

საქართველოს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტრო
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

რომანი ცეცხლაძე

**საქართველოს საზღვაო აკვატორიაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების
ჩაღვრის სალიკვიდაციო მეთოდოლოგიის დამუშავება**

ტრანსპორტის დარგში (0407) ინჟინერიის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დისერტაცია

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტ.მ.დ., პროფესორ-ემირიტუსი
რანი ჭაბუკიანი

სამეცნიერო კონსულტანტი: ასოცირებული პროფესორი
ჯუმბერი ჩოგოვაძე

ქუთაისი 2015

დისერტაციის შინაარსი

შესავალი

თავი 1. ლიტერატურული მიმოხილვა ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების

უსაფრთხო ტრანსპორტირების პრობლემების შესახებ-----	7
1.1. მოკლე ცნობები ქვეყნის ეკონომიკაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მნიშვნელობის შესახებ-----	7
1.2. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ქიმიური თვისებები-----	12
1.3. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ფიზიკო-მექანიკური თვისებები -----	17
1.4. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირების თანამედროვე საშუალებები-----	24
1.5. საქართველოს საზღვაო აკვატორიის მოკლე დახასიათება-----	30
1.5.1. ბათუმის პორტი -----	30
1.5.2. ფოთის პორტი-----	32
1.5.3. პორტი სუფსა-----	33
1.5.4. პორტი ყულევი -----	34
1.5.5. აფხაზეთის პორტები -----	35
1.6. შავი ზღვის კლიმატი -----	36
1.7. ჰიდროლოგია, ჰიდროქიმია და წყლების დინამიკა -----	40
1.8. ნავთობპროდუქტების ლაქას დრეიფის შეფასება -----	47

თავი 2. შავი ზღვა, როგორც ნავთობითა და ნავთობპროდუქტებით

დაბინძურების ობიექტი -----	49
2.1. შავი ზღვის ნავთობით დაბინძურების წყაროები -----	49
2.2. შავი ზღვის დაბინძურების დონის შეფასების მოკლე მიმოხილვა -----	54
2.3. საქართველოს აკვატორიაში ნავთობპროდუქტების გადაადგილების სისტემის ანალიზი-----	61

თავი 3. ნავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრებისას განშლის თეორიული და

ექსპერიმენტული გამოკვლევა-----	69
3.1. ზოგადი მითითებები-----	69
3.2. ექსპერიმენტული კვლევები-----	71

3.2.1. ექსპერიმენტების პირველი ეტაპი-----	71
3.2.2. ექსპერიმენტების მეორე ეტაპი-----	75
3.2.3. ექსპერიმენტების მესამე ეტაპი -----	79
3.3. სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა ნავთობპროდუქტის განშლის პროცესზე -----	83
3.4. ნავთობის ლაქას პარამეტრების განსაზღვრა განშლის პროცესში-----	86
თავი 4. საქართველოს აკვატორიაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრების თავიდან აცილებისა და ლიკვიდაციის ლონისძიებები -----	101
4.1. რისკის არსი და საზღვაო ტრანსპორტზე ავარიული ჩაღვრების საშიშროება-----	101
4.2. გემების ავარიების სტატისტიკა -----	103
4.3. ტანკერების ფლოტის ავარიების სტატისტიკა-----	106
4.4. ნავთობის გავრცელების თავისებურებები წყლის ზედაპირზე-----	109
4.5. წყლის ზედაპირების ნავთობით დაბინძურების მონიტორინგი-----	111
4.6. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრების სალიკვიდაციო ძალების და ბონური ღობურების ზომების განსაზღვრა---	116
4.7. ჩაღვრების თავიდან აცილებისა და ლიკვიდაციის ანალიზის საერთაშორისო მონიტორინგი -----	121
4.8. “ძებნა-გადარჩენის“ საჭირო საშუალებები და შესაძლებლობები -----	124
თავი 5. ჩატარებული კვლევების ტოქსიკოლოგიური და ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება-----	125
5.1. ნავთობის ჩაღვრების ეკოლოგიურ-ტოქსიკოლოგიური პარამეტრები-----	125
5.2. ნავთობის გავლენა ფრინველებსა და მცენარეებზე-----	125
5.3. ეკოსისტემის რეაქცია გარეგან ზემოქმედებაზე-----	130
5.4. ეკონომიკური ფაქტორების გათვალისწინებით ნავთობჩაღვრებისას რისკების შეფასების მეთოდოლოგიის დამუშავება-----	132
5.4.1. ზარალის შეფასება-----	132
5.4.2. რისკების შეფასების მეთოდიკა -----	140

ძირითადი დასკვნები -----	144
ლიტერატურა -----	146
დანართები -----	154

შესავალი

სხვადასხვა ქვეყნებში ნედლი ნავთობის ყოველდღიური მოპოვება და მარაგები გადანაწილებულია არათანაბრად, რაც იწვევს მათი ერთი ქვეყნიდან მეორეში ტრანსპორტირების აუცილებლობას. ბევრი ქვეყანა, რომელსაც აქვს შავ ზღვაზე გასასვლელი, აწარმოებს სხვადასხვა მასალების და ნივთიერებების საზღვაო ჩამარხვებს, კერძოდ: პორტების წყლის სიმაღლის გაზრდის მიზნით ამოღებული გრუნტის, ჭაბურღვილის წიდეების, მრეწველობის ნარჩენების, სამშენებლო ნაგვის, მყარი ნარჩენების, ასაფეთქებელი და ქიმიური ნივთიერებების, რადიაციული ნარჩენების და სხვათა დამარხვას.

შავ ზღვაში ნავთობპროდუქტების ჭარბი რაოდენობის გამო გადაშენების ზღვარზეა 160-მდე სახეობის ფაუნა, ანუ შავი ზღვის დაბინძურების გამო თევზჭერა უკანასკნელი წლების განმავლობაში შემცირდა 5-ჯერ.

შავი ზღვის გარემოს ყოველმხრივმა შესწავლამ გვიჩვენა, რომ მისი სიცოცხლისუნარიანობა თანდათანობით მცირდება. პირველ რიგში ზღვის ფლორისა და ფაუნის გაღარიბების გამო, წყლის ქიმიური შემადგენლობის და დაბინძურების მიზეზებით ზღვა სიკვდილის წინა მდგომარეობაშია.

„ზღვის წითელი წიგნის“ მონაცემებით მსოფლიოს საშიშ რეგიონებს შორის, დამაბინძურებელი ნარჩენების სხვადასხვა რაოდენობისა და ნაირსახეობის მიხედვით, შავი ზღვა იკავებს ერთ-ერთ პირველ ადგილს, ხოლო წყლის სივრცის ნავთობპროდუქტებით დანაგვიანების მიხედვით წამყვან ადგილზეა.

როგორც ცნობილია, მსოფლიოს შელფებზე ამოღებული ნავთობი გადაიზიდება ტანკერების ფლოტით, რომელმაც გასული საუკუნის ბოლოს შეადგინა 1,5 მილიარდი ტ/წელიწადში. ლოგიკურია, რომ ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებას თან ახლავს ავარიები, რომლებიც მიუხედავად შესამჩნევი შემცირებისა წყლის მასის დაბინძურების ეკოლოგიური დონე ჯერ კიდევ რჩება პრობლემური.

