვალით.

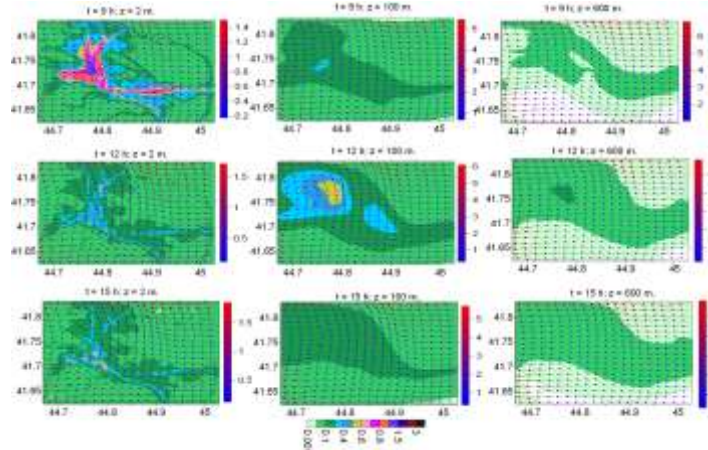


**ნახ. 4. ფდ სუსტი ქარის დროს ერთი დღე-ღამის განმავლობაში მტვრის კონცენტრაციების (ზდკ) განაწილება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში პარალელის გასწვრივ მდებარე სამ ვერტიკალურ სიბრტყეში (  $Y= 41.69^{\circ}$ ,  $Y=41. 72^{\circ}$  და  $Y=41. 77^{\circ}$ )**

ნახ. 4-დან ჩანს, რომ ღამის 0-დან 6 სთ-მდე ატმოსფეროში არსებული მტვერი გადატანილია ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ზედა ნაწილში. 6 სთ-დან იწყება დამტვერიანებული უბნების წარმოშობა, ქვეფენილი ზედაპირის სიახლოვეს. მიწისპირა მტვერი, დროის შემდგომ მომენტებში, ვრცელდება ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებებით. მტვრის ინტენსიური ვერტიკალური გადატანა იწყება 18 სთ-დან და გრძელდება 21 სთ-მდე. მტვრის ღრუბლის მაგვარი ფორმა მიუთითებს მისი წარმოშობის კონვექციურ მექანიზმზე. ნახ. 4-ზე ჩანს მტვრის გავრცელების უპირატესი მიმართულებები და შეიძლება განვსაზღვროთ გადატანის გამომწვევი შესაბამისი დინამიკური პროცესები. შეიძლება დავასკვნათ, რომ ლოკალურ ცირკულაციურ პროცესებს ერთსა და იმავე ტერიტორიაზე დროის სხვადასხვა მომენტში შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა ხასიათი – ადვექციური, კონვექციური ან ტურბულენტურ-დიფუზიური.

**ექსპერიმენტი 2.** მოდელირებულია ატმოსფეროს მტვრით დაბინძურება ფონური ადმოსავლეთის სუსტი ქარის (ფასქ) დროს. რიცხვითმა ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ 0-დან 6 სთ-მდე ინტერვალში მტვრის კონცენტრაციის დროში ცვლილება და სივრცეში განაწილება თვისობრივად ანალოგიურია ფდსქ დროს

