

- Management and Conservation, 31 October-04 November 2017, Melieha, Malta, 2, 2017, pp. 1215-1224.  
<https://www.medcoast.net/modul/index/menu/Proceedings/36>
14. Demetrashvili, D, Kukhalashvili V. High-resolving modeling and forecast of regional dynamic and transport processes in the easternmost Black Sea basin. In: Proceedings of the International Conference on Geosciences (GEOLINKS 2019), 26-29 March, Athens, Greece, 2019, Book 3, v.1, pp. 99-107.  
<https://www.geolinks.info/library-bookview/geolinks-international-conference-2019%2C-book-3>
15. Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Kvaratskhelia D. Numerical study of some peculiarities of hydrological mode for the south eastern part of the Black Sea (2010-2021). Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. V.16, N.4, 2022, pp.47-53.
16. Марчук Г. И. Численное решение задач атмосферы и океана. Ленинград, Гидрометеиздат, 1974, 303 с.
17. Кордзадзе А. А. Математическое моделирование динамики морских течений (теория, алгоритмы, численные эксперименты). Москва, ОБМ АН СССР, 1989, 128 с.

## NUMERICAL MODELING OF REGIONAL AND BASIN-SCALE HYDROPHYSICAL PROCESSES OF THE BLACK SEA

Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Kvaratskhelia D.

### Summary

The paper presents regional and basin-scale numerical baroclinic models of the Black Sea dynamics developed at M. Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, which are based on the full system of ocean hydrothermodynamic equations. The basin-scale model is implemented for the entire Black Sea using climatic data with a spatial resolution of 5 km, while the regional model, which is the basis of the regional marine forecasting system, is implemented for the Georgian sector of the Black Sea and the adjacent water area with a resolution of 1 km using real data.

## ქ. თბილისისა და ქ. რუსთავის ატმოსფეროს მიკროაეროზოლებით დაბინძურების მოდელირება

ა. სურმავა \*\*, ლ. გვერდწითელი \*\*\*, ნ. მეგრელიშვილი \*\*\*

\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

\*\* ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტი

\*\*\* საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**აბსტრაქტი:** ექსპერიმენტული გაზომვების და რიცხვითი მოდელირების შედეგების ანალიზის საშუალებით შესწავლილია ქ. თბილისისა და ქ. რუსთავის ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურება PM<sub>2.5</sub> მიკრონაწილაკებით. მოდელირებისთვის საწყის და სასაზღვრო პირობებად გამოყენებულ ექსპერიმენტული გაზომვებისა და ნატურული დაკვირვების მონაცემები. რიცხვითი მოდელირების შედეგების ანალიზის საშუალებით დადგენილი მეტეოროლოგიური პირობებისა და რელიეფის გავლენა მიკროაეროზოლის კონცენტრაციათა ველის ფორმირებაზე.

**საკვანძო სიტყვები:** ჰაერის დაბინძურება, PM<sub>2.5</sub>, ქ. თბილისი, ქ. რუსთავი.

**შესავალი.** ატმოსფერული ჰაერის დაბინძურებისაგან დაცვა თანამედროვე მსოფლიოს ერთ-ერთ აქტუალურ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს. დამაბინძურებელ ინგრე-

დიენტებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უკავია მტვერს, PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> ნაწილაკებს. ისინი ატმოსფეროში ხვდებიან ბუნებრივი და ანთროპოგენული პროცესების შედეგად და იწვევენ ადამიანთა ჯანმრთელობის გაუარესებას, ხშირად ლეტალური შედეგით [1].

საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემებით ქ. თბილისსა და ქ. რუსთავში ატმოსფეროს დაბინძურების დონე საკმაოდ მაღალია და PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub> კონცენტრაციები აჭარბებენ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციების (ზღვ) მნიშვნელობებს [2, 3].