ნათქვამიდან გამომდინარე, უეჭველია, რომ ნავთობის მოპოვების მასშტაბების გაზრდა, გადაზიდვების ინტენსივობა, ახალი სატრანსპორტო დერეფნების მშენებლობა და ა.შ. მიგვიყვანს ავარიული სიტუაციების რისკების გადიდებასთან. შესაბამისად

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა რჩება უმნიშვნელოვანეს პირველხარისხოვან ამოცანად.

ამ ამოცანის წარმატებით გადაწყვეტისათვის საჭიროა დამუშავდეს და რეალიზებული იქნას რიგი მეთოდები და სისტემები, რომლებიც შეძლებენ შეასრულონ შემდეგი ფუნქციები: ავარიების პროგნოზირება, ობიექტებისა და ადამიანების უსაფრთხოების ტექნიკის უზრუნველყოფა (დაცვის სისტემა), გარემოს მონიტორინგი, ინფორმაციის შეტყობინების ოპერატიული სამსახური, ავარიებზე დაუყოვნებლივი რეაგირება და მრავალი სხვა.

საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდეგ და მისი შემადგენლობიდან ბალტიისპირეთის, აღმოსავლეთ ევროპის და ამიერკავკასიის ქვეყნების გასვლის შედეგად რუსეთმა დაკარგა დასავლეთ ევროპაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისათვის საჭირო მნიშვნელოვანი სტრატეგიული ნავთობჩასახმელი კომპლექსები. შესაბამისად, სულ უფრო იზრდება ჩვენი ქვეყნის პასუხისმგებლობა შესაბამისი სტრუქტურების გამართული მუშაობის უზრუნველსაყოფად, რათა მიღწეული იქნას მაქსიმალური ეკოლოგიური უსაფრთხოება ნავთობის, ნავთობპროდუქტების და სხვა ენერგომატარებლების ტრანსპორტირებისას.

საქართველოს, როგორც „დიდი აბრეშუმის გზის“ საკვანძო ქვეყნის ტერიტორიაზე გადის ყველა სახის ტრანსპორტი: საზღვაო, სამდინარო, სარკინიგზო, საავტომობილო, საჰაერო და მილსადენური. საქართველოს შესაბამის სატრანსპორტო სისტემებს გააჩნიათ შესაძლებლობა მიიღონ 160 ათას ტონიანი ტანკერები ენერგომატარებლებით დატვირთვისა და ტრანსპორტირებისათვის, რომლებიც მიეწოდება აზერბაიჯანიდან, თურქმენეთიდან და ყაზახეთიდან.

ამრიგად, სადისერტაციო თემა ეხება ავარიების შედეგად ზღვაში ჩაღვრილი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ან დაბინძურების სხვა შემთხვევების წინააღმდეგ ბრძოლის სისტემების სრულყოფის მეთოდების დამუშავებას. იგი ეყრდნობა მოცემული რეგიონის ან კერძოდ საქართველოს საზღვაო პერიმეტრზე ბუნებრივ საწარმოო და სამეურნეო პირობების გათვალისწინებით მიღებული დაკვირვებების შედეგებს, რის გამოც სადისერტაციო ნაშრომის თემის აქტუალობა ეჭვს არ იწვევს.

თავი 1. ლიტერატურული მიმოხილვა ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების უსაფრთხო ტრანსპორტირების პრობლემების შესახებ.

1.1. მოკლე ცნობები ქვეყნის ეკონომიკაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მნიშვნელობის შესახებ.

ცნობილია, რომ ნავთობი დღეისათვის იკავებს წამყვან ადგილს მსოფლიოს საწვავ-ენერგეტიკულ მეურნეობაში. მისი წილი საერთოდ მსოფლიოს ენერგოპროდუქტების მოხმარებაში საკმარისად მაღალია. მსოფლიო ენერგეტიკის 2014 წლის სტატისტიკური მაჩვენებლის მიხედვით (Statistical Review of World Energy 2014) ნედლი ნავთობის ყოველწლიური მოპოვება ნაჩვენებია ცხრილში 1.1. 2013 წელს ნავთობის მოპოვებამ ქვეყნების მიხედვით შეადგინა: საუდის არაბეთში - 11,525 მლნ. ტ.; რუსეთში - 10,788 მილ. აშშ-ში-10,003 მლნ ბარელი დღეში (ან შესაბამისად 542,3 მილ.; 531,4 მილ და 446,2 მილ. ტ. წელიწადში).

დღეისათვის ნავთობი წარმოადგენს ძირითად საწვავს - ყველა განვითარებული ქვეყნის ეკონომიკაში. გერმანული ფირმის („Munerael Wirt – Schaftsverband“ - „MWV“ მონაცემებით ნავთობის მსოფლიო მარაგი 2010 წლისათვის 2001-თან შედარებით გაიზარდა 140 მილიარდ ტ-დან 165 მილიარდ ტონამდე.

ნავთობზე ფასების მნიშვნელოვანმა ზრდამ პარალელურად განაპირობა მძიმე ნავთობის გადამუშავების ტექნოლოგიის შექმნის აუცილებლობა, რომელსაც შეიცავს ბითუმიზირებული ქვიშაქვები და ფიქალები, რამაც გაზარდა ნავთობის მსოფლიო მარაგი 15%-ით. ამ ტექნოლოგიის ავტორია კანადა, რის გამოც ის მოხვდა 10 ყველაზე მდიდარი ქვეყნების სიაში და დაიკავა მე-2 ადგილი ნავთობის მოპოვებაში. სხვათა შორის მან შეავიწროვა ამ მხრივ ისეთი ქვეყანა, როგორცაა ერაყი. ნავთობის მარაგის მიხედვით წამყვანი ქვეყნის პოზიცია შეინარჩუნა საუდის არაბეთმა, რომლის წილი მსოფლიო ბაზარზე შეადგენს 20%-ს.

მსოფლიოს ქვეყნებში ნედლი ნავთობის ყოველწლიური მოპოვება.

ცხრილი 1.1.

№	ქვეყანა	მოპოვება (ბარელი/დღ.)	თარი ღი	მოპოვება ბარელი/დღ	მოპოვება ტ/წელ.
1	2	3	4	5	6
0	მსოფლიო	89 080 000	2012	32 514 200 000	44 34 936 880
0	ევროკავშირი	1 578 000	2012	575 970 000	78 562 308
1	საუდის არაბეთი	11 525 000	2013	4 220 660 000	5 422 340 000
2	რუსეთი	10 788 000	2013	3 937 600 000	531 431 000
3	აშშ	10 003 000	2013	3 651 100 000	446 231 000
4	ჩინეთი	4 197 000	2013	1 531 905 000	208 951 842
5	კანადა	3 856 000	2013	1 407 440 000	191 974 811
6	ირანი	3 594 000	2012	1 311 810 000	178 430 884
7	არაბთა გაერთი. ემირატ.	213 001	2012	1 172 745 000	159 962 418
8	ერაყი	2 979 000	2013	1 087 335 000	148 312 494
9	მექსიკა	2 936 000	2012	1 071 640 000	146 171 606
10	კუვეიტი	2 797 000	2012	1 020 905 000	139 251 947
11	ბრაზილია	2 652 000	2012	967 980 000	132 032 472
12	ნიგერია	252 4000	2012	921 260 000	125 659 864
13	ვენესუელა	2 489 000	2012	9 088 485 000	123 917 354
14	ნორვეგია	1 902 000	2012	694 230 000	94 692 972
15	ყაზახეთი	1 606 000	2012	586 190 000	79 956 316
16	კატარი	1 579 000	2012	576 335 000	78 612 094
17	ინდოეთი	990 200	2012	361 423 000	49 298 047
18	აზერბაიჯანი	9 319 000	2013	340 143 000	46 395 578
19	დიდი ბრიტანეთი	778 000	2012	281 707 000	38 429 835
20	იტალია	112 000	2012	40 880 000	5 576 032
21	საქართველო	980	2012	357 700	48 790

P.S. 1 ბარელი ნავთობი = 158,988 ლმ³.

