

ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკისა და მინარევების გავრცელების ზოგიერთი ამოცანის მათემატიკური მოდელირება

კუხალაშვილი ვ.

ი. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი

ანოტაცია. ამჟამად, ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლა, მათი მონიტორინგი და პროგნოზი დიდ აქტუალობას იძენს და საზოგადოების მდგრადი განვითარების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. წინამდებარე სტატიაში წარმოდგენილია შავ ზღვის საქართველოს სექტორსა და ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის ატმოსფეროში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური და მინარევების გავრცელების პროცესების მათემატიკური მოდელირების ზოგიერთი შედეგი. ამ მიზნით გამოყენებულია შავი ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის რიცხვითი მოდელები, რომლებთანაც შეწყვილებულია მინარევების გავრცელების გადატანა-დიფუზიის მოდელები. ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის მოდელებს საფუძვლად უდევს ოკეანისა და ატმოსფეროს დინამიკის განტოლებათა სრული სისტემები ჰიდროსტატიკურ მიახლოებაში, ხოლო მინარევების გავრცელების მოდელებს - გადატანა-დიფუზიის არასტაციონარული განტოლებები. საკვანძო სიტყვები. შავი ზღვა, განტოლებათა სისტემა, ცირკულაცია, რიცხვითი მოდელირება.

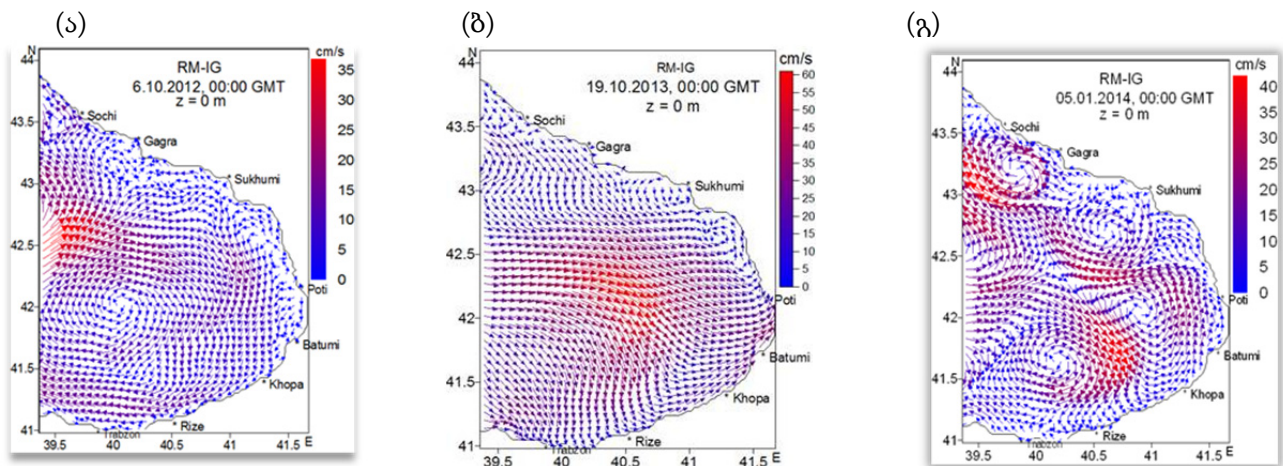
დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ბუნებრივ გარემოში (ზღვა, ატმოსფერო, ნიადაგი) მიმდინარე ჰიდროთერმოდინამიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლა, მათი მონიტორინგი და პროგნოზი დიდ აქტუალობას იძენს და საზოგადოების მდგრადი განვითარების აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. პრობლემის აქტუალობა გამოწვეულია ადამიანის გაზრდილი სამეურნეო საქმიანობითა და მასთან დაკავშირებული გარემოზე ინტენსიური ანთროპოგენური ზემოქმედებით. ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე ფიზიკური და ეკოლოგიური პროცესების შესწავლისა და პროგნოზირების ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური საშუალებაა მათემატიკური მოდელირების მეთოდების გამოყენება.