**კვლევის შედეგები.** ქ. თბილისის ატმოსფეროს მიკროაეროზოლებით რეალური გასაშუალებული დონის დასადგენად ჩატარებული იქნა ექსპედიციური გაზომვები პორტატული გამზომი მოწყობილობებით Aeroqual Series 500 და TROTEC PC220. გაზომვების არეალი მოიცავდა თბილისის ძირითად ავტომაგისტრალებს და მთავარ ქუჩებს, ასევე შემოგარენის ბევრ სოფელს და დაბას. დაკვირვების ტრასების ჯამური სიგრძე დაახლოებით 650 კმ-ია, ხოლო გაზომვების პუნქტების რაოდენობა - 400-მდე. ნახ. 1- ზე ნაჩვენებია გაზომვების შედეგების სვეტური დიაგრამები. მიღებული იქნა, რომ მოძრაობის მაქსიმალური ინტენსიობის დროს ატმოსფეროს PM-ით დაბინძურების დონე იცვლება ფართო დიაპაზონში. გამოიკვეთა მაქსიმალური (აღმაშენებლის ხეივანი, გმირთა მოედანი, გლდანის ხიდები, აეროპორტის ტრასა) და მინიმალური (თბილისის ზღვა და მისი მიმდებარე ტერიტორია, წყნეთი, სოფ. დიღომი, ლისის ტბის მიმდებარე ტერიტორია) დაბინძურების უბნები.



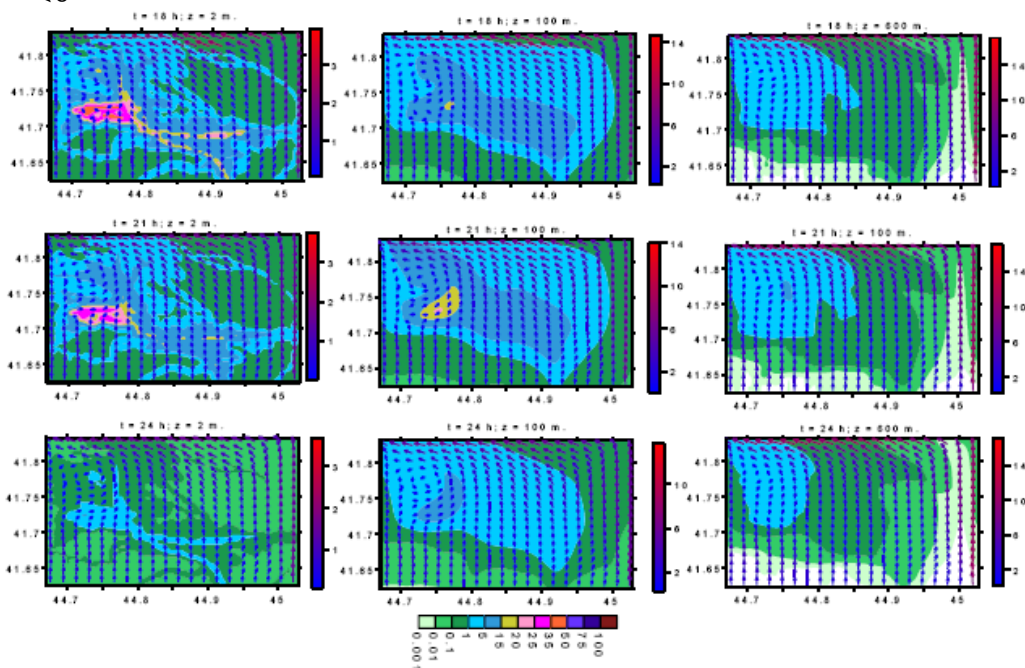
ნახ. 1. ქ. თბილისის და მიმდებარე ტერიტორიაზე სველე გაზომვებით მიღებული PM<sub>2.5</sub> და PM<sub>10</sub>-ის კონცენტრაციების დიაგრამა

ქ. რუსთავის შემთხვევაში მიღებული იქნა რომ მიკროაეროზოლების კონცენტრაციები ქალაქის სხვადასხვა პუნქტში იცვლება ფართო დიაპაზონში, მხოლოდ საშუალო მნიშვნელობა 2 ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციების ფარგლებშია (ზღვ).