ფუნქციონირებს ნავთობმწარმოებელი ქვეყნების საექსპორტო კომისია (OPEC), რომელშიაც კანადა და რუსეთი არ შედიან, ეს მაშინ როცა რუსეთის ნავთობი სხვადასხვა წყაროებით შეადგენს 8-13 მილიარდ ტონას. OPEC-ა კონტროლს უწევს ნავთობის გლობალურ მარაგებს კანადის ნავთობის გამოკლებით. ბოლო წლებში იგი შემცირდა 80%-დან 68%-მდე. მიუხედავად ამისა, ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნების წილი მსოფლიო მარაგში ჯერ კიდევ 60%-ია. ამ დროს აშშ-მ შეძლო გაეზარდა ნავთობის მოპოვება და მისმა წილმა მსოფლიო მარაგის 26% შეადგინა. რაც შეეხება დასავლეთ ევროპის ქვეყნებს, მათი წილი შეადგენს 2%-ს, ხოლო კონკრეტულად გერმანიის მარაგი შეადგენს 47 მილ.ტონას.

2000 წლისათვის 10 ძირითადი ნავთობმწარმოებელ ქვეყნებში ნავთობის მარაგი (მილიარდ ტ-ში), „MWN“-ის მონაცემებით ასეთი იყო (%): საუდის არაბეთი-35,4; კანადა-24,2; ერაყი-15,1; კუვეიტი-13; არაბთა გაერთიანებული ემირატები-12,9; ირანი-12,3; ვენესუელა-10,9; რუსეთი-8,2; ლიბანი-3,9; ნიგერია-3,3.

ნავთობის ექსპორტის მოცულობის მიხედვით (ცხრ. 1.2) პირველ ადგილზეა საუდის არაბეთი. შესყიდვებში მისი პარტნიორებია დიდი ბრიტანეთი, შვედეთი, ირლანდია, ფინეთი, შვეიცარია, იტალია, ჩინეთი, ნიდერლანდები და რუსეთი. 2012 წ. საუდის არაბეთის, რუსეთისა და ნიგერიის წილმა ჯამში შეადგინა ნავთობის ექსპორტის 37%. [98]

2000 წლიდან დაწყებული რუსეთიდან ნავთობის ექსპორტი დასავლეთ ევროპაში და პოსტკომუნისტურ ქვეყნებში მკვეთრად დაეცა, რადგან მისი ნაწილი საერთაშორისო ბაზარზე გავიდა საქართველოს გავლით. 2000 წლამდე რუსეთის უმსხვილესი ნავთობკომპანიების მიერ წარმოებული პროდუქცია შეადგენდა: პირდაპირი გამოხდით მიღებული ბენზინი -5,9%; დიზელის საწვავი -49,8%; ნავთი-1,5%; ზეთი-0,6%; მაზუთი-38,4% და დანარჩენი-0,2%. უახლოეს პერიოდში ნავთობგადაზიდვების წლიური მოცულობა შავ ზღვაზე შეიძლება გაიზარდოს 220-250 მილ. ტ-მდე. მათ შორის: უკრაინიდან - 50 მილ. ტ-მდე; ბულგარეთიდან - 25 მილ. ტ-მდე; თურქეთიდან - 35 მილ.ტ-მდე; საქართველოდან - 30 მილ. ტ-მდე; რუსეთიდან - 60 მილ.ტ-მდე.

ნავთობის ექსპორტის მოცულობა მილ. ტონებში

ცხრილი 1.2.

№	ქვეყნები	2011	2012	2012, წილი %-ში
1	საუდის არაბეთი	333	371	18,7
2	რუსეთი	246	239	12,0
3	ნიგერია	129	124	6,2
4	ერაყი	94	119	6,0
5	არაბთა გაერთიანებული ემირატები	105	118	5,9
6	კუვეიტი	-	103	5,2
7	ვენესუელა	87	93	4,7
8	კანადა	-	90	4,5
9	ანგოლა	84	84	4,2
10	მექსიკა	71	66	3,3
11	ირანი	126	-	-
12	ნორვეგია	78	-	-
13	სხვადასხვა	609	-	-
	სულ	1962	1985	100%

კასპიის, შავი და ხმელთაშუა ზღვების მიმართულებით აქტიურად გამოიყენება ბათუმის, ფოთის და ყულევის ნავსადგურები.

ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანი (БТД) ნავთობსადენის დანიშნულება, კასპიის ნავთობის თურქეთის პორტ ჯეიჰანში ტრანსპორტირება, რომელიც ხმელთაშუა ზღვაზე მდებარეობს. ამ ხაზის ამოქმედებამ ხელი შეუწყო 2013 წელს ნავთობის გადაზიდვას 2227 ტანკერით, ანუ ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის მილსადენმა მსოფლიო ბაზარზე მიაწოდა 229 მილ. ტ. ნავთობი.

გარდა ნავთობსადენებისა, საქართველოდან ნავთობი გადის ტანკერებითაც. ამ მხრივ უმსხვილესი საზღვაო ტერმინალია ბათუმში, რომლის გამტარუნარიანობა შეადგენს 300 000 ბარელ ნავთობსა და ნავთობპროდუქტებს დღეღამეში. 2007 წ.

ბათუმიდან გადაიტვირთა 190 000 ბარელი ნახშირწყალბადი დღელამეში, მათ შორის 132 000 ბარელი ნავთობი იყო. ბათუმის ნავთობის ტერმინალს შეუძლია წელიწადში გაატაროს 15 მილ. ტ. ნავთობი და ნავთობპროდუქტები.

ბათუმის ნავსადგური არის სატრანსპორტო კვანძი, რომელიც აკავშირებს საავტომობილო, საზღვაო, სამდინარო, სარკინიგზო, საჰაერო, მილსადენური ტრანსპორტის სახეებს. მას შეუძლია მიიღოს 140 000 ტონიანი ტანკერები ნავთობის დასატვირთად, რომლებიც ბათუმში შემოდის აზერბაიჯანიდან და ნაწილდება მთელს მსოფლიოში.

ნავთობის მცირე მოცულობები ამ რეგიონში მიიღება ყაზახეთიდან და თურქმენეთიდან. ბათუმის პორტის ტვირთბრუნვა არსებითად გაიზარდა უკანასკნელ ათწლეულებში და ეს ტენდენცია გრძელდება, რადგან ამ ტვირთების 80 - 90% ნედლი ნავთობი და ნავთობპროდუქტებია.

2007 წ. აზერბაიჯანის სახელმწიფო სანავთობო კომპანიამ (ГНКАР) ექსპლუატაციაში გაუშვა სრულიად ახალი ტერმინალი საქართველოში ყულევი, გამტარუნარიანობით 200 000 ბარელი დღელამეში, ღირებულებით 300 მილ. აშშ დოლარი.

