

ქ. ქუთაისის ატმოსფეროში შტილის დროს გაფრქვეული PM10-ის კონცენტრაციის დროსა და სივრცეში ცვლილების რიცხვითი მოდელირება

***,* კურმაია ა., ** კუხალაშვილი ვ., * გიგაური ნ., * ინწკირველი ლ.**

**საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო
**ივ.ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
მ. ნოდიას გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო*

ანოტაცია. რიცხობრივად მოდელირებული და გაანალიზებულია ავტოტრანსპორტის მიერ გაფრქვეული PM10-ის გავრცელება ქ. ქუთაისის ჰაერში ზაფხულში შტილური მეტეოროლოგიური პირობების დროს. მიღებულია PM10-ის კონცენტრაციის დროში ცვლილებისა და სივრცული განაწილების სურათები. ნაჩვენებია, რომ ქალაქისა და მიმდებარე ტერიტორიის რელიეფი განაპირობებს ქარის სიჩქარის მინისპირა ანტიციკლონური გრივალის წარმოშობას. ფორმირებული ქარის სიჩქარის ველი ხელს უწყობს PM10-ის ქალაქიდან გატანას, ატმოსფეროს „თვითგასუფთავების“ პროცესს.

საკვანძო სიტყვები: ატმოსფერო, PM10, დაბინძურება, რიცხვითი მოდელირება, კონცენტრაცია, შტილი.

შესავალი. ცნობილია, რომ ატმოსფეროში არსებული მიკროაეროზოლი ახდენს ნეგატიურ ზემოქმედებას ადამიანთა ჯანმრთელობაზე, იწვევს ფილტვის კიბოს, ინსულტს, გულ-სისხლ-ძარღვთა და სხვა დაავადებებს, ხშირ შემთხვევებში სიკვდილსაც კი [1]. ამიტომ, განსაკუთრებით აქტუალურია ატმოსფეროს M10-ით დაბინძურების პრობლემის შესწავლა არა მარტო მეგაპოლისებში, არამედ ცალკეულ მცირე ქალაქებში.

ქ. ქუთაისი არ შედის მსოფლიოს ძლიერ დაბინძურებული ქალაქების რიცხვში [2]. თუმცა, ცალკეულ შემთხვევებში მიკრონაწილაკების კონცენტრაციები, ამ ქალაქში აჭარბებენ ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას.

წარმოდგენილ სტატიაში ატმოსფეროში მინარევის გავრცელების კომპიუტერული მოდელირების საშუალებით გაანალიზებულია ქ. ქუთაისისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე ატმოსფეროში ავტოტრანსპორტით გაფრქვეული PM10-ის გავრცელებისა და დროში ცვლილების პროცესი.