ქალაქების ატმოსფეროს დაბინძურების დროში და სივრცეში ცვლილება სიმულირებული იქნა კომპიუტერული მოდელით [3, 4], რომელიც ეყრდნობა მეზომასტაბის ატმოს-

ფერული პროცესების და გადატანა-დიფუზიის 3D განტოლებათა სისტემის ერთობლივ რიცხვით ინტეგრირებას.

კომპიუტერულმა გამოთვლებმა აჩვენა რომ ქ. თბილისის ატმოსფერული ჰაერში PM2.5-ის კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად იცვლება დღის განმავლობაში. კონცენტრაციები მინიმალურია ღამის 0 დან 6 სთ-მდე. შემდგომ იწყებს ზრდას და აღწევს შედარებით დიდ მნიშვნელობებს 10-დან 13-სთ-მდე. 13 სთ-დან 15 სთ-მდე პერიოდში კონცენტრაცია კვლავ მცირდება მცირედ. დღის განმავლობაში კონცენტრაცია მაქსიმალურია 18-დან 21 სთ-მდე (ნახ.2).



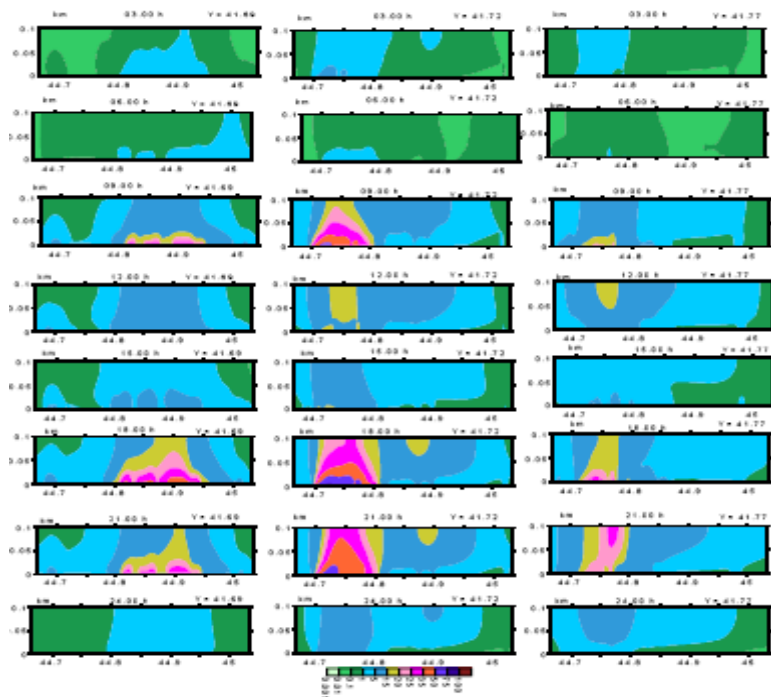
ნახ. 2. ქ. თბილისში ქარის სიჩქარის (მ/წმ) და PM2.5 – ის კონცენტრაციის (მკგ/მ<sup>3</sup>) ველები ატმოსფეროს მიწისპირა და სასაზღვრო ფენაში, როცა  $t = 18, 21$  და  $24$  სთ