ახალი პორტი მდებარეობს საქართველოს შავი ზღვის პერიმეტრზე 10 კმ-ის დაშორებით ფოთის ნავსადგურიდან. მას შეუძლია მიიღოს სუპერტანკერები წყალწყვით 160 000 ტ-მდე. ამჟამად ყულევის გამტარუნარიანობა შეადგენს 200 000 ბარელს დღე-ღამეში, თუმცა მოკლე დროში ეს მაჩვენებელი გაიზარდება 400-700 ათას ბარელამდე დღელამეში. ამ ტერმინალიდან იტვირთება ნავთობი, დიზელის საწვავი, მაზუთი, რომლებიც შემოდის პორტში რკინიგზით აზერბაიჯანიდან, თურქმენეთიდან და ყაზახეთიდან.

აზერბაიჯანის სახელმწიფო ნავთობკომპანიის (SOKAR) მიერ სუფსის ნავსადგურის საშუალებით რეალიზებული ნავთობი 2013 წ. 0,6%-ით გაიზარდა 2012 წელთან შედარებით - 2,72 მილ.ტ-მდე როგორც კომპანია იტყობინება 2013 წ. დეკემბერში სუფსის გავლით მოხდა 242,22 ათასი ტ. ნავთობის ექსპორტი. დღეისათვის БТД-ს მილსადენით იტვირთება ნავთობი აზერი-ჩირაგი-გიუნეშლის

ნავთობსაბადოდან, კასპიის ზღვის აზერბაიჯანის სექტორის გაზკონდენსატური შახ-დენზის საბადოდან და თურქმენეთის ნავთობი.

მიუხედავად ამ ბოლო ხანებში გამკაცრებული უსაფრთხოების მოთხოვნებისა, ნავთობის გადაზიდვები რჩება გარემოს დაბინძურების დამლუპველ საშუალებად. გარემოს საერთაშორისო ეკოლოგიური დაცვის ორგანიზაციები თვლიან, რომ ის ღონისძიებები, რაც დღეს ტარდება არასაკმარისია. განსაკუთრებით საშიშია საზღვაო და სამდინარო ტანკერები. ამიტომ საჭიროა ამ ორგანიზაციებმა უზრუნველყონ მოძველებული ტანკერების გამოყვანა ექსპლუატაციიდან და მათი ჩამოწერა, ან კიდევ ნავთობპროდუქტებით დაბინძურების ლიკვიდაციის ზუსტი პროგრამების დანერგვა მსოფლიო მასშტაბით.

1.2. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ქიმიური თვისებები

ძველ ბერძენ ფილოსოფოს არისტოტელეს ეკუთვნის სიტყვები: "მხოლოდ მაშინ შეიძლება ჩაწვდეს საგნის არსს, როდესაც იცი მისი წარმოშობა და განვითარება". ეს გამონათქვამი სრულად შეიძლება გამოყენებული იყოს ნავთობის მიმართ.

XIX საუკუნის დამდეგს კამათი ნავთობის წარმოქმნის საკითხის ირგვლივ ძირითადად მიმართული იყო იმაზე, თუ რომელი საწყისი მასალისა ან ნედლეულსაგან წარმოიქმნა ნავთობი - მცენარეების თუ ცხოველების ნარჩენებისაგან [71];

ნავთობის არაორგანული წარმოშობის ჰიპოთეზა გულისხმობს, რომ ნავთობი მაღალი წნევისა და ტემპერატურების პირობებში წარმოიქმნა დედამიწის ქერქში ლითონთა კარბიდებისა და წყლის ორთლის ურთიერთქმედებით. შედეგად წარმოიქმნა მეთანი, ეთილენი, აცეტილენი, რომლებმაც ბუნებრივი რადიაციის მოქმედებით განიცდიან პოლიმერიზაციას და წარმოქმნიან ნავთობის უმაღლესი ნახშირწყალბადებს.

ნავთობის წარმოშობის არაორგანული ჰიპოთეზის ნაკლოვანებას წარმოადგენს ის ფაქტი, რომ ის ვერ ხსნის ნავთობსაბადოების გეოგრაფიულ და გეოლოგიურ განლაგებას.

უფრო თანამედროვე და გავრცელებულია ორგანული (ბიოგენური) წარმოშობის ჰიპოთეზა, რომლის თანახმად ნავთობი წარმოიქმნა ზღვებისა და ოკეანეების დანალექ ქანებში დაგროვილი მცენარეებისა და ცხოველების ნეშთისაგან (საპროპელი) [87]. კლასიკური ბიოგენური ჰიპოთეზით, ნავთობის წარმოქმნის პროცესის საწყის სტადიას წარმოადგენს უმდაბლესი ცხოველებისა და მცენარეების ნეშთის (პლანქტო- 32 ნი და ბენტოსი) ხრწნა, რის შედეგად მცენარეებისა და ცხოველების ნარჩენები იძირებიან ზღვებისა და ოკეანეების ფსკერზე და წარმოქმნიან შლამს. ამის შემდეგ იწყება ნავთობის წარმოქმნის ბიოქიმიური სტადია [71].

ამრიგად გავრცელებულია ჰიპოთეზა იმის შესახებ, რომ ნავთობი არის ორგანული ნივთიერებებისა და მთის ქანების დანალექის გარდაქმნის პროდუქტი, რომელიც სხვადასხვა ბუნებრივი პროცესების შედეგად შეიძლება ამოვიდეს მიწის ზედაპირზე ან გავრცელდეს წყალში. ამავე დროს ნავთობში ნახშირწყალბადების გამომუშავება ხდება ცოცხალ ორგანიზმებში მათი ცხოველქმედვის შედეგად. აქედან გამომდინარე ნავთობშენაერთებისა და ნახშირწყალბადების არსებობა გარემომცველ პირობებში ბუნებრივი პროცესია. ასე მაგალითად, შავი ზღვის აკვატორიაში, როგორც ყველა სხვა კონტინენტთაშორისო წყლის ობიექტებში, ადამიანის აქტიური სამეურნეო მოღვაწეობის დროს, ხშირად ვხვდებით ნავთობკომპონენტებს, რომლებიც ბევრად აღემატებიან მიღებულ ფონს და ახდენენ ნეგატიურ ზემოქმედებას გარემოს ეკოსისტემაზე მთლიანად.

ამრიგად, საჭიროა უფრო დეტალურად გავეცნოთ ნავთობის შემადგენლობას, რომელიც წარმოადგენს ყავის ან შავი ფერის სითხეს, ან კიდევ მომწვანო-ყვითელი ელვარებით.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მთავარი კომპონენტია ნახშირწყალბადები, რომლებიც შედგებიან მხოლოდ ნახშირბადისა და წყალბადის ატომებისაგან. მათი წილი შეიძლება იყოს 50%-დან 80%-მდე [68]. სულ ნავთობში იდენტიფიცირებულია 600-მდე ინდივიდუალური ნახშირწყალბადები, რომლებიც იყოფიან 4 კლასად: პარაფინი (ალკანი), ნაფტენი (ციკლოალკანი), არენი (არომატული ნახშირწყალბადები), ოლეფინი (ალკანი). მათი რაოდენობრივი თანაფარდობა დამოკიდებულია ნავთობის საბადოს მდებარეობაზე. ასე მაგალითად პენსილვანიის ნავთობში უფრო მეტია

პარაფინის ნახშირწყალბადები, ბაქოს ნავთობში ეს ნივთიერება ცოტაა, მაგრამ ეს უკანასკნელი მდიდარია ნაფტენებით, რომელთა წილი აღწევს 90%-ს. კალიმანტანში მოპოვებული ნავთობი მდიდარია არომატული ნახშირწყალბადებით (30%-მდე). საჭიროა აღინიშნოს, რომ სხვადასხვა კლასების ნახშირწყალბადების თანაფარდობას აქვს დიდი მნიშვნელობა როგორც სამომხმარებლო, აგრეთვე ბიოლოგიური ასპექტებით. მსგავსი შედეგები ასახულია ნელსონ-სმიტის შრომებში, სადაც ავტორი ეყრდნობა რა ექსპერიმენტებს ამტკიცებს, რომ არომატული შენაერთები უფრო ტოქსიკურია, ვიდრე პარაფინები და ა.შ. [69].

