

**VII საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია
"ინტერნეტი და საზოგადოება"**

**VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC and PRACTICAL
CONFERENCE
"INTERNET and SOCIETY"**

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ "ИНТЕРНЕТ и ОБЩЕСТВО "**

კონფერენციის მასალები

CONFERENCE PROCEEDINGS

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

**10-11 ივლისი 2015 ქუთაისი, საქართველო
10-11 July 2015 KUTAISS, GEORGIA
10-11 ИЮЛЯ 2015 КУТАЙСИ, ГРУЗИЯ**

www.inso.ge

ცირკულაციისა და მინარევების გავრცელების პროგნოზი შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზოლსა და მიმდებარე აკვატორიაში

ავთანდილ კორძაძე

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის
გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

akordzadze@yahoo.com,

დემური დემეტრაშვილი

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის
გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

demetr_48@yahoo.com

ვეფხია კუხალაშვილი

ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის
გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია - შავი ზღვის რეგიონული პროგნოზის სისტემა საქართველოს სანაპირო ზოლისა და მიმდებარე აკვატორიისათვის, რომელიც ერთ-ერთი კომპონენტია მთლიანად შავი ზღვის დიაგნოზისა და პროგნოზის სისტემისა, გაფართოებულია ნავთობისა და სხვა მინარევების გავრცელების ორი და სამგანზომილებიანი მათემატიკური მოდელების ჩართვის გზით. ამჟამად, რეგიონული პროგნოზის სისტემა ფუნქციონირებს ოპერატიულთან მიახლოებულ რეჟიმში და საშუალებას იძლევა განვახორციელოთ ზღვის დინამიკური ველების - დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის სამდღიანი პროგნოზი 1 კმ გარჩევისუნარიანობით, ხოლო საგანგებო სიტუაციების შემთხვევაში გამოვთვალოთ ზღვაში მოხვედრილი მინარევების კონცენტრაციები და დაჭუჭყიანების არეები.

საკვანძო სიტყვები - მათემატიკური მოდელი, დინების ველი, მინარევების გავრცელება, შავი ზღვა, პროგნოზული სისტემა.

I. შესავალი

2010 წლიდან ი. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტში ფუნქციონირებს რეგიონული მოკლევადიანი პროგნოზის სისტემა შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილისათვის, რომლის საპროგნოზო არე დასავლეთიდან შემოსაზღვრულია ა. გ. 39.08° მერიდიანზე გამავალი პირობითი თხევადი საზღვრით. რეგიონული პროგნოზის სისტემის სტრუქტურა და გამოთვლილი დინამიკური ველების პროგნოზის შედეგები აღწერილია სტატიებში [1-4]. აღ-

ნიშნული სისტემა, ერთ-ერთი კომპონენტია მთლიანად შავი ზღვის დიაგნოზისა და პროგნოზის სისტემისა და მისი ფუნქციონირებისათვის საჭირო საწყისი და სასაზღვრო მონაცემები მიიღება ყოველდღიურად ოპერატიულთან მიახლოებულ რეჟიმში ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტიდან (ქ. სევასტოპოლი) ინტერნეტის მეშვეობით. დინამიკური ველების - დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის ველების სამდღიანი პროგნოზის შედეგები ზღვის ზედაპირზე, 20 და 50 მ ჰორიზონტებზე რეგულარულად თავსდება ინტერნეტში მისამართზე: www.ig-geophysics.ge.

მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილია რეგიონული პროგნოზის სისტემის გაუმჯობესებული ვერსია, რომელიც უზრუნველყოფს არა მარტო ზღვის ძირითადი დინამიკური ველების პროგნოზს, არამედ ზღვაში მოხვედრილი მინარევების გავრცელების პროგნოზს საგანგებო სიტუაციების შემთხვევაში.

II. ძირითადი ნაწილი

რეგიონული პროგნოზის სისტემის ახალი ვერსია შედგება ჰიდროდინამიკური და ეკოლოგიური ბლოკებისაგან. ჰიდროდინამიკური ბლოკის ძირითადი ბირთვია ი. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მ. ნოდის გეოფიზიკის ინსტიტუტის ზღვის დინამიკის რეგიონული მოდელი [1, 4], რომლის სათვლელო ბადე ჰო-

რიზონტალური გარჩევისუნარიანობით 1 კმ, ჩადგმულია ზღვის ჰიდროფიზიკის ინსტიტუტის (ქ. სევასტოპოლი) 5 კმ გარჩევისუნარიანობის მქონე ზღვის დინამიკის მოდელის სათვლელ ბადეში.

