

**მ. ნოდისას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის  
მოდელირების საქართველოში ჩატარებული კვლევების შესახებ (2011-2023)**

**დემეტრაშვილი დ.**

*მიხეილ ნოდისას სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თსუ, თბილისი, საქართველო  
demetr\_48@yahoo.com*

*ანოტაცია. წარმოდგენილია მიხეილ ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის მათემატიკური მოდელირების სექტორში 2011-2023 წწ.-ში ჩატარებული სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოების მოკლე მიმოხილვა. სექტორში შემუშავებულია არასტაციონარული მათემატიკური მოდელები, რომლებიც აღწერენ შავ ზღვაში, ატმოსფეროში, ნიადაგსა და ზედაპირულ წყლებში მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკურ და მინარევების გავრცელების პროცესებს. ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის მოდელებს საფუძვლად უდევს ზღვისა და ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემები, ხოლო მინარევების გავრცელების მოდელებს - ადვექცია-დიფუზიის განტოლება არაკონსერვატიული მინარევისათვის. ნიადაგში თხევადი ნივთიერების ინფილტრაციის განტოლება საფუძვლად უდევს ნიადაგში გახსნილი ნივთიერების გავრცელების მოდელს. მოყვანილია აღნიშნული მოდელების კომპიუტერული რეალიზაციის ზოგიერთი შედეგი.*

*საკვანძო სიტყვები: განტოლებათა სისტემა, რიცხვითი მოდელი, დინების ველი, მინარევების გავრცელება.*

2011-2023 წწ.-ში მ. ნოდისას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვისა და ატმოსფეროს მოდელირების სექტორში მიმდინარეობდა სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოები შემდეგი ძირითადი მიმართულებებით:

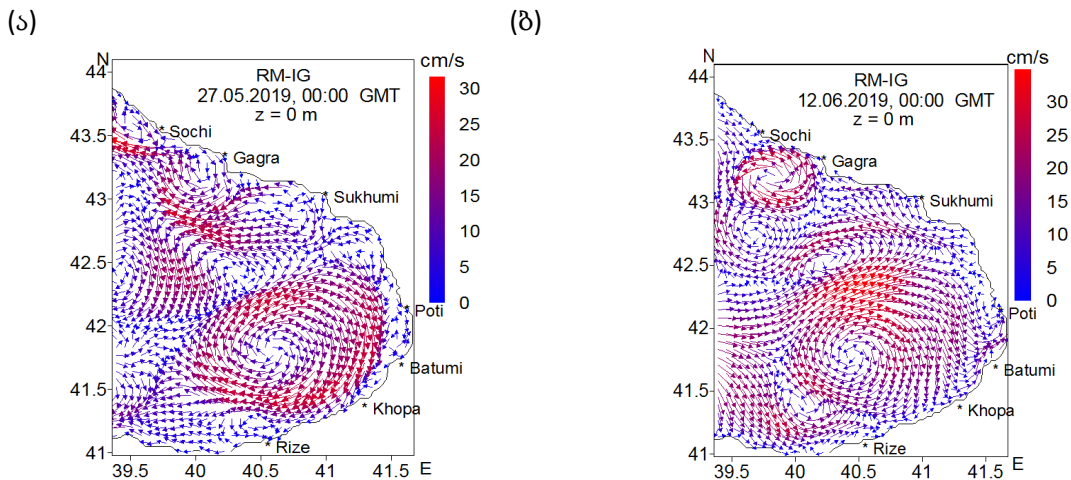
- შავ ზღვაში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური პროცესების მათემატიკური მოდელირება;
- შავი ზღვის რეგიონული პროგნოზის სისტემის განვითარება და სრულყოფა;
- კავკასიის რეგიონის ატმოსფეროში მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკური პროცესების შესწავლა მათემატიკური მოდელირების საფუძველზე;
- შავ ზღვაში, ატმოსფეროში, ნიადაგსა და ზედაპირულ წყლებში სხვადასხვა მინარევების გავრცელების კანონზომიერებათა შესწავლა მათემატიკური მოდელირების საფუძველზე.

სექტორში შემუშავებულია შავი ზღვის დინამიკის მოდელის ორი ვერსია: ზღვის აუზის მასშტაბის მოდელი 5 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით [1] და მაღალი გარჩევისუნარიანი რეგიონული მოდელი 1 კმ გარჩევისუნარიანობით [2]. ორივე მოდელს საფუძვლად უდევს ოკეანის ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემა, რომლის ამოხსნა ხორციელდება დიფერენციალურ განტოლებათა სასრულ-სხვაობითი მეთოდების გამოყენებით, კერძოდ, გახლეჩის ორციკლიანი მეთოდით [3].