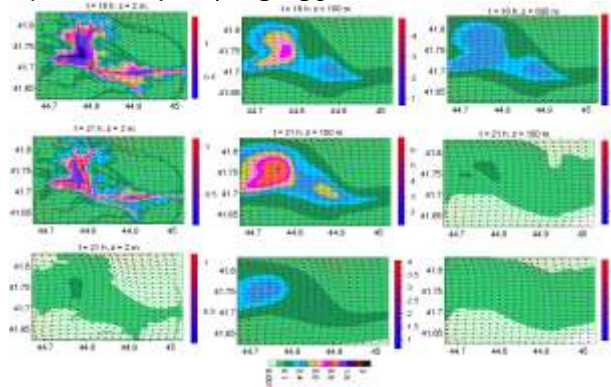
მიღებული განაწილების (ნახ. 1). ცვლილება იწყება 6 ს-ის შემდეგ ატმოსფეროში მოხვედრილი მტვრის რაოდენობის ზრდის კვალდაკვალ. 9 სთ-ზე ფორმირდება მტვრის კონცენტრაციის ველი მაქსიმალური მნიშვნელობით 1 -1.5 ზდკ (ნახ.5). მისი მდებარეობა განსხვავებულია ფდსქ დროს მიღებული მდებარეობისაგან. მაქსიმალური დამტვერიანება დაფიქსირებულია გმირთა მოედნის მიმდებარედ არსებულ დიდუბის, საბურთალოს რაიონის ტერიტორიებზე და ქეთევან დედოფლის გამზირის ცენტრალურ ნაწილში არსებულ მონაკვეთზე. 100 და 600 მ სიმაღლეებზე მტვრის კონცენტრაცია მცირეა და არ აღემატება 0.2 ზდკ-ს.



**ნახ. 5. ფა სუსტი ქარის დროს ქარის სიჩქარისა (მ/წმ) და მტვრის კონცენტრაციის (ზდკ) განაწილება, როცა t = 9, 12 და 15 სთ მიწის ზედაპირიდან 2, 100 და 600 მ სიმაღლეებზე**

დღის 12-დან 15 სთ-მდე ინტერვალში მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე ქარის სიჩქარის ზრდისა და წარმოშობილი ქარის ლოკალური ანტიციკლონური გრივალის საშუალებით ხდება მტვრის გატანა ქალაქის ტერიტორიიდან და მიწისპირა კონცენტრაციის შემცირება. კონცენტრაციის სიდიდე ქალაქის ტერიტორიაზე ძირითადად 0.1-0.4 ზდკ-ს ფარგლებშია. ურბანიზებული ტერიტორიის გარეთ კონცენტრაცია 0.1 ზდკ-მდეა. განსაკუთრებით შესამჩნევია მტვრის კონცენტრაციის ზრდა დღის 12 სთ-ზე ქალაქის ცენტრალურ ნაწილის ჩრდილოეთით. ნახ.5-დან ჩანს, რომ 12-დან 15 სთ-ის ჩათვლით მტვრის სივრცული განაწილება თვისობრივად ანალოგიურია ფდსქ დროს მიღებული განაწილების, მაგრამ განსხვავდება რაოდენობრივად. ფასქ დროს მტვრის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა 100 მ სიმაღლეზე დაახლოებით 2-ჯერ აღემატება ფდსქ დროს მიღებულ კონცენტრაციას და აღწევს ზდკ-ს. მიწის ზედაპირიდან 600 მ სიმაღლეებზე ფონური სუსტი დასავლეთის და აღმოსავლეთის ქარების დროს კონცენტრაციის ველები რაოდენობრივად ფაქტიურად ერთნაირია.

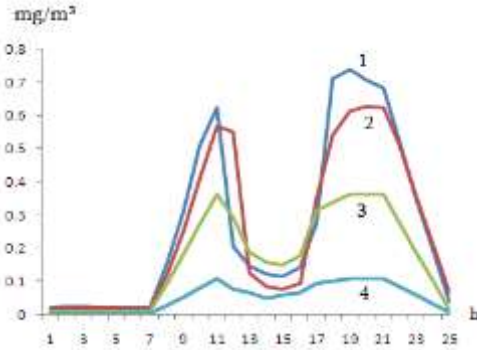
ფასქ დროს განსაკუთრებით მნიშვნელოვნად იზრდება დამტვერიანების დონე დღის 15-დან 18 სთ-მდე (ნახ. 6). ამ დროს ფართოვდება მიწისპირა ფენაში ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში მდებარე მაქსიმალური კონცენტრაციის არე და იზრდება კონცენტრაციის მნიშვნელობა 2.5 ზდკ-მდე. ასევე, ექსპერიმენტ 1-თან შედარებით, იზრდება მაღალი (1-2 ზდკ) და საშუალო კონცენტრაციების (0.5-1 ზდკ) არეები და ისინი მოიცავენ ქალაქის მნიშვნელოვან ნაწილს. მიუხედავად იმისა, რომ 18-დან 21 სთ-მდე ატმოსფეროში გაფრქვეული მტვრის რაოდენობა მუდმივია, ხდება კონცენტრაციის შემცირება მაღალი დაბინძურების ჯერ ნელი, ხოლო 21 სთ-დან სწრაფი ტემპით.