ეკოლოგიურ ბლოკს საფუძვლად უდევს ზღვის გარემოში მინარევის გავრცელების ორი და სამგანზომილებიანი მოდელები, რომლებიც გამოიყენებენ ჰიდროდინამიკურ ბლოკში გათვლილ ზღვის დინების არასტაციონარულ პროგნოზულ ველებს. მინარევის გავრცელების მოდელები ეფუძნება გადატანა-დიფუზიის არასტაციონარულ განტოლებას არაკონსერვაციული მინარევისათვის (განტოლების ორგანოზომილებიანი ვარიანტი გამოიყენება ზღვის ზედაპირზე ავარიულად დაღვრილი ნავთობის გავრცელების მოდელირებისათვის)

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial u \varphi}{\partial x} + \frac{\partial v \varphi}{\partial y} + \frac{\partial w \varphi}{\partial z} + \sigma \varphi =$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \nu \frac{\partial \varphi}{\partial z} + f,$$

სადაც φ არის მინარევის კონცენტრაცია; u , v და w ზღვის დინების სიჩქარის ვექტორის კომპონენტებია x , y და z ღერძების გასწვრივ (x ღერძი მიმართულია აღმოსავლეთით, y - ჩრდილოეთით, ხოლო z - მიმართულია ზედაპირიდან ვერტიკალურად ქვემოთ); μ და ν ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის კოეფიციენტებია, შესაბამისად; $\sigma = \ln 2 / T_0$ არაკონსერვაციულობის პარამეტრია, რომელიც ირიბად აღწერს მინარევის კონცენტრაციის ცვლილებას არაჰიდროდინამიკური ფაქტორების გავლენით (მაგ.: აორთქლება, ქიმიურ რეაქციებში შესვლა და სხვ.); T_0 წარმოადგენს დროის ინტერვალს, რომლის განმავლობაში მინარევის საწყისი კონცენტრაცია 2-ჯერ მცირდება. f აღწერს წყაროს სიმძლავრის სივრცით-დროით განაწილებას.

გადატანა-დიფუზიის ორი და სამგანზომილებიან განტოლებათა ამოხსნისას გამოიყენება ნეიმანის ერთგვაროვანი სასაზღვრო პირობები, ხოლო საწყის მომენტში ვთვლიდით, რომ მინარევის კონცენტრაციები ნულია მთელ საინტეგრო არეში.

რეგიონულ პროგნოზულ სისტემაში შემავალი მოდელების განტოლებათა ამოხსნა დამყარებულია ერთიან მეთოდოლოგიურ მიდგომაზე, რომელიც ეფუძნება გახლეჩის მეთოდების გამოყენებას [5, 6]. ყველა მოდელში გამოყენებულია 1 კმ გარჩევისუნარიანობის მქონე სათვლელი ბადე 215 x 347 კვანძით. ვერ-

ტიკალზე გამოიყენება არაერთგვაროვანი ბიჯი 30 სათვლელი დონით სიღრმეებზე: 2, 4, 6, 8, 12, 16, 26, 36, 56, 86, 136, 206, 306, ..., 2006 მ. დროითი ბიჯი შეადგენს 0.5 სთ. ზღვის ზედაპირზე ნავთობის ლაქის გავრცელების მოდელირებისას არაკონსერვაციულობის პარამეტრი აიღებოდა ლიტერატურიდან ცნობილი ზღვის გარემოში ნავთობის ლაქის ტრანსფორმაციის თავისებურებათა გათვალისწინებით. კერძოდ, ცნობილია, რომ ნავთობის მასის დიდი რაოდენობა ზღვის ზედაპირიდან ორთქლდება ჩაღვრის დაწყებიდან პირველ დღესვე. შემდგომში, დროთა განმავლობაში მიმდინარეობს ნავთობის ლაქის ფიზიკური და ბიოქიმიური ტრანსფორმაცია (დისპერსია, ემულგირება, სედიმენტაცია და სხვ.) [7, 8]. ნავთობის ტრანსფორმაცია და შესაბამისად მისი კონცენტრაციების ცვლილება არაჰიდროდინამიკური ფაქტორებით, მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ნავთობის სახეობაზე.