აუზის მასშტაბის შავი ზღვის დინამიკის მოდელისა და კლიმატური მონაცემების გამოყენებით სექტორში შესრულებულია გამოკვლევათა ფართო ციკლი შავი ზღვის ჰიდროლოგიური ველების (ტემპერატურა, მარილიანობა, სიმკვრივე) ვერტიკალური სტრუქტურის შესწავლის მიზნით ზღვის ზედა ტურბულენტური შერევის ფენაში [4]. ესაა ფენა, სადაც ინტენსიური ტურბულენტური შერევის გავლენით ძირითადი ჰიდროლოგიური პარამეტრები განაწილებულია ერთგვაროვნად ვეტიკალზე. ამ ფენის სისქე განიცდის სეზონურ ცვლილებებს ფართო დიაპაზონში და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ზღვა-ატმოსფეროს ურთიერთქმედებაში. ამ თვალსაზრისით ზედა შერეული ფენის ჰიდროლოგიური სტრუქტურისა და მისი ცვალებადობის შესწავლა მნიშვნელოვან მეცნიერულ ღირებულებას წარმოადგენს. ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგინდა შერეული ფენის ზოგიერთი ჰიდროლოგიური

თავისებურება წლის სხვადასხვა სეზონებისათვის. კერძოდ, დაფიქსირდა თერმოჰალინური ზემოქმედების ძირითადი როლი შავი ზღვის ვერტიკალური ცირკულაციის ფორმირებაში 100 მ სისქის ზედა ფენაში გარდამავალი სეზონის - გაზაფხულის კლიმატური პირობების შესაბამისად, დაზუსტებულია შავი ზღვის ზედა შერეული ტურბულენტური ფენის სისქე და ფიზიკური თავისებურებები, ზამთრის ცივ სეზონში (თებერვლის შუა რიცხვებში) და ა. შ.

ევროკავშირის საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ პროექტებში ARENA(2003-2006) და ECOOP (2007-2010) სექტორის მონაწილეობის შედეგად, მაღალი გარჩევისუნარიანი შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელი საფუძვლად დაედო მოკლევადიან საზღვაო რეგიონული პროგნოზის სისტემას შავი ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილისათვის, რომელიც მოიცავს შავი ზღვის საქართველოს სექტორსა და მიმდებარე აკვატორიას [1]. რეგიონული პროგნოზის სისტემის საფუძველზე შესაძლებელი გახდა ძირითადი 3-D ჰიდროფიზიკური ველების - დინების, ტემპერატურის, მარილიანობის 3 დღიანი პროგნოზი 1 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობით, ხოლო საგანგებო სიტუაციების შემთხვევაში - ნავთობისა და სხვა მინარევების გავრცელების პროგნოზიც.