პარაფინები (ალკანები) - ესაა ზღვრული ნახშირწყალბადები, რომელთა მოლეკულები შეიცავენ მხოლოდ C-C და C-H ერთმან კავშირს. ზოგადი ფორმულა C_nH_{2n+2} . ალკანებს შეიძლება ქონდეთ პირდაპირი (n-ალკანები) და განშტოებული (იზოალკანები) ჯაჭვი, რომელიც შეიცავს ნახშირის 60-მდე ატომს. იზოალკანებიდან ყველაზე გავრცელებულია პრისტანი (C_{19}) და ფიტანი (C_{20}) [66].

ალკანები ნახშირბადის ჯაჭვის სიგრძეზე დამოკიდებულებით შეიძლება იყოს აირი, სითხე ან მყარი ნივთიერება. დაბალი პარაფინები მეთანიდან ბუტანამდე ($C_1 - C_4$), ოთახის ტემპერატურის პირობებში გაზია. ისინი შედიან ბუნებრივი აირის შემადგენლობაში და გახსნილია ნავთობში. ნახშირწყალბადი ($C_5 - C_{17}$) - სითხეა ბენზინის დამახასიათებელი სუნით, ხოლო უმაღლესი ნახშირწყალბადი - მყარი ნივთიერებაა. ალკანი-შედარებით ნაკლებად ტოქსიკური შენაერთია და ადვილად ემორჩილება ბიოქიმიურ დაშლას. თანაც, რაც უფრო გრძელია ნახშირბადის დატოტვა, მით უფრო ძნელია მისი დაშლა. წყალში ხსნადობა n-ალკანებისა $C_{12} - C_{36}$ ძალიან დაბალია - 0,008 - 0,0018 მგ/ლ. +20-25°C-იან წყალში ისინი იმყოფებიან ცალკეული მოლეკულების სახით ან რამდენიმე მოლეკულის აგრეგატად. ალკანების შემცველობა ნავთობში შეადგენს 15-55% [68].

ნაფტენები (ციკლოალკანები) - ითვლება ნავთობის ყველაზე გავრცელებულ ნახშირწყალბადების კლასად. ეს გაჯერებული ციკლოპერნატანის რიგის ციკლური ნახშირწყალბადებია, აგრეთვე უფრო რთული პოლიციკლური შენაერთებია 2-5 ციკლით მოლეკულაში. ზოგადი ქიმიური ფორმულაა - C_nH_{2n} . დღემდე ნავთობში გვხვდება მხოლოდ ნაფტენები რგოლებით, რომლებიც შეიცავენ 5-7-მდე ნახშირბადის ატომებს იმ

დროს, როცა თანამედროვე ცოცხალ ორგანიზმებში წარმოიშობა ციკლური სტრუქტურები, რომლებიც ამ ზღვრებს სცდებიან. ციკლოალკანების წყალბადის ატომები შეიძლება შეინაცვალოს ალკილური ჯგუფებით: - CH_3 , - C_2H_5 და ა.შ. ციკლოალკანები როგორც ფიზიკური, ასევე ქიმიური თვისებებით გვაგონებენ ჩვეულებრივ ნახშირწყალბადებს.

ნაფტენები შედის ყველა ტიპის ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების შემადგენლობაში, თანაც მათი შემცველობა იზრდება მძიმე ფრაქციებში და მცირდება უფრო მსუბუქ ფრაქციებში. ბენზინის და ნავთის ფრაქციებში აღმოჩენილია 80-ზე მეტი ინდივიდუალური ნაფტენი შემადგენლობით $C_5 - C_{12}$. ნავთობში უმეტესი რაოდენობით გვხვდება მეთილციკლოპექსანი, ციკლოპექსანი, მეთილციკლოპენტანი. ნავთობში ნაფტენების მასობრივი წილი შეადგენს 30-60%-ს.[68].

არენები (არომატული ნახშირწყალბადები) - არაზღვრული ციკლური ნაერთებია ბენზოლის რიგიდან. არომატულს უწოდებენ ნივთიერებებს, რომელთა შემადგენლობაში ბენზოლური რგოლები არსებობს. ისინი შედგება CH-ის 6 ჯგუფისაგან. ზოგადი ფორმულაა C_nH_{2n+6m} , სადაც $n \geq 6$ - ნახშირბადის ატომების რაოდენობაა მოლეკულაში, ხოლო m - ბენზოლის რგოლების რაოდენობა არომატულ ნაერთებში, რომლებიც შედის ნედლ ნავთობში, ატომების რაოდენობა იცვლება 6-დან 13-მდე.

ბენზოლის ჰომოლოგიური მწკრივის პირველი წევრები-უფერო სითხეებია სპეციფიკური სუნით. ისინი კარგად იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში, რომელთა როლში ხშირად თვითონ გამოდიან. თუმცა ბენზოლი, მისი ანალოგები და ჰომოლოგები მიეკუთვნება უჯერ ნახშირწყალბადებს, რომელთათვისაც დამახასიათებელია არა მიერთების რეაქციები, არამედ ბენზოლის რგოლის წყალბადის ატომების ჩანაცვლება ჰალოგენების ატომებად, ნიტროჯგუფად, სულფოჯგუფად, ნახშირწყალბადის რადიკალად. არომატულ ნაერთებს გააჩნიათ მდგრადი სტრუქტურა და უფრო ინერტიული არიან ქიმიური ჟანგვის მიმართ, ვიდრე ალკანები.

ნედლ ნავთობში არენების შემცველობა იცვლება ზღვრებში 5-55%, თუმცა ჩვეულებრივ არ აღემატება 15%-ს. მათ გააჩნიათ მძიმე ნავთობის ფრაქციებში დაგროვების ტენდენცია, ისეთებში როგორცაა გაზოილი, საზეთი ზეთები, მაზუთი,

სადაც მათი წილი ხშირად შეადგენს 50%-ს. ყველაზე გავრცელებული არომატული ნახშირწყალბადებია ტოლუოლი და მეტაკსილოლი [40; 41].

ნახევრადციკლური არომატული ნახშირწყალბადები (ПАУ)

მაღალმოლეკულური ორგანული შენაერთია, რომლის შემადგენლობაში შედიან 3-8 ბენზოლური რგოლი. ისევე როგორც ბენზოლში, წყალბადის ატომები შეიძლება იყოს ჩანაცვლებული ალკილური ჯგუფებით.