წინამდებარე სტატიის მიზანია მოკლედ აღწეროს შავ ზღვის საქართველოს სექტორსა და ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის ატმოსფეროში მიმდინარე ჰიდროდინამიკური და მინარევების გავრცელების პროცესების მათემატიკური მოდელირების ზოგიერთი შედეგი. ამ მიზნით გამოყენებულია შავი ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის რიცხვითი მოდელები, რომლებთანაც შეწყვილებულია მინარევების გავრცელების გადატანა-დიფუზიის მოდელები. ზღვისა და ატმოსფეროს დინამიკის მოდელებს საფუძვლად უდევს ოკეანისა და ატმოსფეროს დინამიკის განტოლებათა სრული სისტემები ჰიდროსტატიკურ მიახლოებაში, ხოლო მინარევების გავრცელების მოდელებს - გადატანა-დიფუზიის არასტაციონარული განტოლებები.

შავი ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელი საფუძვლად უდევს საზღვაო რეგიონულ პროგნოზულ სისტემას ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ აკვატორიისათვის, რომელიც მოიცავს საქართველოს სექტორსა და მიმდებარე აკვატორიას [1-3]. რეგიონული პროგნოზული სისტემა ერთ-ერთი შემადგენელი კომპონენტია მთლიანად შავი ზღვის დიაგნოზისა და პროგნოზის სისტემისა, რომლის შემუშავებაც განხორციელდა ევროკავშირის სამეცნიერო-ტექნიკური პროექტების ARENA და ECOOP ჩარჩოებში. მათემატიკური მოდელების კომპიუტერულმა რეა-

ლიზაციამ 1 კმ სივრცითი გარჩევისუნარიანობითა და რეალური მონაცემების გამოყენებით საშუალება მოგვცა შეგვესწავლა შავი ზღვის საქართველოს სექტორსა და მიმდებარე აკვატორიაში 2010-2022 წწ.-ში განვითარებული ჰიდროდინამიკური პროცესების ზოგიერთი თავისებურებანი; ასევე, ზღვის ზედაპირზე ჰიპოტეტური წყაროდან ავარიულად დაღვრილი ნავთობის აფსკის გავრცელების პროცესი სხვადასხვა ცირკულაციურ პირობებში.

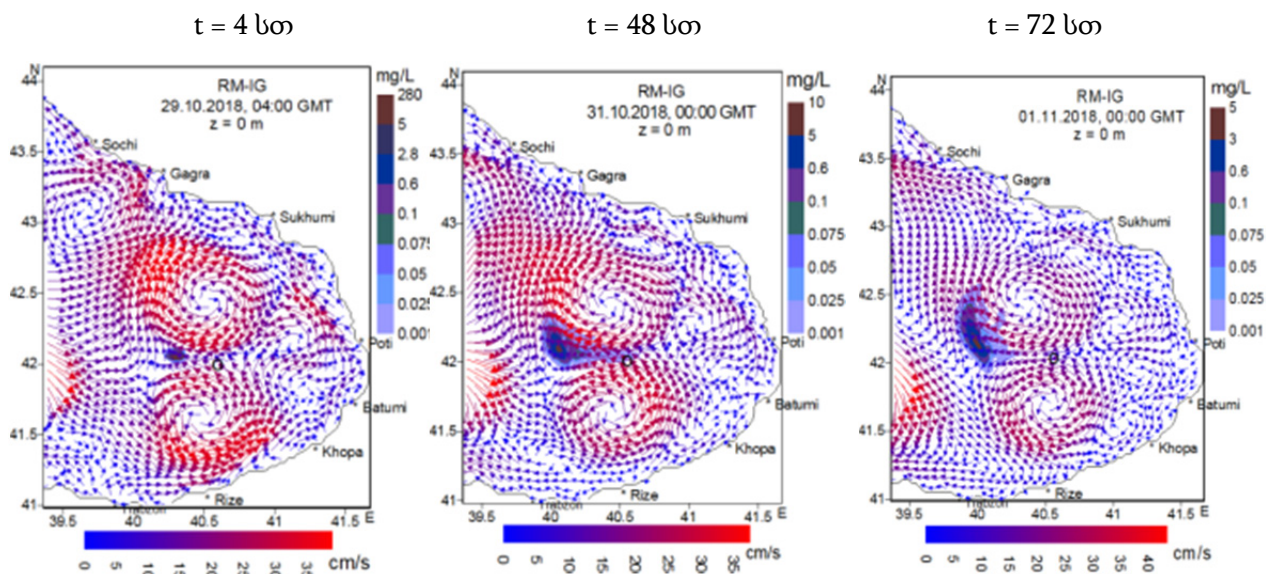
რიცხვითი გამოკვლევები აჩვენებს, რომ შავი ზღვის საქართველოს აკვატორია ხასიათდება ცირკულაციისა და თერმობალინური ველების მნიშვნელოვანი სეზონური და წლიური ცვალებადობით. წლის განმავლობაში მუდმივად ადგილი აქვს სხვადასხვა მეზომასშტაბური და სუბმეზომასშტაბური გრიგალური სტრუქტურების გენერაციას და ევოლუციას.