ყოველივე ზემოთქმულის გათვალისწინებით ვიღებდით: $\sigma = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ წმ}^{-1}$, როცა $t \leq 24$ სთ და $\sigma = 8,2 \cdot 10^{-7} \text{ წმ}^{-1}$, როცა $t > 24$ სთ. σ პარამეტრის პირველი მნიშვნელობა შეესაბამება კონცენტრაციის ორჯერ შემცირებას 12 სთ-ის განმავლობაში, ხოლო მეორე მნიშვნელობა კონცენტრაციის ორჯერ შემცირებას 10 დღის განმავლობაში. ტურბულენტობის ველი გამოითვლებოდა ფორმულით [9]

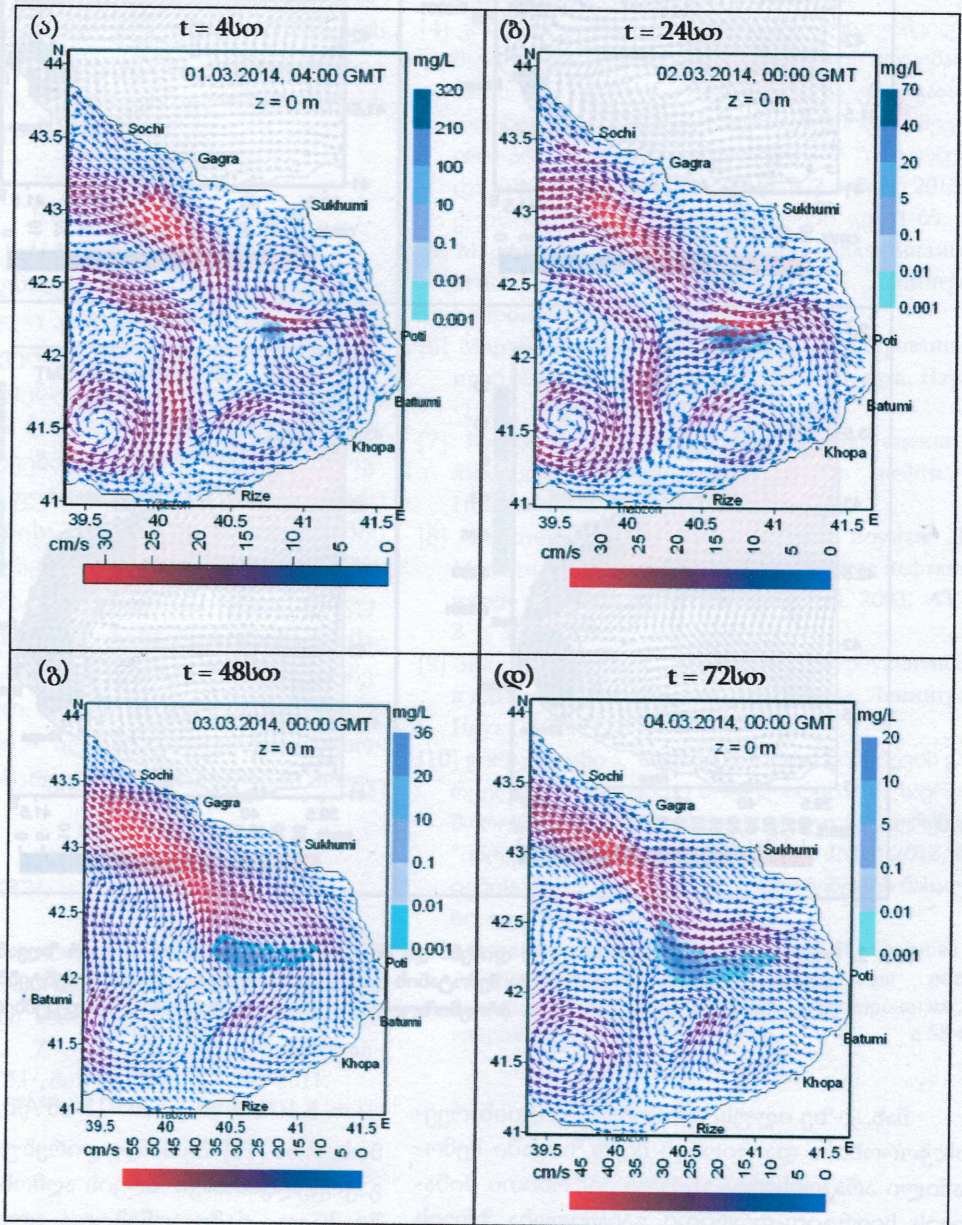
$$\mu = \gamma \Delta x \Delta y \sqrt{2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2},$$