მიწისპირა კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად მიმდინარეობს აეროზოლის ნაწილაკების ვერტიკალური ტურბულენტური და კონვექციური დიფუზია, შესაბამისად იზრდება PM2.5-ის შემცველობა 100 და 600 მ სიმაღლეებზე. ამ დონეებზე 18 სთ-თვის კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობები ტოლი ხდება 20 და 15 მკგ/მ<sup>3</sup>-ის. 18 სთ-ის შემდეგ იწყება კონცენტრაციის ნელი შემცირება 2 მ სიმაღლეზე და გრძელდება მისი ზრდა 100 მ სიმაღლეზე. ეს პროცესი მიმდინარეობს 24 სთ-მდე. 24 სთ-ზე მყარდება მიკროაეროზოლის ისეთი ვერტიკალური განაწილება, რომლის დროსაც PM2.5-ის კონცენტრაცია 100 მ სიმაღლეზე მეტია 2 და 600 მ სიმაღლეზე მიღებულ კონცენტრაციებზე. რაც შეეხება დაბინძურების დროში ცვლილებას, 24 სთ-ის შემდეგი პროცესი მეორდება კვაზიპერიოდულად.

ატმოსფეროს მიწისპირა ფენის პარალელის გასწვრივ გატარებულ სამ ვერტიკალურ კვეთაში PM2.5-ის კონცენტრაციის ვერტიკალური განაწილება ნაჩვენებია ნახ. 3-ზე. ნახაზიდან ჩანს, რომ 3-დან 6 სთ-მდე პერიოდში, PM2.5-ის კონცენტრაცია ატმოსფეროს

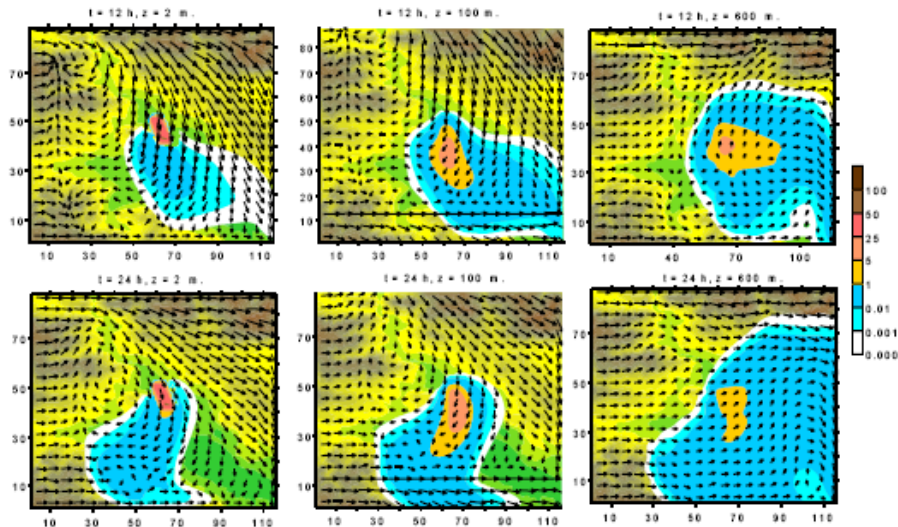
მიწისპირა ფენაში  $\leq 5$  მკგ/მ<sup>3</sup> და ახასიათებს სუსტი შემცირების ტენდენცია. 6 სთ–ის შემდეგ, ავტოტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსიობის ზრდასთან ერთად მატულობს აეროზოლის კონცენტრაცია მიწისპირა ფენაში და 9 სთ-თვის ფორმირდება საშუალო და მაღალი დაბინძურების ზონები. მათ გააჩნიათ საკმაოდ დიდი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ზომები და მოიცავენ პრაქტიკულად მთელ მიწისპირა ფენას. 9-დან 15 სთ-მდე პერიოდში მიუხედავად ატმოსფეროში აეროზოლის გაფრქვევის მუდმივობისა, ხდება კონცენტრაციის საგრძნობი შემცირება და ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესება.