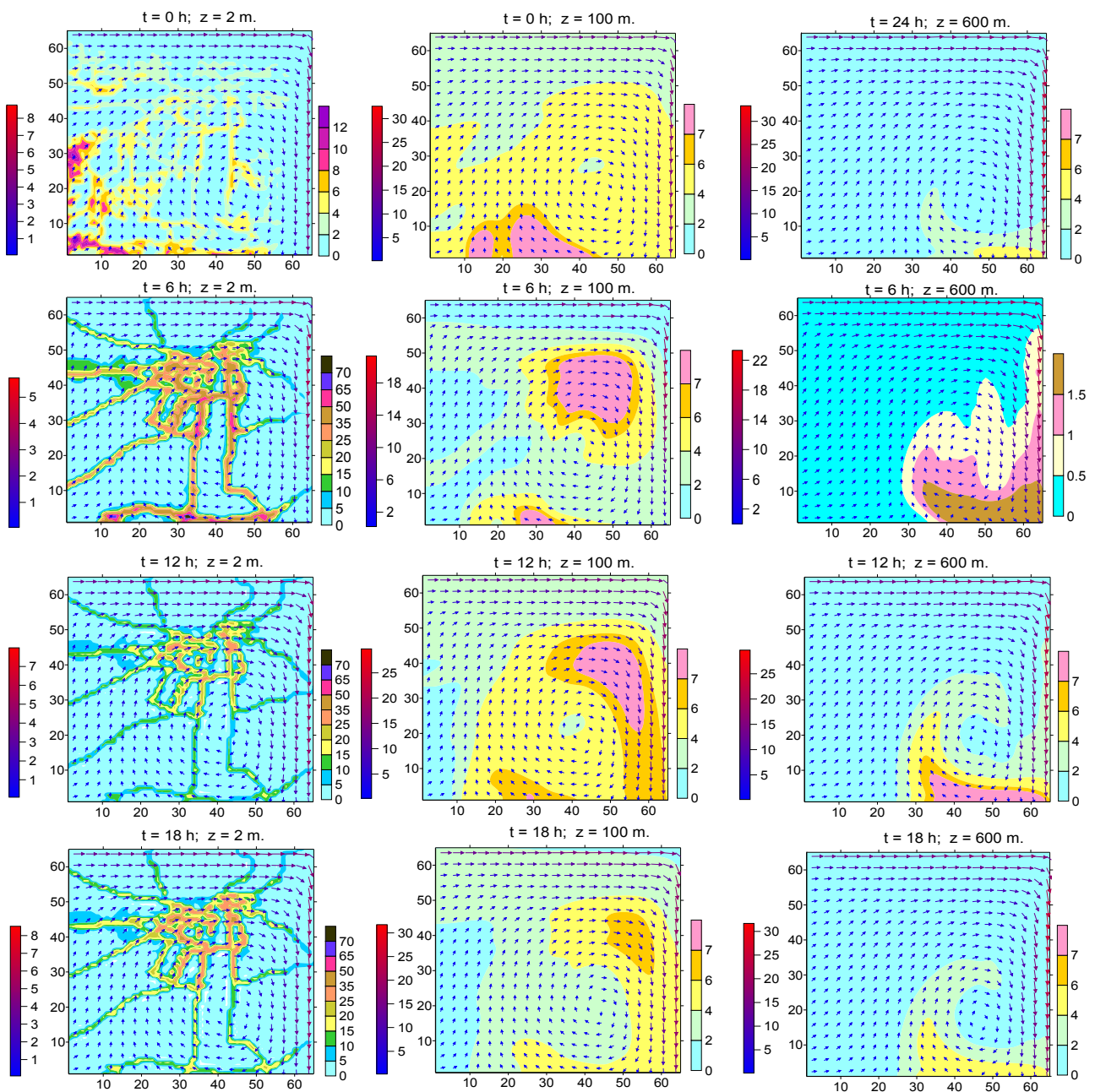
კვლევის მეთოდი. ქ. ქუთაისში ატმოსფეროში PM10-ის დროში ცვლილება და სივრცული განაწილება შესწავლილია რიცხვითი მოდელირებით. მოდელირება განხორციელებულია კავკასიის რეგიონში ატმოსფერული პროცესების 3D განტოლებათა სისტემის და მინარევის გადატანა-დიფუზიის განტოლების ერთობლივი ინტეგრირებით [3]. რიცხვითი ბადის ბიჯები ჰორიზონტალური მიმართულებით 200 მ-ია, ვერტიკალური მიმართულებით ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენას და თავისუფალ ატმოსფეროში 300 მ, ატმოსფეროს მინისპირა 100 მ სისქის ფენაში ვერტიკალური ბიჯები იცვლება 0.5 მ-დან 15 მ-დე. დროითი ბიჯი 1 წმდია.

მოდელირებულია ივნისის თვეში ქ. ქუთაისის ატმოსფეროს PM10-ით დაბინძურების შემთხვევა, როდესაც ატმოსფეროს მინისპირა ფენის ზედა საზღვარზე 100 მ სიმაღლეზე ადგილი აქვს შტილურ სიტუაციას. მინისპირა ფენის ზევით ქარი დასავლეთისაა, მისი სიჩქარე წრფივად იზრდება სიმაღლის ზრდასთან ერთად და 9 კმ-ის სიმაღლეზე აღწევს 20 მ/წმ-ს.

დაშვებულია, რომ ატმოსფეროს PM10-ით დაბინძურება ხდება ავტოტრანსპორტის მოძრაობის შედეგად 0.5 მ სიმაღლეზე 5 ტიპის არეში: ავტომანქანების, ქალაქის ცენტრალური ქუჩების, საცხოვრებელი და სამრეწველო ზონებისა და მიმდებარე სოფლების დაუსახლებელ ტერიტორიებზე.