**ნახ. 6. ფა სუსტი ქარის დროს ქარის სიჩქარისა (მ/წმ) და მტვრის კონცენტრაციის (ზდკ) განაწილება, როცა t = 18, 21 და 24 სთ მიწის ზედაპირიდან 2, 100 და 600 მ სიმაღლეებზე**

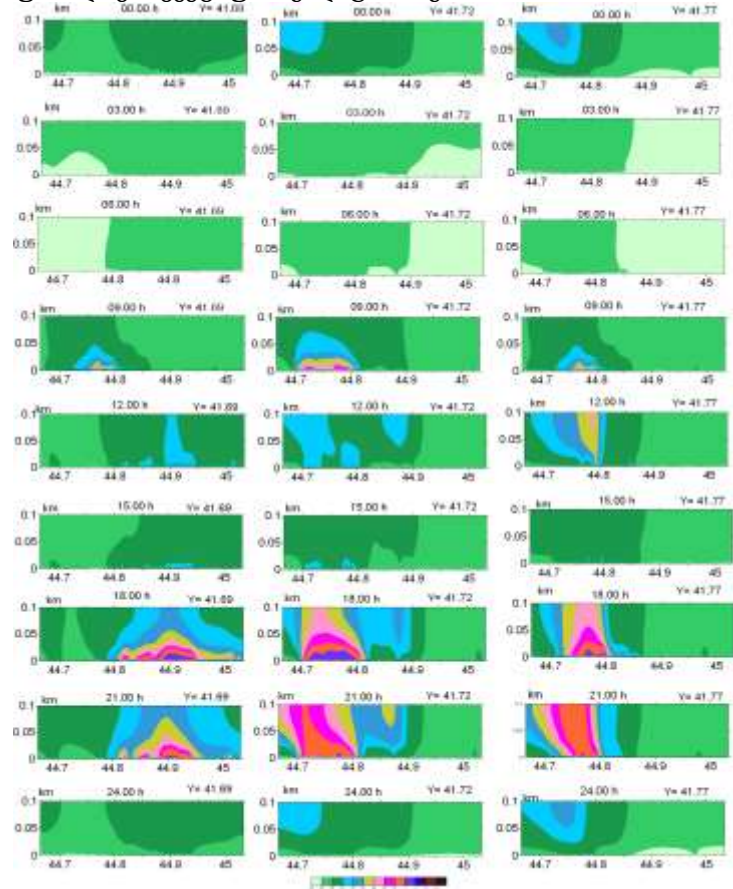
ანალოგიურად მიმდინარეობს მტვრის კონცენტრაციის ცვლილება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის ზევით. შედეგად მტვრის მიწისპირა კონცენტრაცია მაქსიმალურ მნიშვნელობას (1 ზდკ-ს) აღწევს 21 სთ-ზე, ხოლო 600 მ სიმაღლეზე 18 სთ-ზე.

მტვრის კონცენტრაციის დროში ცვლილება ქალაქის სხვადასხვა წერტილში ნახ. 7-ზე, საიდანაც ჩანს, რომ კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები მიიღება სხვადასხვა წერტილში სხვადასხვა დროს, ამ მომენტებს შორის განსხვავება 1-დან 3 საათამდეა.