ნახ. 1 მოდელირებული ზღვის ზედაპირული ცირკულაცია დროის სხვადასხვა მომენტებისთვის: (ა) – 6 ოქტომბერი 2012, (ბ) – 19 ოქტომბერი 2013, (გ) – 5 იანვარი 2014.

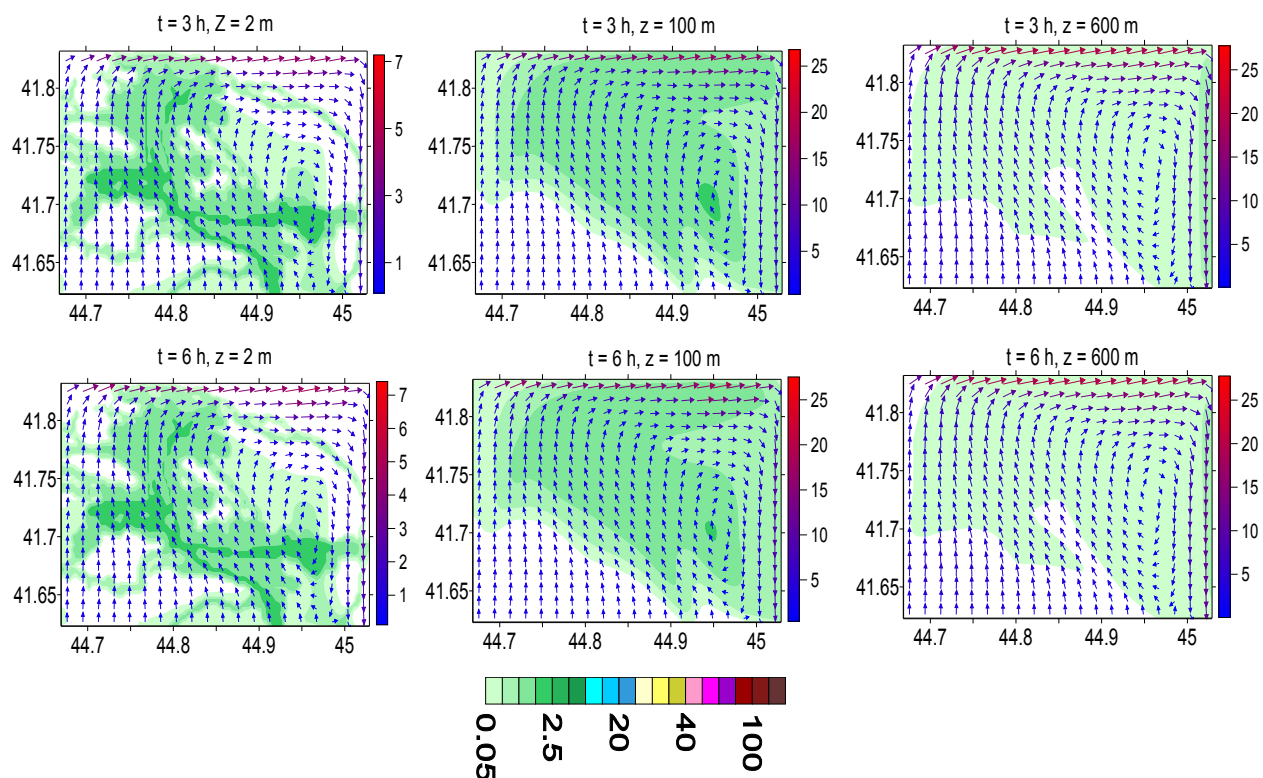
ილუსტრაციის მიზნით, ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია მოდელირებული ზღვის ზედაპირული ცირკულაციის სურათები, რომლებიც შეესაბამებია სხვადასხვა დროის მომენტებს. ნახაზიდან ჩანს, რომ ცირკულაციური პროცესები მნიშვნელოვანი მრავალფეროვნებით ხასიათდება. მაგალითად, 2012 წლის ოქტომბერში ცირკულაციური რეჟიმი ხასიათდებოდა მდგრადი ბათუმის ანტიციკლონური გრიგალის ფორმირებით, რომლის დიამეტრი დაახლოებით 200 კმ იყო (ნახ. 1ა). ნახ. 1ბ - ზე გამოსახული დინების სურათი შეესაბამება 2013 წლის 19 ოქტომბერს, როცა შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის ზემოთ ძლიერი ქარები იყო გაბატონებული. როგორც ნახაზიდან ჩანს ქარმა გამაგლუვებელი გავლენა მოახდინა დინებაზე და გრიგალური წარმონაქმნები ამ შემთხვევაში აღარ დაიკვირვება. დინების მაქსიმალური სიჩქარე ამ შემთხვევაში 60 სმ/წმ-ს აღწევდა და განსახილველი არის დიდ ნაწილში დინება მიმართული იყო დასავლეთიდან საქართველოს სანაპიროსკენ.