ნახ. 4-ზე ნაჩვენებია ქარის სიჩქარისა და PM<sub>2.5</sub>-ის კონცენტრაციების ველები ატმოსფეროს მიწისპირა და სასაზღვრო ფენებში, მიღებული ქ. რუსთავეში ფონური დასავლეთის სუსტი ქარის დროს. ნახ. 4–დან ჩანს, რომ რელიეფისა და ტემპერატურის დღელ-მური რეჟიმის ცვლილება 12 სთ–ისთვის იწვევს მიწისპირა ქარის სიჩქარის მნიშვნელობის ცვლილებას. ქარის ცვლილებასთან ერთად იცვლება PM<sub>2.5</sub> მიკრონაწილაკების გადატანის მიმართულება. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე ის ვრცელდება სამხრეთისა და სამხრეთ–აღმოსავლეთის მიმართულებით, 100 მ სიმაღლეზე და ზევით ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში – სამხრეთ–აღმოსავლეთისა და აღმოსავლეთის მიმართულებით. კონცენტრაციის სივრცული განაწილების ფორმა აჩვენებს, რომ ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში უპირატესია ადვექციური გადატანა, სასაზღვრო ფენაში ადვექციურ და დიფუზიურ გადატანებს შეაქვთ დაახლოებით ერთნაირი წვლილი დაბინძურების გავრცელების პროცესში.



ნახ. 3. ქ. თბილისში PM<sub>2.5</sub> – ის კონცენტრაციის იზოზოლები ატმოსფეროს ქვედა 100 მ-იან ფენაში პარალელის გასწვრივ გამავალ სამ ვერტიკალური კვეთაში





ნახ.4. ქ. რუსთავში ქარის სიჩქარისა და PM2.5-ის კონცენტრაციის განაწილება  $z = 2, 100$  და  $600$  მ სიმაღლეზე ფონური დასავლეთის სუსტი ქარის დროს,  $t = 12, 24$  სთ.

დასკვნა. ნატურული დაკვირვებისა მონაცემების ანალიზის საშუალებით განსაზღვრულია ქ. თბილისის და ქ. რუსთავის ატმოსფეროში PM2.5 კონცენტრაციის მნიშვნელობა და მისი ცვლილების თავისებურებანი. ექსპერიმენტული გაზომვების მონაცემების ანალიზის საშუალებით. დადგენილი კონცენტრაციათა რეალური მნიშვნელობები დაკვირვების შერჩეულ წერტილებში. ატმოსფერული პროცესების განვითარებისა და მინარევების გავრცელების 3D მოდელის საშუალებით გამოკვლეულია ქალაქების და მიმდებარე ტერიტორიების ატმოსფეროში PM2.5 -ის სივრცული განაწილება და დროში ცვლილება.

#### ლიტერატურა

1. <https://air.gov.ge/>
2. ქ. რუსთავის ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის გაუმჯობესების სამოქმედო გეგმა 2020-2022“. <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/27987>.
3. Surmava A., Intskirveli L., Kukhalashvili V., Gigauri N. Numerical Investigation of Meso- and Microscale Diffusion of Tbilisi Dust. *Annals of Agrarian Science*, v1.8, N.3, 2020. ISSN 1512-1887. pp. 295-302.
4. 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*. Vol. 8 No.7, 2020, pp. 1222-1228. <https://doi.org/10.4236/jamp.2020.87092>. pp. 1222-1228.

#### Numerical Simulation of Tbilisi and Rustavi cities air pollution with Pm2.5.

A. Surmava\*, \*\*, I. Gverdtseteli\*\*\*, N. Megrelishvili\*\*\*

\*\* Institute of Hymeteorology of Tbilisi Technical University

\*\* M. Nodia Institute of Geophysics of Iv. Javakhishvili Tbilisi State University

\*\*\* Georgian Technical University

#### Summary

Through the analysis of the data of experimental measurements and results of numerical modeling the air pollution of the cities Tbilisi and Rustavi with PM2.5 are studied. Data from expeditionary measurements and natural observations are used as initial and boundary conditions for numerical modeling. The influence of meteorological conditions and terrain on the formation of the microaerosol concentration fields are determined by analyzing the results of numerical modeling.