ნახ. 7. მტვრის კონცენტრაციის საათობრივი ცვლილება ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში (1, 2), ცენტრიდან მოშორებულ (3) და პერიფერიაში მდებარე (4) წერტილებში

მტვრის ვერტიკალური გავრცელება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მოცემულია ნახ. 8-ზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ თუ განხილული ორივე ექსპერიმენტის დროს დღის 18 სთ-მდე მტვრის ვერტიკალური გადატანა გამოხატულია სუსტად, 18-დან 21 სთ-მდე ინტერვალში ფასქ დროს მას გაჩნია მკაფიოდ გამოხატული მძლავრი ვერტიკალური სტრუქტურა. ასეთი განაწილების ფორმირება გამოწვეულია ლოკალური ვერტიკალური დიფუზიური და კონვექციური გადატანის გამო.



ნახ. 8. ფდ სუსტი ქარის დროს ერთი დღე-ღამის განმავლობაში მტვრის კონცენტრაციების (ზდკ) განაწილება ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში პარალელის გასწვრივ მდებარე სამ ვერტიკალურ სიბრტყეში ( Y= 41.69°, Y=41.72° და Y=41.77°)

### დასკვნა

შესწავლილია ქ.თბილისის ტერიტორიაზე ზამთრის პერიოდში ავტოტრანსპორტის მიერ წარმოშობილი მტვრის ატმოსფეროში გავრცელების კინემატიკა ფონური დასავლეთის და აღმოსავლეთის სუსტი ქარების დროს. დადგენილია მტვრის სივრცული განაწილების დღე-ღამური სურათი. ქარის სიჩქარისა და კონცენტრაციის ველების ანალიზით მიღებულია, რომ ძლიერად დამტვერიანებული არეების სივრცული განაწილება დამოკიდებულია: ავტომაგისტრალების მდებარეობაზე, ფონურ ქარზე, რელიეფის დინამიკური ზემოქმედების და ქვეფენილ ზედაპირზე თერმიული რეჟიმის დღეღამური ცვლილებით ფორმირებულ ლოკალურ ცირკულაციურ სისტემებზე.

ზაფხულის და ზამთრის სეზონებში, ატმოსფეროში გამოთვლებით მიღებული მტვრის კონცენტრაციების განაწილება აჩვენებს არა მარტო მათ შორის არსებულ მსგავსებას, არამედ მიუთითებს მნიშვნელოვან თვისობრივ განსხვავებაზეც. განსხვავებები გამოხატულია მაღალი დაბინძურების უბნების სხვადასხვა მდებარეობებში, მაქსიმალური დამტვერიანების დადგომის დროში, მტვრის ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ განაწილებაში. ერთი და იგივე ფონური ქარების დროს კონცენტრაციების განაწილებებს შორის მიღებული განსხვავებები აიხსნება ლოკალურ ჰიდრომეტეოროლოგიური ველების ფორმირების სეზონური ხასიათით. კერძოდ, ქ. თბილისის რელიეფი, სუსტი დასავლეთის ფონური ქარის დროს, ზამთარში წარმოშობს ლოკალურ ციკლონურ გრიგალს, ხოლო ზაფხულში - ანტიციკლონურ გრიგალს. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში, თერმობარიული ველების დღეღამური ცვლილების შედეგად, გრიგალები დღის განმავლობაში განიცდიან ფორმის, სიჩქარის ველის და მდებარეობის პერიოდულ ცვლილებას. აღნიშნული ეფექტი მოქმედებს მტვრის გადატანა-დიფუზიის პროცესზე და იწვევს განსხვავებებს კონცენტრაციის ველების სივრცულ განაწილებებში.

### ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. [http://air.gov.ge/reports\\_page](http://air.gov.ge/reports_page), შემოწმებულია - 28.06.2021.
2. J.F. Kharchilava, O.V. Lomaia, G.N. Bukia, The Conditions of Aerosols Formation and Accumulation in Cities, in Proc. 3th Int. Aerosol Conf., Kyoto, Japan, Pergamon, 24-27 September, 1990, v. 2, pp. 986-989.
3. A.G. Amiranashvili, T.G. Gzirishvili, Aerosols and Ice Crystals in the Atmosphere. Tbilisi, Metsniereba, 1991, p. 113 (in Russian).
4. A.G. Amiranashvili, V.A. Chikhladze, J.F. Kharchilava, N.S. Buachidze, L.N. Intskirveli, Variations of the Concentrations of Dust, Nitrogen Oxides, Sulphur Dioxide and Ozone in the Surface Air in Tbilisi in 1981-2003, in Proc. 16<sup>th</sup> Int. Conf. on Nucleation&Atmospheric Aerosols, Kyoto, Japan, 26-30 July, 2004, pp. 678-681.
5. A. Amiranashvili, T. Bliadze, V. Tsikhladze, Photochemical smog in Tbilisi. Monograph. In Proc. of Mikh. Nodia Institute of Geophysics, Part 63, 2012, p. 160 (ISSN 1512-1135).
6. D. Kirkitadze, G. Nikiforov, A. Chankvetadze, G. Chkhaidze, Some Results of Studies of Atmospheric Aerosols in M. Nodia Institute of Geophysics in the Recent Three Decades. Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics (ISSN 1512-1135), v. 66, pp. 178-185, Tbilisi, 2016 (in Russian).
7. L. Intskirveli, N. Gigauri, A. Surmava, V. Kukhalashvili, S. Mdivani, Study of Tbilisi atmospheric air pollution by PM-particles and dust, in Proc. Of Scientific conference "Modern problems of ecology", Tbilisi-Telavi, Georgia, 26-28 September, 2020, vol. 7, pp. 252-255 (ISSN 1512-1976).
8. Surmava A., Intskirveli L.,Kukhalashvili V., Gigauri G. Numerical Investigation of Meso- and Microscale Diffusion of Tbilisi Dust. Annals of Agrarian Science, v. 18, No. 3 2020, pp. 295-302.
9. Surmava A., Kukhalashvili V., Gigauri N., Intskirveli L., Kordzakhia G. Numerical Modeling of Dust Propagation in the Atmosphere of a City with Complex Terrain. The Case of Background Eastern Light Air. Journal of Applied Mathematics and Physics, v. 8, No.7, 2020, pp. 1222-1228. <https://doi.org/10.4236/jamp.2020.87092>.
10. Kukhalashvili V., Kordzakhia G., Gigauri N., Surmava A., Intskirveli L., Numerical Modelling of Dust Propagation in the Atmosphere of Tbilisi City: The Case of Background Eastern Gentle Breeze. Journal of the Georgian Geophysical Society, v. 23(1), 2020, pp. 46 -50.
11. Kukhalashvili V., Gigauri N, Surmava A., Demetrashvili D., Intskirveli L., Numerical Modelling of Dust Propagation in the Atmosphere of Tbilisi City: The Case of Background Eastern Fresh Breeze. Journal of the Georgian Geophysical Society, v. 23(1), 2020, pp. 51 -56.

12. სურმავა ა., ინწკირველი ლ., გვერდითელი ლ. ქ. თბილისის ატმოსფეროში მტვრის გავრცელების რიცხვითი მოდელირება. I. დასვლეთის ფონური სუსტი ქარის შემთხვევა. მიხეილ ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, ტ. LXXII, 2020, გვ. 89-96.

