

**მსოფლიო ოკეანის დაბინძურება (შავ ზღვაზე აქცენტრირებით)  
ნავთობპროდუქტებითა და მყარი ნარჩენებით.  
მონიტორინგი და პრობლემა**

**დემეტრაშვილი დ., კვარაცხელია დ.**

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მხიელ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო  
demetr\_48@yahoo.com*

**ანოტაცია:** მოკლედ მიმოიხილება მსოფლიო ოკეანის დაბინძურების თანამედროვე მდგომარეობა ნავთობპროდუქტებითა და მყარი საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით, მათი მონიტორინგისა და პროგნოზის საკითხები. გარკვეული ყურადღება ეთმობა შავი ზღვის დაბინძურების თანამედროვე მდგომარეობას და ნავთობის აფსკის გავრცელების მათემატიკური მოდელირებას. ხაზგასმულია იმ დიდი საფრთხის შესახებ, რაც კაცობრიობას უქადის ზღვებისა და ოკეანეების დაბინძურება მყარი ნარჩენებით, რომელთა მნიშვნელოვანი ნაწილი პლასტმასური მასალებია.

**საკვანძო სიტყვები:** თანამგზავრული რადიოლოკაცია, ნავთობის აფსკი, მათემატიკური მოდელი, შავი ზღვა.

მსოფლიო ოკეანე, რომელსაც დედამიწის ზედაპირის დაახლოებით 70% უჭირავს, ბუნებრივი გარემოს მნიშვნელოვანი კომპონენტია. იგი ატმოსფეროსთან ერთად ქმნის ერთიან ჰიდროთერმოდინამიკურ სისტემას და უდიდეს როლს თამაშობს გლობალური კლიმატის ფორმირებასა და ცვლილებაში. გარდა ამისა, იგი მინერალური, ენერგეტიკული და ბიოლოგიური რესურსების უმდიდრესი წყაროა და ამიტომ მის ეკოლოგიურ მდგომარეობას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება. აღნიშნული პრობლემისადმი ინტერესი განსაკუთრებით გაიზარდა გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან, რაც დაკავშირებულია მსოფლიო ოკეანის ინტენსიურ დაბინძურებასთან მაღალტექსტილური მინარევებით. ნავთობი და ნავთობპროდუქტები ყველაზე გავრცელებული და საშიში ინგრედიენტებია მსოფლიო ოკეანის ცალკეული რეგიონების და მათ შორის შავი ზღვის ეკოსისტემისათვის [1-3].

ნავთობით დაბინძურება არსებით გავლენას ახდენს მთელ რიგ ჰიდროქიმიურ და ჰიდრობიოლოგიურ პროცესებზე ზღვებსა და ოკეანეებში. გასული საუკუნის 70-80-იან წლებში ნოვოროსიისკის ბიოლოგიურ სადგურში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ნოვოროსიისკის ყურის ნავთობით დაბინძურებამ გამოიწვია მნიშვნელოვანი ცვლილებები ზღვის მცენარეთა და ცხოველთა გარკვეული სახეობების განაწილებაში [1].

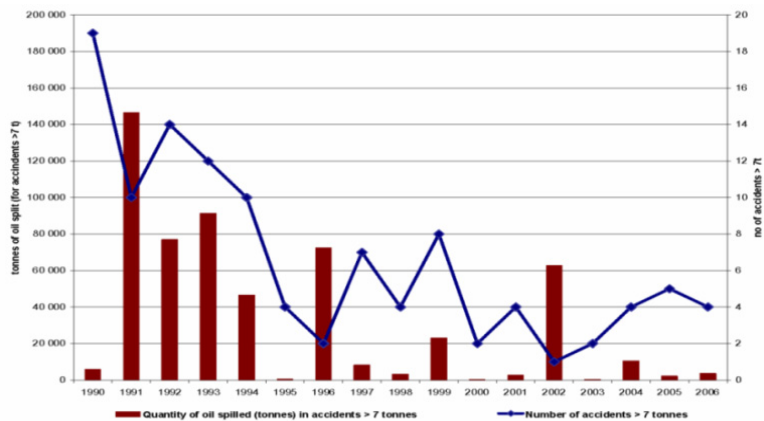
ზღვებისა და ოკეანეების ზედაპირის ინტენსიური დაბინძურება იწვევს ოკეანე-ატმოსფეროს ურთიერთქმედების შესუსტებას, რამაც შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ცვლილები შეიტანოს ატმოსფერული პროცესების ბუნებრივ განვითარებაში. ნავთობის აფსკი ზღვის ზედაპირზე ამცირებს აორთქლებას და ზღვის მარილის ნაწილაკების მოხვედრას ატმოსფეროში, რომლებიც თამაშობენ კონდენსაციის ცენტრების როლს ღრუბელთა წარმოქმნის პროცესებში და ბუნებრივი ჰიდროლოგიური ციკლის დარღვევის საშიშროებას ქმნიან [4].