სადაც Δx და Δy ბადის ჰორიზონტალური ბიჯია x და y ღერძების მიმართულებით, ხოლო γ კონსტანტა, რომელიც რიცხვით ექსპერიმენტებში 1-ის ტოლი იყო.

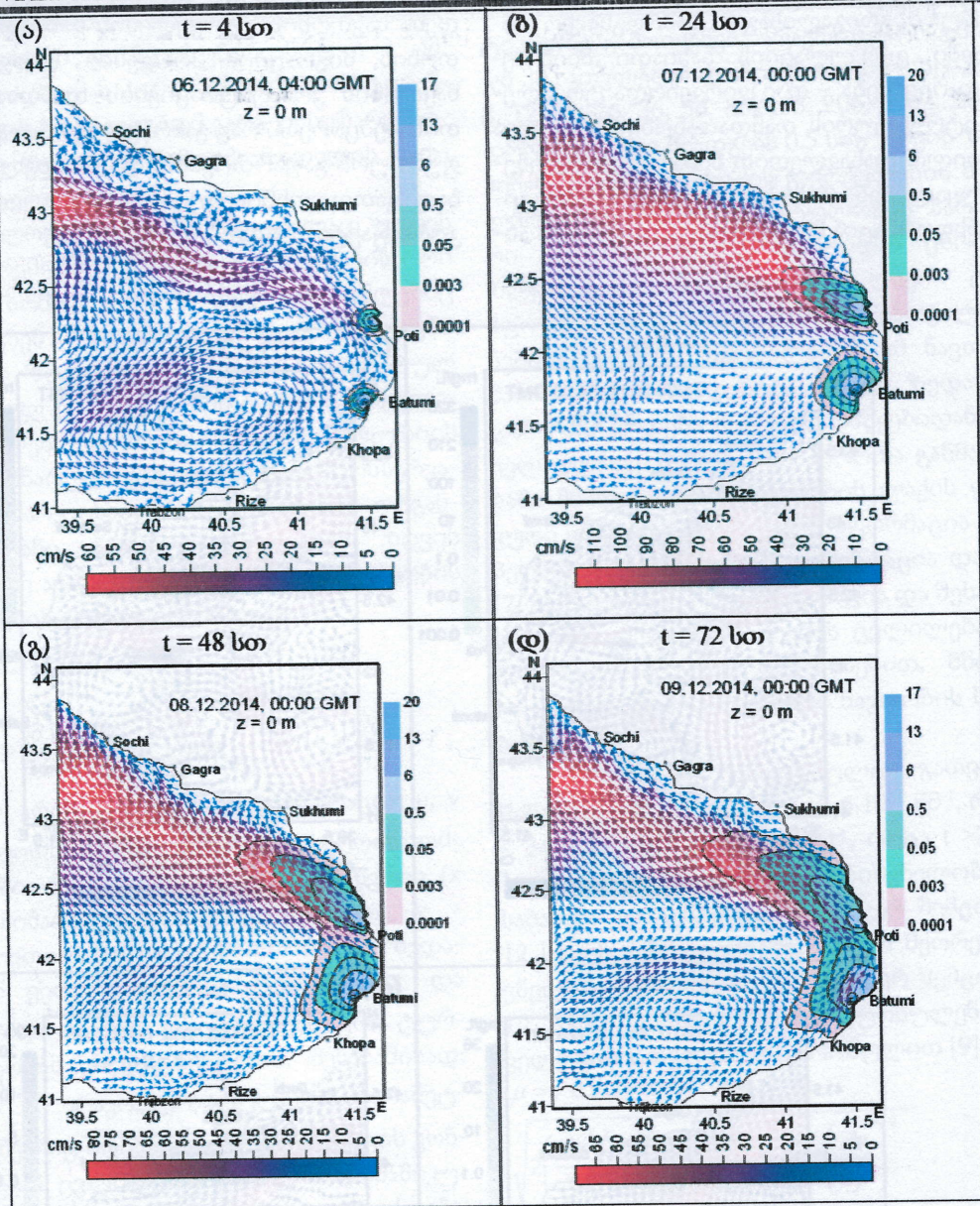
ნახ 1-ზე ნაჩვენებია პროგნოზირებული დინების ველი ზღვის ზედაპირზე და ნავთობის ლაქის დრეიფი იმ შემთხვევაში, როდესაც 50 ტ ნავთობი ავარიულად ჩაიდვარა 2 სთ-ის განმავლობაში წერტილში კოორდინატებით 140 Δx და 132 Δy , რომელიც მდებარეობდა ქ. ფოთის სანაპიროდან დაახლოებით 65 კმ-ზე. ნახაზიდან კარგად ჩანს საპროგნოზო არის აღმოსავლეთ ნაწილში ცირკულაციის მეზომასშტაბური ტრიპლეტური სტრუქტურის ფორმირება 2014 წლის 1 მარტის 4 სთ (საშუალო გრინიჯის დრო) მომენტისათვის (ნახ. 1ა), რომელიც შედგება ორი ანტიციკლონური გრიგალისაგან და მათ შუა ნაწილში მდებარე