ოთახის ტემპერატურის პირობებში ПАУ წარმოადგენს კრისტალებს (ნაფტალინის გარეშე). ПАУ-ს ხსნადობა სუფთა წყალში მცირეა და მნიშვნელოვნად ვარირებს ერთი ნახშირწყალბადიდან მეორეში, მათი გახსნადობა ორგანულ გამხსნელში მცირდება მისი მოლეკულური წონის მომატებასთან ერთად და დამოკიდებულია მოლეკულაში კონდენსირებული ბენზოლის რგოლის ურთიერთგანლაგებაზე. პირონის ხსნადობა წყალში 100-ჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე 3,4 ბენზაპირონისა, რომელიც ПАУ-ს მწკრივში მინიმალურია და 0,11მკრ-ს შეადგენს. ზოგიერთი პოლიციკლური არომატული ნახშირწყალბადები ძლიერი კონცეროგენებია, რომელთა რიცხვშია 3,4 ბენზაპირონი, 3,4 ბენზფენანტრენი, 1,2,3,4 დიბენზფენანტრენი.

ПАУ-ს შემცველობა ნავთობში ხანტისა და ერემენკოს აზრით შეადგენს 1-4%, მათ რიცხვში ბენზაპირენი - $5 \cdot 10^{-5}$ - $2^{-4}\%$. ნავთობის ფრაქციებში ის იზრდება მძიმე გაზოილის \rightarrow შესაზეთი ზეთები \rightarrow ნავთობის ნარჩენები მწკრივში.

ოლეფინები (ალკენები) - უჯერი არაციკლური შენაერთია, შეიცავენ ნახშირბადის ატომებს შორის ორმაგ კავშირებს. საერთო ფორმულაა - C_nH_{2n} . ნორმალურ პირობებში ნახშირწყალბადები C_3 და C_4 - გაზებია, C_5 - C_{18} სითხეებია, უმაღლესი ოლეფინები - მყარი ნივთიერებები.

მათში არსებული ორმაგი კავშირები აიძულებენ ალკანებს შევიდეს მიერთების რეაქციებში. ფიზიკური თვისებებით ალკენები ახლოა ალკანებთან. ისინი ძალიან სუსტად იხსნებიან წყალში, მაგრამ კარგად იხსნებიან ზოგიერთ არაპოლარულ ორგანულ სითხეებში, როგორებიცაა ალკანები (ბენზინი), ბენზოლი, ქლოროფორმი და სხვა. მოლეკულური მასის ზრდისას მონოტონურად იზრდება მათი დუდილისა და დნობის ტემპერატურა.

ალკენები წარმოადგენენ ყველაზე გავრცელებულ ნახშირწყალბადებს ცოცხალ ორგანიზმებში. ნედლე ნავთობში ისინი თითქმის არ არის, რადგან ხდება მათი სწრაფი აღდგენა ან კი პოლიმერიზაცია ალკანების წარმოქმნით ნალექწარმოქმნის ადრეულ სტადიაზე. თუმცა ალკენები ითვლება ნავთობის კრეკინგის ძირითად პროდუქტად და საწყის მასალად ნავთობქიმიისათვის.

ნავთობის ასფალტური კომპონენტები წარმოქმნიან არანახშირწყალბადის ბუნების ცალკეული ჯგუფის შენაერთებს, რომელთა მოლეკულები შეიცავს ე.წ. გეტეროატომებს - ჟანგბადს, გოგირდს და აზოტს. უმრავლეს შემთხვევაში ეს კომპონენტები გვხვდება ნავთობის ნებისმიერ ფრაქციაში, თუმცა ყველაზე დიდი რაოდენობით ისინი კონცენტრირებულია ნავთობის ნალექში. მწკრივში ზეთები → ფისები → ასფალტენები ერთდროულად მოლეკულური წონის მომატებასთან ერთად მიმდინარეობს ჟანგბადის, აზოტისა და გოგირდის შემცველობის გაზრდა, აგრეთვე ისეთი მძიმე ლითონების, როგორებიცაა ვანადიუმი, ნიკელი, კობალტი, რომლებიც წარმოქმნიან მსხვილ მოლეკულებთან კომპლექსებს.

ჟანგბადის ნაერთები შეიცავენ ნაფთენ მჟავებს, ფენოლებს, ეთერებს და ფისოვან-ასფალტენურ ნივთიერებებს. ნაფთენმჟავები არის ნაერთი, რომელიც ერთდროულად შედის ნეფტენური ციკლი და კარბოქსილური (მჟავური) ჯგუფი. ფენოლები და ეთერები ნავთობში გვხვდებიან ძალიან მცირე რაოდენობით. პირველი შედგება არომატული ციკლისაგან, რომელთანაც მიერთებულია ჰიდროქსელური ჯგუფი OH. ეფირებში ამ ჯგუფის წყალბადის ატომი ჩანაცვლებულია ალკილური ან სხვა რადიკალით [40; 41].

1.3. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს შორის შეიძლება გამოვყოთ ისეთები, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ჩაღვრების ავარიული სიტუაციების შედეგების პროგნოზირებაზე.

ნავთობი — აალებადი სითხე, შედგება სხვადასხვა მოლეკულური მასის ნახშირწყალბადებისა და სხვა ორგანული ნივთიერებებისაგან. ის ძირითადად არის მუქი ყავისფერი ან შავი, ზოგჯერ კი მომწვანო ან მოყვითალო ფერის. აქვს სპეციფიკური სუნის. გავრცელებულია დედამიწის დანალექ ფენაში და წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს სასარგებლო წიაღისეულს. იგი მოიპოვება მხოლოდ და მხოლოდ ფსკერზე.

დღეისათვის არ არსებობს ერთმნიშვნელოვანი პასუხი დედამიწის ქერქში ნავთობის წარმოშობის შესახებ. როგორც ზემოთ აღინიშნა, არსებობს ნავთობის წარმოშობის ორი ჰიპოტეზა: ორგანული და მინერალური.

დ.ი. მენდელეევის აზრით ნავთობი მინერალური წარმოშობისაა, თუმცა 1867 წ-მდე მას თვლიდნენ ორგანული წარმოშობის ნედლეულად, რომლის თანახმად ნავთობი წარმოიშობა დედამიწის სიღრმეში მაღალი ტემპერატურის პირობებში წყლისა და ლითონის კარბიდთან ურთიერთქმედებით. დღეს მრავალი მეცნიერ-ქიმიკოსი, გეოქიმიკოსები, გეოლოგები თვლიან რომ მენდელეევის ვერსია სწორია, ანუ ნავთობი ორგანული გენეზისური წარმოშობისაა. ნებისმიერი ვერსიის მიმდევართ აერთიანებთ იდეა იმის შესახებ, რომ ნავთობში შემავალი ნახშირწყალბადები, მჟავები, გოგირდისა და აზოტის შემცველი კომპონენტების სინთეზი ხდება მარტივი საწყისი ნივთიერებებიდან- C_1 , H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , H_2O (რადიკალებიდან) და სიღრმეში არსებული მაღალ ტემპერატურებისას და სინთეზის პროდუქტების სიღრმისეულ ქანებთან ურთიერთქმედებისას.

ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ნავთობები მრავალნაირია. მათში სჭარბობს მცირე გოგირდიანი ნავთობები (0,5%-ზე ნაკლები გოგირდი). თუმცა მსოფლიოში მოპოვებული 1/3 ნავთობისა შეიცავს 1%-ზე მეტს გოგირდს. უმრავლესი ნავთობების ბენზინ-ნავთის ფრაქციები ხასიათდება ალკანების მნიშვნელოვანი შემცველობით (50%-ზე მეტი). ზოგიერთი ნავთობების ფრაქციებში სჭარბობს ნაფტენური ნახშირწყალბადები (50-70%). არომატული, ბენზინის და ნავთის ფრაქციების შემცველობა უმრავლეს ნავთობებში მერყეობს ზღვრებში 3 -დან- 15%-მდე და 16-დან – 27%-მდე, შესაბამისად.