2002 წლის სტატისტიკური მონაცემებით მსოფლიოში ნავთობის ყოველწლიური მოპოვება შეადგენდა 3 მილიარდ 47 მილიონ ტონას, რომელთაგან 3/5 -ის ტრანსპორტირება ხდებოდა ტანკრებით, ხოლო დანარჩენი მილსადენებით. ე. ი. 2 მილიარდ ტონაზე მეტი გადაიზი-

დებოდა ზღვით და ოკეანეებით და იტვირთებოდა ტერმინალებში [1]. სტატისტიკურად, ნაოსნობის წილი (ტრანსპორტირება ავარიებისა და არასანქცირებული ჩაღვრების გათვალისწინებით, საპორტო ოპერაციები) ოკეანის ნავთობით დაბინძურებაში შეადგენს 45 %-ს, მაშინ როდესაც შელფზე ნავთობის მოპოვებაზე მხოლოდ 2% მოდის [3].

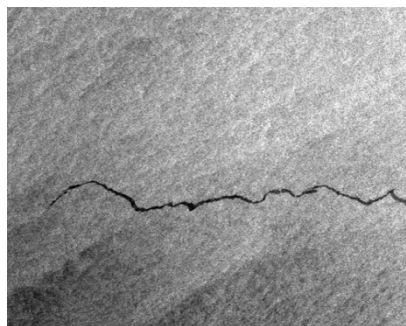
დღეისათვის შავი ზღვა, რომელიც მსოფლიო ოკეანის ნაწილია, დიდ ანთროპოგენურ დატვირთვას განიცდის. იგი განიხილება როგორც აქტიური სატრანსპორტო დერეფანი ნავთობპროდუქტების გადატანისა აღმოსავლეთიდან დასავლეთში. მრავალ ექსპერტთა შეფასებით, შავი ზღვის ეკოლოგიური მდგომარეობა საგანგაშოა და მისი დაბინძურების დონე თანდათან იზრდება. განსაკუთრებით დიდი დატვირთვა მოდის ზღვის ჩრდილო-დასავლეთ მეჩხერწყლოვან შელფურ ნაწილზე, სადაც ზღვას ერთვის დიდი მდინარეები. თანამედროვე შეფასებებით ნავთობის ყოველწლიური ჩადინება შავ ზღვაში შეადგენს 110000-130000 ტონას.

უკანასკნელი 50-60 წლის განმავლობაში შავ ზღვასა და ბოსფორის სრუტეში მომხდარი ტანკერების ავარიებს შორის შეიძლება დავასახელოთ: საბერძნეთისა და იუგოსლავიის გემების შეჯახება ბოსფორის სრუტეში 1960 წლის დეკემბერში, ჩაიღვარა 18000 ტ ნავთობი; საბჭოთა ტანკერის დაზიანება ბოსფორის სრუტეში 1977 წლის ოქტომბერში, ჩაიღვარა 20000 ტ ნავთობი; რუმინეთისა და საბერძნეთის ტანკერების შეჯახება ბოსფორის სრუტეში 1979 წლის ნოემბერში, ჩაიღვარა 64000 ტ ნავთობი; ქ. ნოვოროსიისკთან მომხდარი ავარიული ჩაღვრა ტერმინალის დაზიანების გამო 1999 წლის ნოემბერში, ჩაიღვარა 39 ტ ნავთობი; შტორმის შედეგად ქერჩის სრუტეში მომხდარი გემების ავარია 2007 წლის 10-11 ნოემბერს, ზღვაში ჩაიღვარა 2000 ტ-ზე მეტი მაზუთი, ჩაიძირა და დაზიანდა მრავალი გემი, ხოლო ჩაძირულ ხომალდებზე იმყოფებოდა 7000 ტ გოგირდი [5].



ნახ.1. ავარიული ჩაღვრები ტანკერებიდან (7 ტ-ზე მეტი) ევროპის ზღვებში 1990-2006 წწ.-ში [6].