ნახ.2-ზე ილუსტრირებულია პროგნოზული ზედაპირული ცირკულაცია და ნავთობის აფსკის დრეიფი ზღვის ზედაპირზე შავი ზღვის განაპირა აღმოსავლეთ ნაწილში. ვთვლიდით, რომ 10 ტონა ნავთობი ავარიულად იღვრებოდა 4 სთ-ის განმავლობაში წერტილში, რომელიც მდებარეობდა ანტიციკლონურ და ციკლონურ გრიგალებს შორის დიპოლურ სტრუქტურაში. ნახაზიდან ჩანს, რომ მიგრაციის პროცესში ნავთობის ლაქა დეფორმირდება - იცვლის ფორმას, ფართოვდება და იკავებს მეტ ტერიტორიას ჰიდროდინამიკური ფაქტორების - დინებისა და ტურბულენტობის გავლენით. ამავდროულად, ნავთობის კონცენტრაციები მცირდება ნავთობის აფსკის დიფუზიური გაფართოებისა და ზოგიერთი ფიზიკური და ბიოქიმიური ფაქტორების (აორთქლება, ემულგირება და ა.შ.) გამო, რომლებიც მათემატიკურ მოდელში არაპირდაპირი გზით არის გათვალისწინებული არაკონსერვატულობის პარამეტრით.



ნახ. 2. მოდელირებული დინება და ნავთობის აფსკის გავრცელება ნახაზზე მითითებული დროის მომენტებში (დრო ათვლილია ნავთობის ჰიპოთეტური ჩაღვრის მომენტიდან).

ჩვენს მიერ შესწავლილია ავტოტრანსპორტის მიერ გამოფრქვეული PM2.5 და PM10 ნაწილაკების სივრცით-დროითი გავრცელება ქ. თბილისისა და მისი შემოგარენის ატმოსფეროში რთული რელიეფის გათვალისწინებით სხვადასხვა ფონური ქარის პირობებში[4, 5].