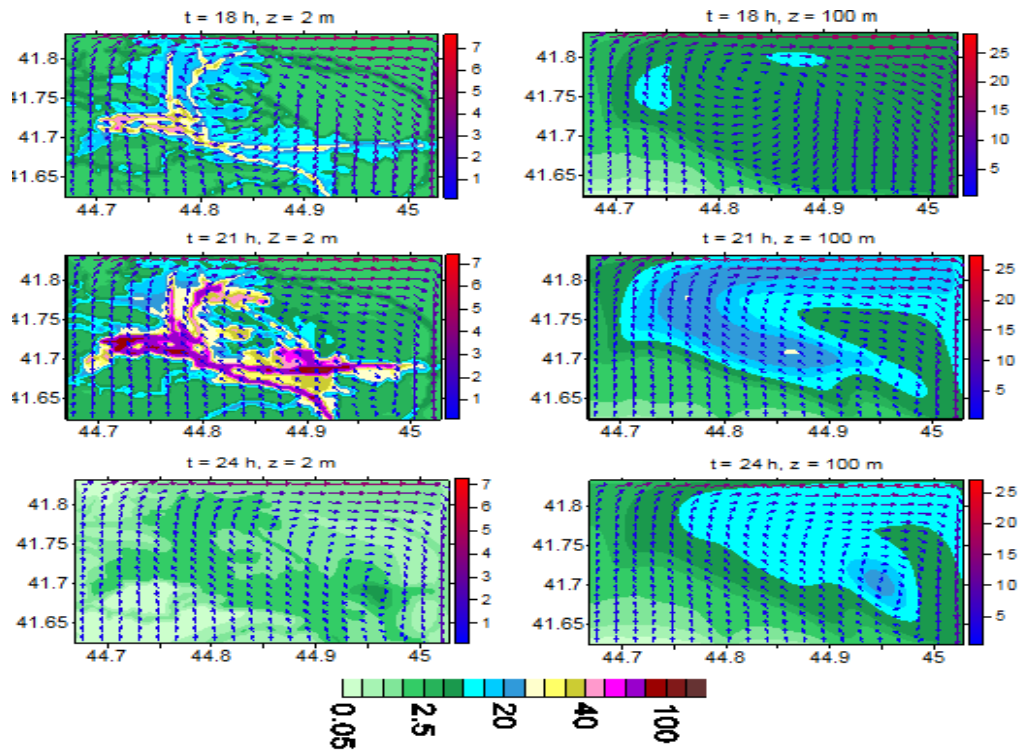


ნახ. 1. ზღვის ზედაპირული დინების პროგნოზული ველები 00:00 GMT, 2019 წელს: 27 მაისს (ა) და 12 ივნისს (ბ).

ილუსტრაციის მიზნით, ნახ.1-ზე მოყვანილია ზღვის ზედაპირული დინების პროგნოზული ველები 2019 წლის 27 მაისს და 12 ივნისს, 72 სთ შემდეგ პროგნოზის საწყისი მომენტიდან. ნახაზიდან ნათლად ჩანს, რომ ამ დღეების ცირკულაციის მთავარი ელემენტია ბათუმის ანტიციკლონური გრივალი, რომლის სივრცითი მასშტაბი დაახლოებით 100-120 კმ-ია.

სექტორში ინტენსიურად მიმდინარეობს კვლევები კავკასიის ტერიტორიაზე ატმოსფეროს დინამიკისა და მავნე მინარევების გავრცელების შესწავლის მიზნით. ამ მიზნით, შემუშავებულია ატმოსფეროს დინამიკის არასტაციონარული სივრცითი მოდელი [5], რომელსაც საფუძვლად უდევს ატმოსფეროს ჰიდროთერმოდინამიკის განტოლებათა სრული სისტემა ჰიდროსტატიკურ მიახლოებაში. მოდელი ითვალისწინებს ძირითად ფიზიკურ ფაქტორებს, მათ შორის კონდენსაციურ და ღრუბელთა წარმოქმნის პროცესებს. ატმოსფეროში მინარევების გავრცელების მიზნით, განტოლებათა სისტემაში ჩართულია მინარევების გადატანა-დიფუზიის განტოლება. შემუშავებული მოდელირების სისტემის საფუძველზე ჩატარებულია გამოკვლევების ფართო სერია, რის შედეგადაც მიღებულია შედეგები, რომლებსაც მნიშვნელოვანი სამეცნიერო და პრაქტიკული ღირებულება გააჩნიათ.

რიცხვითი მოდელირებით და ჩატარებული ექსპერიმენტული გაზომვის მონაცემების გამოყენებით გამოკვლეულია ქ. თბილისის ტერიტორიაზე ავტოტრანსპორტის მიერ წარმოშობილი მტვრის ცვლილების კინემატიკა სხვადასხვა მეტეოროლოგიური სიტუაციების დროს. შესწავლილია მტვრის სივრცული განაწილების დღე-ღამური სურათი [6, 7].



ნახ. 2. მტვრის კონცენტრაციის (მგ/მ<sup>3</sup>) და ქარის სიჩქარის (მ/წმ) ველები სამხრეთის სუსტი ფონური ქარის დროს მიწის ზედაპირიდან 2 და 100 მ სიმაღლეზე, როცა t = 18, 21 და 24 სთ.

ილუსტრაციის მიზნით, ნახ. 2 -ზე ნაჩვენებია რიცხვითი გამოთვლებით მიღებული ქარის სიჩქარისა და მტვრის კონცენტრაციის ველების სივრცით-დროითი განაწილება მიწის ზედაპირიდან 2 მ და 100 მ სიმაღლეებზე t = 18, 21 და 24 სთ-ზე სამხრეთის სუსტი ფონური ქარის დროს.