რიცხვითი მოდელირების შედეგები. ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია PM10-ის კონცენტრაციის და ქარის სიჩქარის ველის განაწილებაა მიწის ზედაპირიდან 2, 100 და 600 მ სიმაღლეებზე მიღებული გამოთვლებით დღელამის 0, 6, 12 და 18 სთ-ზე. ნახ. 1-დან ჩანს, რომ ქ. ქუთაისის რელიეფის ზემოქმედება ფონურ ქარზე წარმოშობს ქარის სიჩქარის ლოკალურ ანტიციკლონურ გრივალს. გრივალი კვაზისტაციონალურია. მისი ცენტრი მდებარეობს ქ. ქუთაისის სამხრეთ-აღმოსავლეთით არსებულ დაბლობ ტერიტორიაზე.

მიღებული შედეგების ანალიზმა აჩვენა, რომ ქარის სიჩქარის დივერგენტული ხასიათი განსაზღვრავს კონცენტრაციის სივრცული განაწილების სურათს. PM10-ის კონცენტრაცია 0-დან 4 სთ-მდე დროის ინტერვალში მცირეა. მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე დასახლებულ, სამრეწველო და დაუსახლებელ ტერიტორიებზე კონცენტრაციის მნიშვნელობა 2–5 მკგ/მ³-ის ფარგლებშია. ქალაქის ცენტრალურ ქუჩებსა და მაგისტრალეებზე კონცენტრაცია იცვლება 4–6 მკგ/მ³-მდე. ქალაქის სამხრეთით მდებარე გარს შემოშვებული მაგისტრალისა და ავტომშენებელთა ქუჩის მიდამოებში კონცენტრაცია აღწევს 12 მკგ/მ³.



ნახ. 1. PM10-ის კონცენტრაციის (მკგ/მ³) და ქარის სიჩქარის (მ/წმ) ველების განაწილება მიწის ზედაპირიდან 2, 100 და 600 მ სიმაღლეებზე როცა t = 0, 6, 12 და 18 სთ.

4 სთ-ის შემდეგ იზრდება საავტომობილო ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობა და ატმოსფეროში გაფრქვეული მიკრონაწილაკების რაოდენობა. შესაბამისად, მატულობს ატმოსფეროს დაბინძურების დონე მინისპირა ფენის მთელ ტერიტორიაზე. როცა $t = 6$ სთ კონცენტრაცია მინის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე ქალაქის ცენტრალურ ურბანულად დატვირთულ ტერიტორიებზე, ქალაქისა და ქალაქის გარსშემოვლითი მაგისტრალის მიდამოების ცალკეულ პუნქტებში აღწევს $50-60$ მკგ/მ³-ს (ნახ.1, სურ. $t = 6$ h; $z = 2$ m).

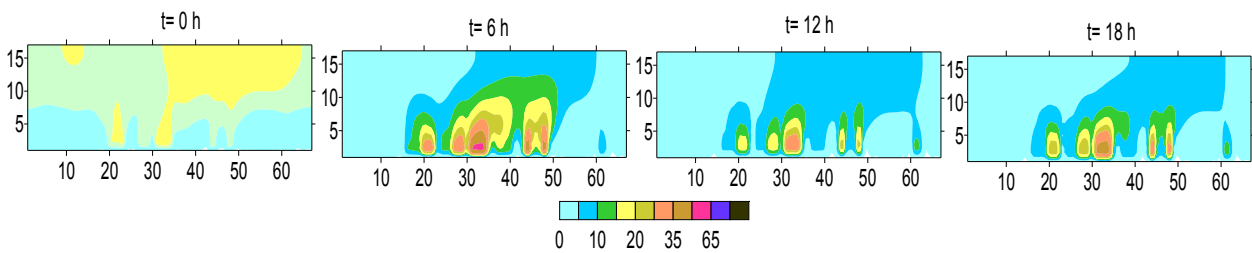
ატმოსფეროს მინისპირა ფენაში ქალაქის ურბანიზებულ ტერიტორიაზე 2 მ სიმაღლეზე კონცენტრაციის ზრდა გრძელდება 7 სთ-მდე. 7 სთ-ის შემდეგ იწყება სწრაფი შემცირება. 9 სთ-თვის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა 35 მკგ/მ³-ია და მიღებულია ქალაქის ცენტრში, ხოლო პერიფერიაში, გარსშემომვლელი გზის ჩათვლით, კონცენტრაცია არ აღემატება 29 მკგ/მ³-ს (ნახ.1, სურ. $t = 9$ h; $z = 2$ m). დღის 12-დან 15 სთ-მდე ინტერვალში კონცენტრაციის ველი 2 მ სიმაღლეზე პრაქტიკულად დროში უცვლელია. კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა $20-25$ მკგ/მ³-ის ფარგლებშია.