ციკლონური გრიგალისაგან. საპროგნოზო ინტერვალში ცირკულაციის ხასიათი მნიშვნელოვნად იცვლება – დაიკვირვებოდა ტრიპლეთური სტრუქტურის თანდათანობითი რღვევა და ჩრდილო-დასავლეთით მიმართული დინების ჩამოყალიბება (ნახ. 1გ და 1დ). ცირკულაციის ტრანსფორმაცია მნიშვნელოვან გავლენას ახ-

დენს ნავთობის გავრცელების ხასიათზე. ნავთობის მიგრაციის პროცესში დაიკვირვება ნავთობის კონცენტრაციების თანდათანობითი შემცირება, რაც გამოწვეულია ლაქის დიფუზიური გაფართოებით და მოდელში ირიბად გათვალისწინებული არაპიდროდინამიკური ფაქტორებით.



ნახ. 1 მოდელირებული ზედაპირული დინება და ნავთობის ლაქის გავრცელება ჩაღვრიდან დროის შემდეგ მომენტებში: (ა) – 4სთ, (ბ) – 24 სთ, (გ) – 48 სთ, (დ) – 72 სთ. პროგნოზული ინტერვალი 00:00 GMT, 1-4 მარტი 2014



ნახ. 2. მოდელირებული ზედაპირული დინება და მდ. ჭოროხისა და რიონის მიერ ზღვაში შემოტანილი პირობითი მინარევის განაწილება შემოტანის დაწყებიდან შემდეგ დროის მომენტებში: $t = 4$ სთ (ა), 24 სთ (ბ), 48 სთ (გ) და 72 სთ (დ). პროგნოზული ინტერვალია 00:00 GMT, 6-9 დეკემბერი, 2014.

ნახ. 2-ზე ილუსტრირებულია მდინარეების ჭოროხისა და რიონის მიერ ზღვაში შემოტანილი არაკონსერვატიული პირობითი მინარევის სივრცით-დროითი განაწილება ზღვის ზედაპირზე ზღვაში მოხვედრიდან 4, 24, 48 და 78 სთ-ის შემდეგ. პროგნოზული ინტერვალი იყო: 00:00 სთ, 6-9 დეკემბერი, 2014წ, რომლის განმავლობაშიც მოქმედებდა ძლიერი ქარები. ვთვლიდით, რომ მდ. ჭოროხს ზღვაში შემოჭონდა 100000 ერთეული პირობითი მინარევი დროის ერთეულში, მდ. რიონის სამხრეთ ტოტს - 5000 ერთეული, ხოლო ჩრდილოეთ ტოტს - 10000 ერთეული. $T_0 = 30$ დღე,

$\mu = 5.10^9 \text{ სმ}^2/\text{წმ}$ და $\nu = 15 \text{ სმ}^2/\text{წმ}$. უნდა აღინიშნოს, რომ [10]-ში მოდელირებულია მინარევის გავრცელება შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილში, სადაც გამოიყენებოდა კლიმატური მონაცემების საფუძველზე გამოთვლილი სტაციონარული დინების ველი.