ზეთის დისტილიატები ზოგჯერ მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ნახშირწყალბადების შემადგენლობით. უფრო მეტი არომატული ნახშირწყალბადების შემცველობის (ზოგჯერ 53 – 65%-მდე) გამოირჩევიან მაღალგოგირდოვანი ნავთობების ფრაქციებით. ნავთობი ასევე შეიცავს ნორმალური აგებულების მყარ ნახშირწყალბადებს. ნავთობში ჟანგბადნაერთები შედის მჟავებისა და ასფალტურ-ფისოვანი ნივთიერებების სახით (მათში შედის ნავთობში არსებული ჟანგბადის 90%-ზე მეტი). გოგირდოვან ნაერთებს მიეკუთვნება გოგირდწყალბადი, სულფიდები, დისულფანები, ტიოფენები და, აგრეთვე, სხვადასხვა სტრუქტურის პოლიციკლური გოგირდის ნაერთები. აზოტოვან ნაერთებიდან ძირითადად გვხვდება პირიდინის და ჰიდროპირიდინის ჰომოლოგები და მინერალური მარილები. წყალი და გაზები შედგებიან ნახშირწყალბადებისაგან, რომლის ჯაჭვში 1,4 ნახშირბადის ატომია. ნაცრის შემცველობა (მინერალური შენაერთები) ნავთობში მცირეა და შეადგენს მეთედ პროცენტს. ნავთობის ნაცარში ნახშირ ელემენტები (Ca, Mg, Fe, Al, Si, V, Na და სხვა). ნავთობი სიმკვრივის მიხედვით იყოფა 3 ჯგუფად: მსუბუქი (0,87 გ/სმ³-მდე) მოიპოვება თითქმის 60%; საშუალო (0,871-0,910გ/სმ³) – 31%; მძიმე (0,910 გ/სმ³-ზე მეტი) - თითქმის 10%.

ნავთობის დუღილის ტემპერატურაა 28°C, ხოლო გამყარების 30-60°C და ძირითადად დამოკიდებულია პარაფინების ოდენობაზე (რაც მეტია იგი, მით მეტია გამყარების t°C). ნავთობის სითბოტევადობაა 1,7 – 2,1 კჯლ/კგ (0,4-0,5კკალ/კგ), თბოუნარიანობა 43,7-46,2მჯლ/კგ (10400 კკალ/კგ), დიელექტრული შეღწევადობა 2-2,5, ელექტროგამტარობა $2 \cdot 10^{-10}$ – $0,3 \cdot 10^{-18}$ ომ⁻¹.სმ⁻¹. სიბლანტე იცვლება ფართო დიაპაზონში და დამოკიდებულია ნავთობის ქიმიურ და ფრაქციულ შემადგენლობაზე, ფისოვნობაზე (ასფალტურ-ფისოვანი ნივთიერებების შემცველობა). აფეთქების ტემპერატურა მერყეობს ფართო დიაპაზონში (35°C - 120°C-მდე), რომელიც დამოკიდებულია მის ფრაქციულ შემადგენლობასა და ნაჯერი ორთქლის წნევაზე. ნავთობი იხსნება ორგანულ გამხსნელებში, წყალში პრაქტიკულად უხსნადია, მაგრამ შეუძლია მასთან ერთად წარმოქმნას ე.წ. მდგრადი ემულსიები.

ნავთობის შემადგენლობა საერთაშორისო სტანდარტების ტექნოლოგიური კლასიფიკაციით შემდეგია:

- I კლასი - დაბალგოგირდოვანი 0,5% S;
- II კლასი - გოგირდოვანი 0,5 – 2% S;
- III კლასი - მაღალგოგირდოვანი- 2% S.

ზეთების პროცენტული შემადგენლობა (M_1 , M_2 , M_3 და M_4 ჯგუფი), მაგალითად $M=25\%$ ზეთისათვის, $M_4=15\%$ ზეთისათვის.

ზეთების ხარისხებია:

- ქვეჯგუფი II_1 - სიბლანტე 85-ზე მეტი;
- ქვეჯგუფი II_2 - 40-85.

ნავთობში პარაფინის შემცველობა და რეაქტიული, დიზელის, საზამთრო და საფრენი დისტილატური ზეთების მიღების შესაძლებლობა განპირობებულია დეპარაფინირებული ან მის გარეშე 2,5 და 6% პარაფინით.

სიბლანტის კოეფიციენტის მნიშვნელობები

ცხრილი 1.3.

ნივთიერება	ტემპერატურა, °C	დინამიკური სიბლანტე		კინემატიკური სიბლანტე	
		პასკ.წმ	პუაზი	მ ² /წმ	სტოქსი
წყალი	0	0,001792	0,01792	$1,792 \cdot 10^{-6}$	0,01792
წყალი	20	0,001306	0,01306	$1,306 \cdot 10^{-6}$	0,01306
წყალი	50	0,000556	0,00556	$0,556 \cdot 10^{-6}$	0,00556
ბენზინი	15-20	0,000650	0,00650	$0,930 \cdot 10^{-6}$	0,00930
ნავთი	15-20	0,0021170	0,2170	$2,170 \cdot 10^{-6}$	0,02170
ნავთობი	15-20	0,04420	0,4420	$52 \cdot 10^{-6}$	0,52
ზეთი (ტრანფორმატული)	20	0,0275	0,275	$31 \cdot 10^{-6}$	0,31
ზეთი (ტურბინის)	20	0,086	0,86	$96 \cdot 10^{-6}$	0,96
სპირტი (ეთილის)	20	0,001190	0,01190	$1,540 \cdot 10^{-6}$	0,01540

კლასის, ტიპის, ჯგუფის, ქვეჯგუფისა და სახეობის აღნიშვნების ერთობლიობა შეადგენს ნავთობის ტექნოლოგიური კლასიფიკაციის შიფრს. მაგალითად, დოსორის

(ყაზახეთი) მცირეპარაფინიან ნავთობს აქვს შიფრი 1T1M1И1Π1, ანუ მცირეგოგირდოვანია მას აქვს 45%-ზე მეტი ოდენობის 350° C -მდე ამოდულებადი ფრაქციებით 25%-ზე მეტი ზეთების შემცველობით, ზეთის სიბლანტის ინდექსით- 85-ზე მეტი და არა უმეტეს 1,5% პარაფინის შემცველობით.

ნავთობის ლაქის წყლის ზედაპირზე გავრცელება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მის სიმკვრივეზე, უფრო სწორედ, ნავთობისა და წყლის სიმკვრივეების თანაფარდობაზე.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ზოგიერთი მახასიათებლები მოცემულია ცხრილებში 1.3; 1.4; 1.5.

ნავთობპროდუქტების აორთქლების პროცესზე არსებით გავლენას ახდენს გაჯერებული გაზის წნევა მოცემულ ტემპერატურაზე. ყველაზე გავრცელებული მეთოდი ამ პარამეტრის შეფასებისათვის არის ანტუანის განტოლება:

$$P_s(T_0) = 0,133 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{T_0 - C_A}\right)}, \quad (1.1)$$

სადაც: T_0 - ნავთობპროდუქტის ტემპერატურა, °C; A, B, C_A - ანტუანის განტოლების კონსტანტები; P_s –ნავთობპროდუქტის გაჯერებული გაზის წნევა, კპა-ში.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის წვის პროცესი ხასიათდება ალის თბური ემისიითა და გამოწვის მასიური სიჩქარით.