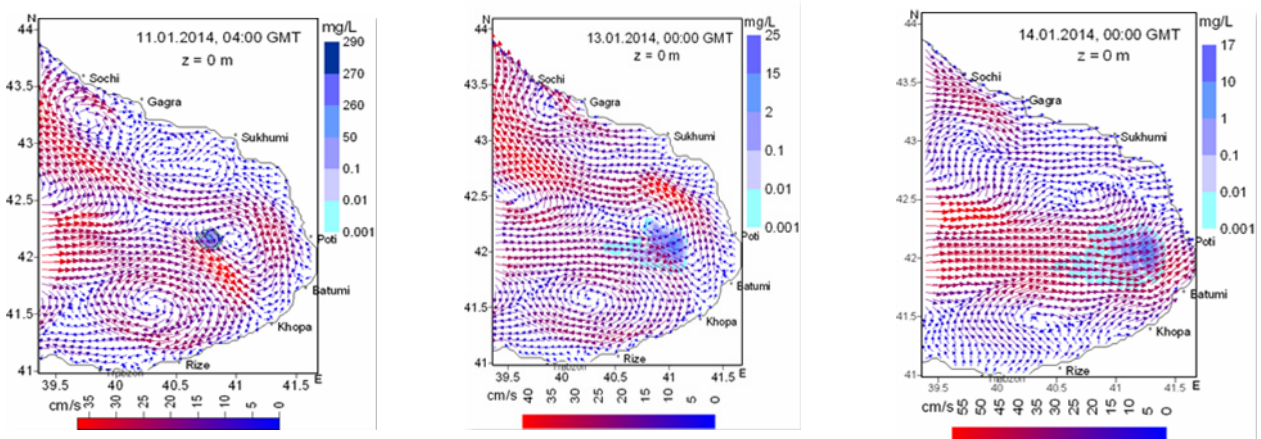
ევროპის გარემოს სააგენტოს მონაცემებით, ევროპის ზღვებში (ბალტიის, ხმელთაშუა და შავი ზღვები) 1990-2006 წწ.-ში ტანკერებიდან ავარიული ჩაღვრები საგრძნობლად შემცირდა (ნახ.1) [6].



ნახ. 2. გემის მოძრაობის ტრაექტორიის გასწვრივ ნავთობის ჩაღვრის კვალი თანამგზავიდან მიღებულ რადიოლოკაციურ გამოსახულებაზე.

ამჟამად, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ზღვებისა და ოკეანეების ეკოლოგიური მონიტორინგს, რომლის საფუძველია დანამედროვე ოპერატიული თანამგზავრული რადიოლოკაცია. იგი საშუალებას იძლევა განხორციელდეს დაჭუჭყიანების არეების იდენტიფიცირება მაღალი გარჩევისუნარიანობით დიდ ფართობზე ნებისმიერი ამინდის პირობებში. შავი ზღვის აკვატორიის თანამგზავრული დაკვირვებების შედეგად 2009-2011 წწ.-ში გამოვლინდა ზღვის ზედაპირის ნავთობით დაჭუჭყიანების 600-ზე მეტი შემთხვევა გემების მიერ განხორციელებული არასანქცირებული ჩაღვრების შედეგად. რადიოლოკაციურ გამოსახულებებზე ნავთობის აფსკები ზედაპირზე მუქი ტონით ჩანს. ნახ. 2-ზე კარგად ჩანს გემის ტრაექტორიის გასწვრივ ნავთობის ჩაღვრის კვალი თანამგზავრული გამოსახულებიდან.

ზღვის ზედაპირზე დაღვრილი ნავთობის აფსკის გავრცელების მოდელირებისა და პროგნოზისადმი მიძღვნილია მთელი რიგი მათემატიკური მოდელებისა, რომლებიც ეფუძნება ძირითადად ორ მიდგომას: ჰიდროდინამიკურ მოდელირებას გადატანა-დიფუზიის განტოლების საფუძველზე და სტატისტიკურ მოდელირებას ცალკეულ ინდივიდუალურ ნაწილაკთა მოძრაობის განსაზღვრით ლაგრანჟის მიდგომის საფუძველზე. ჩვენს მიერ შემუშავებული ნავთობის აფსკის გავრცელების მოდელი დაფუძნებულია გადატანა-დიფუზიის ორგანზომილებიანი განტოლების ამოხსნაზე, რომელიც შეწყვილებულია ზღვის დინამიკის მოდელთან [7, 8]. ილუსტრაციის მიზნით ნახ. 3-ზე ნაჩვენებია ნავთობის აფსკის გავრცელება ერთ-ერთ გამოთვლით ექსპერიმენტში, როცა ნავთობის ჰიპოთეტური ჩაღვრა ხდებოდა საქართველოს ნაპირებიდან დაახლოებით 70-80 კმ-ზე 20 ტ ნავთობის რაოდენობით 4 სთ-ის განმავლობაში.



ნახ. 3. მოდელირებული ზედაპირული დინება და ნავთობის ლაქის გავრცელება ნახაზზე მითითებულ დროის მომენტებში. პროგნოზული ინტერვალია: 11-14 იანვარი, 2014 წ.