როგორც ნახ. 2-დან ჩანს, ძლიერი ქარების გავლენით ზღვის ზედაპირული დინების სიჩქარეები მნიშვნელოვნად გაიზარდა და დინების მაქსიმალურმა სიჩქარემ 7 დეკემბერს განხილული არის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში 110 სმ/წმ მიაღწია. ძლიერი ქარები გამავლუვებელ მოქმედებას ახდენენ დინებაზე [11],

რის გამოც აღნიშნულ დროით ინტერვალში აკვატორიის დიდ ნაწილში დაიკვირვება უგრეზალე დინება. მინარევის კონცენტრაციების ველის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ განხილულ დროით ინტერვალში ფორმირებული ცირკულაციის გავლენით მინარევის გავრცელების უპირატესი მიმართულებაა ჩრდილო-დასავლეთი მიმართულება. ვერტიკალური ტურბულენტური დიფუზიისა და დინების ვერტიკალური კომპონენტის გავლენით მინარევის კონცენტრაციები ვრცელდება ვერტიკალზეც და 3 საპროგნოზო დღის განმავლობაში აღწევს დაახლოებით 40-50 მ

III. დასკვნა

წარმოდგენილია შავი ზღვის მდგომარეობის რეგიონული პროგნოზის სისტემის გაფართოებული ვერსია საქართველოს სანაპირო ზონისა და მიმდებარე აკვატორიისათვის, რომელიც შედგება ჰიდროდინამიკური და ეკოლოგიური ბლოკებისაგან. რეგიონული პროგნოზის სისტემა ფუნქციონირებს როგორც შავი ზღვის დიაგნოზისა და პროგნოზის სისტემის ერთ-ერთი ქვესისტემა და უზრუნველყოფს ძირითადი სამგანზომილებიანი ჰიდროფიზიკური ველების – დინების, ტემპერატურისა და მარილიანობის სამდღიან პროგნოზს 1 კმ გარეგისუნარიანობით, ხოლო საგანგებო სიტუაციების შემთხვევაში – ზღვაში დაღვრილი ნავთობისა და სხვა მინარევების გავრცელების პროგნოზსაც.

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]. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. Численное моделирование гидрофизических полей Черного моря в условиях чередования атмосферных циркуляционных процессов. Изв. РАН, Физика атмосферы и океана, 2008, т.44, N 2, с.227-238.
- [3]. Kordzadze A. A., Demetrashvili D. I., Surmava A. A. Dynamical processes developed in the easternmost part of the Black Sea in warm period for 2010-2013. J. Georgian Geophys. Soc., 2013, v.16b.
- [4]. კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ., სურმაშვილი ა. შავი ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის მდგომარეობის რეგიონული პროგნოზის სისტემის გაფართოებული ვერსია. VI საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “ინტერნეტი და საზოგადოება” - INSO2013, 6-7 ივნისი 2013, ქ. ქუთაისი. კონფერენციის მასალები, გვ. 61-65.
- [5]. Марчук Г.И. Численное решение задач динамики атмосферы и океана. Ленинград, Гидрометеиздат, 1974. 303 с.
- [6]. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей Среды. – Москва, Наука. -1982. -319 с.
- [7]. Врагов А.В. Методы обнаружения, оценки и ликвидации аварийных разливов нефти. – Новосибирск. НГУ, 2002.–224 с.
- [8]. Коротенко К.А., Дитрих Д.Е., Боуман Дж. Моделирование циркуляции и перенос нефтяных пятен в Черном море. Океанология, 2003, 43, № 3. с. 367 – 378.
- [9]. Зилитинкевич С. С., Монин А. С. Турбулентность в динамических моделях атмосферы. Ленинград, Наука, 1971, 44 с.
- [10]. გირგვლიანი ა. ზღვაში პასიური მინარევის გავრცელების რიცხვითი მოდელირება. VI საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია “ინტერნეტი და საზოგადოება” – INSO 2013, 6-7 ივნისი 2013, ქ. ქუთაისი. კონფერენციის მასალები, გვ. 79-82.
- [11]. Кордзадзе А. А., Деметрашвили Д. И., Сурмава А. А. О циркуляции в Черном море при очень сильных и слабых ветрах. Метеорология и гидрология. 2007, № 9, с.58-64.