უკ 504.5.054

**ქ. თბილისის ატმოსფეროში მტვრის გავრცელების რიცხვითი მოდელირება ზამთარში დასავლეთის და აღმოსავლეთის ფონური სუსტი ქარის დროს** /ა. სურმავა, ლ. გვერდითელი, ლ. ინწკირველი, ნ. გიგაური/სტუ-ის ჰმ-ს სამეცნ.რეფ.შრ.კრებ. – 2022 --ტ. 132, გვ.46-53 . ქართ. რეზ.: ქართ., ინგლ., რუს. ატმოსფერული პროცესების ევოლუციის 3D რეგიონალური მოდელისა და მინარევების გადატანა - დიფუზიის განტოლების ერთობლივი ინტეგრირებით რიცხვობრივად მოდელირებული და განალიზებულია მტვრის გავრცელება ქ. თბილისის ტერიტორიაზე ზამთრის პერიოდში ფონური დასავლეთის და აღმოსავლეთის სუსტი ქარის დროს. ატმოსფეროს დაბინძურების ძირითად წყაროს წარმოადგენს ქალაქის ქუჩებსა და მაგისტრალზე მოძრავი ავტოტრანსპორტი. გამოკვლეულია ძირითადი თავისებურებანი რომლებიც ახასიათებენ რთული რელიეფის პირობებში მტვრის სივრცეში გავრცელების პროცესს. შესწავლილია რთული რელიეფის როლი პასიური მინარევების დიფუზიის პროცესში, დადგენილია ქალაქის მაღალი დამტვერიანების ზონები, აღმოჩენილია განსხვავებები, რომლებიც არსებობენ ზამთრისა და ზაფხულის სეზონებში ატმოსფერული ჰაერის დამტვერიანების სივრცულ განაწილებებს შორის. განსაზღვრულია დროის ინტერვალები, როდესაც ფორმირდება ჰაერის მაღალი დამტვერიანება ან ხდება ჰაერის თვითდასუფთავების პროცესი. შესწავლილია ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენის ქვედა ნაწილში მტვრის კონცენტრაციის დროსა და სივრცეში ცვლილება.

UDC 504.5.054

**Numerical Modeling of Dust Distribution in the Atmosphere of Tbilisi in Winter with Light Westerly and Easterly Winds.** / Surmava A., Gverditsiteli L., Intskirveli L., Gigauri N. / Scientific Reviewed Proceedings of the IHM, GTU. - 2022. V. 132. --pp.46-53.--Georg.; Abst.: Georg., Eng., Rus.

Using a 3D regional model of atmospheric processes and numerical integration of the transport-diffusion equation of the impurity was studied of dust distribution in the territory of city Tbilisi in winter, with light westerly and easterly background winds. The main source of air pollution is cars moving along city streets and highways. The features characterizing the process of dust transport in space in conditions of complex relief have been investigated. The role of complex relief in the process of diffusion of passive impurities has been studied, zones of increased pollution of the city have been established. Differences were found in the spatial distribution of atmospheric air pollutants in winter and summer seasons. The time intervals have been determined when high air pollution is formed or the self-cleaning process takes place. Changes in dust concentration in time and space in the lower part of the atmospheric boundary layer have been studied

УДК 504,5,054

**Численное моделирование распространения пыли в атмосфере г.Тбилиси зимой при слабых западных и восточных ветрах.** /Сурмава А.А., Гвердцители Л.Д., Инцкирвели Л.Н., Гигаури Н.Г./ Сб. Трудов ИГМ, ГТУ - 2022. – вып. 132 – с.46-53.-Груз., Рез.: Груз., Англ., Рус.

Путем совместного интегрирования 3D региональной модели и уравнения переноса-диффузии примесей численно моделируется и анализируется распределение пыли на территории г.Тбилиси зимой, при слабом западном и восточном фоновом ветрах. Основной источник загрязнения атмосферного воздуха - автомобили, движущиеся по городским улицам и автомагистралям. Исследованы особенности, характеризующие процесс переноса пыли в пространстве в условиях сложного рельефа. Изучена роль сложного рельефа в процессе диффузии пассивных примесей, установлены зоны повышенного загрязнения города, обнаружены различия в пространственном распределении загрязнителей атмосферного воздуха в зимние и летние сезоны. Определены интервалы времени, когда формируется высокое загрязнение воздуха или происходит процесс самоочищения. Изучены изменения концентрации пыли во времени и пространстве в нижней части пограничного слоя атмосферы.