ბოლო 2 ათეულ წელიწადში ძალზედ აქტუალური გახდა აგრეთვე მსოფლიო ოკეანის დაჭუჭყიანება მყარი ნარჩენებით (Marine litter), რაც ძალზედ უარყოფითად აისახება ზღვების ეკოსისტემაზე [9]. ზღვებისა და ოკეანეების დაბინძურება მყარი ნარჩენებით, რომელთა მნიშვნელოვანი ნაწილი პლასტმასური მასალებია, არის უდიდესი საფრთხე, რაც კაცობრიობას უქადის მომავალში. გამოკვლევები აჩვენებს, რომ სანაპირო აკვატორიების ფსკერი ხშირ შემთხვევაში სავსეა საყოფაცხოვრებო ნაგავით – ბოთლებით, ბანკებით, პოლიეთილენის პარკებით, სხვადასხვა პლასტიკური ნარჩენებით. ამ სახის დანაგვიანების წყაროა გემებიდან ზღვაში ჩაყრილი ნაგავი, პლაჟებზე ადამიანთა უპასუხისმგებლობითა და დაუდევრობით დარჩენილი საგნები, მდინარეების ნაპირებთან მყარი ნარჩენების ნაგავსაყრელები, რომლებიც წყალდიდობების დროს მდინარეებს ზღვაში ჩააქვთ. გამოკვლევები აჩვენებს, რომ ნაგავის 80% არის პლასტმასა. პოლიეთილენის პარკებს ჭამენ ზღვის ცხოველები, რაც ხშირად მათი დაღუპვის მიზეზი ხდება.

გამოკვლევების შედეგად აღმოჩენილია საზღვაო ნაგავის დიდი გროვები წყნარი ოკეანის ჩრდილოეთ ნაწილში. მიახლოებითი შეფასებებით ფართობი ამ ნაგვის კონტინენტისა შეად-

გენს 700 000 -დან 1,5 მილიონ კვ.კმ-ს, სადაც თავმოყრილია 100 მილიონ ტონაზე მეტი ნაგავი. ამჟამად, მუშავდება სხვადასხვა პროექტები, რომელთა მიზანია ოკეანის ზედაპირის განმენდა დანაგვიანებისაგან. პუბლიკაციების მნიშვნელოვანი რაოდენობა მიძღვნილია მყარი ნარჩენების გავრცელების მათემატიკური მოდელირებისადმი (მაგ., [10]).

## ლიტერატურა

1. Губанов Е.П., Иевлева М.Н. Нефтяное загрязнение Черного моря и его влияние на экосистему. // 2006, 16 с. <http://www.ceemar.org/dspace/bitstream/11099/1132/1/article-13.pdf>.
2. Лебедев С. А. Оценка фонового загрязнения нефтепродуктами Черного и Каспийского морей с использованием данных дистанционного зондирования и модельных расчетов. // 2009, 21с. [http://www.mkgtu.ru/docs/KONF\\_SEM/lebedev.pdf](http://www.mkgtu.ru/docs/KONF_SEM/lebedev.pdf).
3. Митягина М.И., Лаврова О.Ю., Бочарова Т.Ю. Спутниковый мониторинг нефтяных загрязнений морской поверхности. // Современные проблемы дистанционного зондирования из космоса, т.12, №5, 2015, с. 130-149.
4. Перри А.Х., Уокер Дж. М. Система океан-атмосфера. //Ленинград, Гидрометеиздат, 1979, 195 с.
5. Oil spill accident in the Kerch Strait in November 2007. // Edited by A. Korshenko, Y. Ilyin, V. Velikova. Black Sea commission publications. Moscow, Nauka, 2011, 288 p.
6. Accidental oil spills from marine shipping. // European Environmental Agency. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/en15-accidental-oil-spills-from-1>
7. Кордзадзе А.А., Деметрашвили Д.И. Прогноз циркуляционных процессов и распространения нефтяного загрязнения в восточной части Черного моря на основе региональной комплексной модели. // Морской гидрофизический журнал, № 1, 2015, с. 3-15.
8. კორძაძე ა., დემეტრაშვილი დ. შავი ზღვის ოკეანოგრაფია ნარსულში და თანამედროვე ეტაპზე. // ივ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2017, 187 გვ.
9. Откуда берется мусор в океане и как с ним бороться. // <https://vtorothody.ru/musor/v-okeane.html>
10. Neumann D., Callies U., Matthies M. Marine litter ensemble transport simulation in the southern North Sea. // Marine Pollution Bulletin, 86, 2014, pp. 219-228.

## POLLUTION OF THE WORLD OCEAN (WITH FOCUSING ON THE BLACK SEA) BY OIL PRODUCTS AND MARINE LITTER. MONITORING AND FORECASTING

**Demetrashvili D., Kvaratskhelia D.**

**Summary:** *A brief overview of the current state of the world ocean pollution by oil products and marine litter, their monitoring and forecasting issues are presented. Certain attention is paid to the modern state of the Black Sea pollution and the mathematical modeling of oil spillages. It is noted that pollution of the seas and oceans by marine debris, most of which is plastics, is a huge danger to humanity in the future.*

**Key words:** *satellite radar, oil slick, mathematical model, Black Sea.*