15 სთ-ის შემდგომ იწყება ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურების დონის ზრდის მეორე ეტაპი (ნახ.1, სურ. $t = 18$ h; $z = 2$ m). ის გრძელდება 21 სთ-მდე.

კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა მინის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე $35-40$ მკგ/მ³-ის ფარგლებშია, უფრო მეტ სიმაღლეებზე – 100 და 600 მ, ტოლია 8 და 6 მკგ/მ³-ის, (ნახ.1, სურ. $t = 12$ h; $z = 100$ m, სურ. $t = 12$ h; $z = 600$ m).

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია PM10-ის კონცენტრაციის განაწილება ქალაქის ცენტრში ატმოსფეროს მინისპირა ფენაში პარალელის გასწვრივ გავლებულ ვერტიკალურ კვეთაში ერთი დღეღამის გამავლობაში.

ნახ. 2-დან ჩანს, რომ დღის 0–3 სთ ინტერვალში PM10-ის ზედაპირულ განაწილებას გააჩნია ინვერსიული ფორმა. დაბინძურების ღრუბელი ატმოსფეროს მინისპირა ფენის ზედა ნაწილში გავრცელებულია ფართო ტერიტორიაზე. ქვედა ნაწილში ის წარმოადგენს ცალკეულ სუსტ თერმიკებს. დროის შემდგომ მომენტებში, ატმოსფეროს მინისპირა ფენის ქვედა დაახლოებით 15-20 მ სისქის ნაწილში, ფორმირდება მაღალი დაბინძურების არეები მინისპირა თერმიკების სახით.



ნახ. 2. PM10-ის კონცენტრაციის (მკგ/მ³) განაწილება ქალაქის ცენტრში ატმოსფეროს მინისპირა ფენაში პარალელის გასწვრივ არსებულ ვერტიკალურ კვეთაში.

დასკვნა. რიცხვითი მოდელირებით გამოკვლეულია ქ. ქუთაისის ტერიტორიაზე ავტოტრანსპორტის მიერ წარმოშობილი PM10-ის სივრცული განაწილებისა და დროში ცვლილების თავისებურება შტილური მეტეოროლოგიური სიტუაციის დროს. ნაჩვენებია, რომ, კონცენტრაციის სივრცული განაწილება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული როგორც ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობაზე, ასევე ატმოსფეროს მინისპირა ფენის კინემატიკაზე და ქვეფენილ ზედაპირზე თერმული რეჟიმის დღეღამური ცვლილებით ფორმირებულ ლოკალურ ცირკულაციურ სისტემაზე. შესწავლილია კონცენტრაციის ვერტიკალური განაწილების სტრუქტურა.

მადლიერების გამოხატვა. სამეცნიერო კვლევა დაფინანსებული და შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით FR- 22 – 4765 გრანტის ფარგლებში.

ლიტერატურა

- [1] Mortality and burden of disease from ambient air pollution-WHO.
https://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden/en/
- [2] World's most polluted cities (historical data 2017-2022). <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities>
- [3] Surmava A., Intskirveli L., Kukhalashvili V. Numerical Modeling of the Transborder, Regional and Local Diffusion of the Dust in Georgian Atmosphere. // Publishing House, Technical University", Tbilisi, Georgia. ISBN 978-9941-28-810-4, 2021, 139 p. <http://www.gtu.ge> (in georgian)

NUMERICAL MODELING OF CHANGES IN TIME AND SPACE OF THE CONCENTRATION OF PM10 DISPERSED IN THE ATMOSPHERE OF KUTAISI CITY DURING CALM

Surmava A., Kukhalashvili V., Gigauri N., Intskirveli L.

Abstract. *The spread of PM10 emitted by motor vehicles is numerically modeled and analyzed in the air of c. Kutaisi in summer during calm meteorological conditions. Images of PM10 concentration changes over time and spatial distribution were obtained. It is shown that the topography of the city and the surrounding area determines the generation of landward anticyclonic eddies of wind speed. The formed wind speed field contributes to the removal of PM10 from the city, the process of "self-cleaning" of the atmosphere.*

Key words: *atmosphere, PM10, pollution, numerical modeling, concentration, silence.*