სექტორში გამოკვლევათა მნიშვნელოვანი ნაწილი მიმდინარე ნიადაგსა და ზედაპირულ წყლებში მიმდინარე პროცესების შესწავლისადმი [8, 9]. ნიადაგში თხევადი ნივთიერების ინფილტრაციის განტოლების გამოყენებით დამუშავებულია სხვადასხვა ტიპის ნიადაგში გახსნილი ნივთიერების გავრცელების მათემატიკური მოდელი. კახეთის დამლაშებული ბიციობიანი ნიადაგისათვის მოდელირებული და შესწავლილია მარილიანობის ცვლილება მასში შეტანილი სორბენტის საშუალებით. გადატანა-დიფუზიის განტოლების გამოყენებით დამუშავებულია საქართველოს მდინარეებში დამაბინძურებელი ნივთიერებების გავრცელების 3D მათემატიკური მოდელი, რის საფუძველზეც ჩატარებულია გამოკვლევები მდ. მტკვარში, ცხენისწყალში, ხრამში და სხვა მდინარეებში ზოგიერთ მინარევთა გავრცელების შესწავლის მიზნით.

მაღლიერება. კვლევა განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით [გრანტის ნომერი FR-22-365].

## ლიტერატურა

- [1] Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I., Surmava A.A. Numerical modeling of hydrophysical fields of the Black Sea under the conditions of alternation of atmospheric circulation processes. // Izvestiya RAS, Atmospheric and Oceanic Physics, t. 44, № 2, 2008, pp. 213-224. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1134/S0001433808020096.pdf>.
- [2] Kordzadze A.A., Demetrashvili D.I. Operational forecast of hydrophysical fields in the Georgian Black Sea coastal zone within the ECOOP. // Ocean Science, 7(6), 2011, pp. 793-803. <https://doi.org/10.5194/os-7-793-2011>.
- [3] Marchuk G.I. Numerical solution of problems of atmospheric and oceanic dynamics. // Gidrometeoizdat, Leningrad, 1974, 303 p. (in Russian).
- [4] Kvaratskhelia D., Demetrashvili D., Elbakidze Kh., Sorriso-Valvo L. Turbulent mixing numerical study in the Black Sea basin using modified version of the Pacanovski-Philander formulation. // Bulletin TICMI 25(1), 2021, pp. 3-19.

- [5] Kordzadze A.A., Surmava A A., Demetrashvili D.I., Kukhalashvili V.G. Numerical modeling of the mesoscale hydrodynamic fields in the atmosphere over the south-east part of the Black Sea. // Proceedings of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, t.64, 2013, pp. 131-139, (in Russian).
- [6] სურმავა ა., ინჭკირველი ლ., გიგაური ნ., კუხალაშვილი ვ. PM2.5 და PM10 მიკროაეროზოლები ქ. თბილისის ატმოსფეროში. // სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის გამომცემლობა. თბილისი, 2021, 92 გვ.
- [7] Kukhalashvili v., Surmava A., Gigauri N., Intskirveli L., Demetrashvili D. Numerical and experimental investigation of particulate matters 2.5 and 10 distribution in Tbilisi city atmosphere. // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, t. 16, №3, 2022, pp. 60-67.
- [8] Surmava A. Numerical Simulation of Soil Salinity Reduction Caused by Means of Irrigation and Introduction of Sorbent. // Georgian Academy Press; Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, No. 1, v.7, 2013.
- [9] ზაგრატიონი ნ., გვერდწითელი ლ., სურმავა ა., გვახარია ვ. მდ. ცხენისწყლის ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის განაწილების რიცხვითი მოდელირება. // პროფესორ ვიქტორ ერისთავის 80 წლისთავისად მი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება“ , თბილისი, საქართველო. 2019, 11-12 ნოემბერი, შრომები, 2020.

## ON RESEARCH CARRIED OUT IN THE SECTOR OF MODELING THE SEA AND ATMOSPHERIC DYNAMICS OF THE M. NODIA INSTITUTE OF GEOPHYSICS

Demetrashvili D.

*Mikheil Nodia Institute of Geophysics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia  
demetr\_48@yahoo.com*

***Abstract.** A brief overview of the scientific research works conducted in 2011-2023 in the sector of Modeling the Sea and Atmospheric Dynamics of the Institute of Geophysics is presented. The sector has developed non-stationary mathematical models that describe the hydrothermodynamic and impurity diffusion processes in the Black Sea, atmosphere, soil and surface waters. The models of the dynamics of the sea and the atmosphere are based on the complete systems of equations of the hydrothermodynamics of the sea and the atmosphere, and the models of the distribution of impurities are based on the advection-diffusion equation for non-conservative impurities. The equation for infiltration of liquid matter into soil is used to model the distribution of dissolved matter in soil. Some results of the computer realization of the mentioned models are presented.*

***Key words:** System of equations, numerical model, flow field, distribution of impurities.*