ნახ. 3. ქარის სიჩქარის (მ/წმ) და PM10-ის კონცენტრაციის (მკგ/მ³) ველები ატმოსფეროს მიწისპირა და სასაზღვრო ფენაში, როცა t = 3, და 6 სთ.

მაგალითის სახით, ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია რიცხვითი მოდელირებით მიღებული ქ. თბილისის ტერიტორიაზე ქარის სიჩქარის და PM10-ის კონცენტრაციის მნიშვნელობები ზაფხულში სუსტი სამხრეთის ქარის დროს, როცა t = 3 სთ და t = 6 სთ. ნახაზიდან ჩანს, რომ

ქალაქისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე ატმოსფეროს სასაზღვრო ფენაში ფორმირებულია მიწისპირა ანტიციკლონური გრიგალი, რომლის ცენტრი მდებარეობს ქალაქის მიმდებარე აღმოსავლეთ ნაწილში. თვით ქალაქის ტერიტორიაზე ქარი სამხრეთ-აღმოსავლეთისა და სამხრეთისაა. ქალაქის ტერიტორიაზე კონცენტრაციის სიდიდე მცირეა და ურბანიზირებულ ტერიტორიაზე მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე არ აღემატება 5 მკგ/მ³-ს. აეროზოლის ანალოგიური სივრცული განაწილება არის შენარჩუნებული დილის 6 საათსთვისაც. აღნიშნული განაწილება ფორმირებულია ქარის ანტიციკლონური ველის გავლენით, რომელსაც გააქვს აეროზოლი ქალაქის ტერიტორიიდან და ავრცელებს მას ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულეობით.

მადლიერება. კვლევა PDHF-21-2209 განხორციელდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით.

ლიტერატურა

1. Kordzadze A. A, Demetrashvili D. I. Operational forecast of hydrophysical fields in the Georgian Black Sea coastal zone within the ECOOP//Ocean Science, 2011,7, pp. 793-803, www.ocean-sci.net/7/793/2011/, doi: 10.5194/os-7-793-2011.
2. Kubryakov A. I., Korotaev G. K., Dorofeev V. L., Ratner Y. B., Palazov A., Valchev N., Malciu V., Matescu R., Oguz T. Black Sea Coastal forecasting system//Ocean Science, 2012, 8, pp. 183-196.
3. Demetrashvili D., Kukhalashvili V., Surmava A., Kvaratskhelia D. Modeling of variability of the regional dynamic processes developed during 2017-2019 in the easternmost part of the Black Sea//Proceedings of the International Conference *GEOLINKS 2020*, Book 2, Vol. 2, pp. 111-120
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. 2020, v.8, No. 7, pp.1222-1228.
5. Surmava A., Intskirveli L., Kukhalashvili V., Gigauri G. Numerical investigation of meso and microscale diffusion of Tbilisi dust//Annals of agrarian sciences. 2020, v.18, No. 3, pp.295-302.

MATHEMATICAL MODELING OF SOME PROBLEMS OF THE SEA AND ATMOSPHERIC DYNAMICS AND IMPURITY DISTRIBUTION

Kukhalashvili V.

M. Nodia Institute of Geophysics of I. Javakishvili Tbilisi State University, Tbilisi, Georgia

Abstract. *Currently, the study of hydrothermodynamic and ecological processes taking place in the natural environment, their monitoring and forecasting are gaining great relevance and are a necessary condition for the sustainable development of society. The present article presents some results of mathematical modeling of the hydrodynamic and impurity diffusion processes in the atmosphere of the Georgian sector of the Black Sea and Tbilisi and its surroundings. For this purpose, the numerical models of the dynamics of the Black Sea and the atmosphere are used, with which the advection-diffusion models of the distribution of impurities are coupled. The models of the dynamics of the sea and the atmosphere are based on the full systems of the equations of the dynamics of the ocean and the atmosphere in the hydrostatic approximation, and the models of the distribution of impurities are based on the non-stationary advection-diffusion equations.*

Keywords. *Black Sea, system of equations, circulation, numerical modeling.*