ალის ჩირაღდნის თბური ინტენსივობის განსაზღვრა მეტად რთული ამოცანაა. ალის თბური ემისიის სიმძლავრეში წვლილი შეაქვს როგორც წვის აირისმაგვარ პროდუქტებს (წყალის ორთქლი, ნახშირჟანგი და ნახშირორჟანგი), რომელებიც გამოასხივებს გარკვეული სიგრძის ტალღების ენერგიას, აგრეთვე ჭვარტლის ნაწილაკებს, რომელთათვის დამახასიათებელია გამოსხივება მთელს სპექტრულ დიაპაზონში.

ვიწროკუთხური და ფართოკუთხური რადიომეტრების გამოყენებით ჩატერებული ცდებით დადგინდა, რომ ალის გამოსხივების სიმკვრივის მნიშვნელობები 110-130 კვტ/მ² წარმოადგენს მაქსიმალურ მნიშვნელობას (ბენზინის და ნავთისათვის). ცდებით გამოირკვა, რომ კაშკაშა მანათობელი ზონები (მითითებული ინტენსივობისა და 1150 K ტემპერატურის დროს) საშუალოდ იკავებს ალის ფართის მხოლოდ 20%-ს. დანარჩენ ნაწილს იკავებს კვამლით და ჭვარტლით გაკვამლიანებული ზონები გამოსხივების

სიმკვრივით 20 კვტ/მ² და საშუალო ტემპერატურით 800 K-მდე. ნავთობისა და დიზელის საწვავის წვისას ალის ტემპერატურა აიღება შესაბამისად 1061 და 1050 K, ხოლო ალის კაშკაშა ნაწილის თბური ემისიის მაქსიმალური მნიშვნელობა იცვლება 69-73 კვტ/მ² ზღვრებში.

ამ კვლევის გათვალისწინებით ნავთობპროდუქტების ალის ზედაპირული გამოსხივების სიმკვრივის საშუალო მნიშვნელობა იანგარიშება ფორმულით

$$E = 0.2 \cdot E_{კაშ} + 0.8 \cdot E_{გაკ} , \quad (1.2)$$

სადაც $E_{კაშ}$, $E_{გაკ}$ - შესაბამისად ალის კაშკაშა და გაკვამლიანებული ნაწილების თბური გამოსხივების ინტენსივობა.

ზოგიერთი ნავთობპროდუქტის ალის ტემპერატურა და თბური ემისია

ცხრილი 1.4

მახასიათებელი	ბენზინი	დიზელის საწვავი	ნავთობი
ალის საშუალო ზედაპირული ტემპერატურა, K	1142	1061	1050
ალის ჩირაღდნის თბური ემისია (კვამლის გაკვამლიანების გარეშე) კვტ/მ ²	97	73	69

მონაცემები, რომლებიც მოცემულია ცხრილში 1.5 გვიჩვენებს, რომ 20°C ტემპერატურაზე მაზუთის გამოწვის სიჩქარე შეადგენს 20გრ/წმ ზედაპირის თითოეული კვადრატული მეტრიდან. ნავთობპროდუქტების განშლის პროცესში მათი წყლით გაჯერების გათვალისწინებით, ასევე წყლის ზედაპირზე ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების განზრახ ცეცხლის მოკიდების მცდელობის გამო, შეიძლება დავასკვნათ, რომ წვის პროცესების შემდგომი განხილვა არ მიმდინარეობს.

განვიხილოთ ნავთობპროდუქტების აორთქლების პროცესი. ცნობილია, რომ მაზუთის აორთქლება პრაქტიკულად ნულის ტოლია. განვსაზღვროთ დიზელის საწვავის აორთქლების მასა ტემპერატურებისათვის 5°C, 10°C და 20°C.

დიზელის საწვავისათვის ანტუანის კოეფიციენტები მოცემულია ნაშრომში [5]:

$$A = 5,00109; B = 1314, 04; C_A = 192,473$$

ნავთობპროდუქტების გამოწვის მასიური სიჩქარე, კგ/მ².წმ.

ცხრილი 1.5

ნავთობპროდუქტები	სიმკვრივე, კგ/მ ³	დუღილის ტემპერატურა, K (°C)	გამოწვის მასიური სიჩქარე, კგ/მ ² .წმ
ბენზინი	710	330 (57)	$70 \cdot 10^{-3}$
ნავთი	780	390 (117)	$60 \cdot 10^{-3}$
დიზელის საწვავი	850	400 (127)	$55 \cdot 10^{-3}$
ნავთობი	800	340 (63)	$30 \cdot 10^{-3}$
მაზუთი	950	560 (287)	$20 \cdot 10^{-3}$

დიზელის საწვავის გაჯერებული ორთქლის წნევის ანგარიშით მიღებული სიდიდეები სხვადასხვა ტემპერატურებისას მოცემულია ცხრილში 1.6.

დიზელის საწვავის გაჯერებული ორთქლის წნევა

ცხრილი 1.6

	ტემპერატურა 5°C	ტემპერატურა 10°C	ტემპერატურა 20°C
გაჯერებული ორთქლის წნევა, კპა	$2,96 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$8,74 \cdot 10^{-3}$

აორთქლებული დიზელის საწვავის მასის გაანგარიშებისათვის ვისარგებლოთ მეთოდიკით, რომელიც დამუშავებულია აფეთქებადსაფრთხიანი და ხანძარსახიფათო, ქიმიური, ნავთობქიმიური და ნავთობგადამამუშავებელი წარმოების ზოგად წესებში:

$$G = 10^{-6} \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_S \cdot F_H \cdot t, \quad (1.3)$$

სადაც G - აორთქლებული სითხის მასა, კგ; M - ნავთობპროდუქტის მოლური მასა, გ/მოლ; P_S - გაჯერებული ორთქლის წნევა, კპა; F_H - აორთქლების ფართობი, მ²; η - აორთქლების ზედაპირზე ქარის გავლენის კოეფიციენტი; t - აორთქლების დრო, წმ.

ავიღოთ აორთქლების დრო 3600 წმ და გავიანგარიშოთ აორთქლებული დიზელის საწვავის მასა სხვადასხვა ფართობებისათვის. დიზელის საწვავის მოლური მასა ტოლია 203,6 გ/მოლ, ხოლო ქარის გავლენის კოეფიციენტი ავირჩიოთ მაქსიმალური - $\eta = 1,0$.

გაანგარიშების შედეგები მოცემულია ცხრილში 1.7.

აორთქლებული დიზელის საწვავის მასა, კგ.

ცხრილი 1.7

აორთქლების ფართობი მ ² , ჩაღვრის მასა, კგ	სითხის ტემპერატურა, °C		
	5	10	20
10	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$
100	0,152	0,221	0,45
1 000	1,52	2,21	4,5
10 000	15,2	22,1	45,0

ეს მონაცემები (ცხრ.1.7) მოწმობს იმაზე, რომ აორთქლების გავლენა წყლის ზედაპირზე ნავთობპროდუქტების ლაქების განშლის პროცესზე შეიძლება გამოვრიცხოთ. 20°C ტემპერატურის დროსაც კი 10 000 მ² ფართობიდან დიზელის საწვავის აორთქლება შეადგენს ავარიული ჩაღვრის მხოლოდ 0,26 %-ს.

1.4. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირების თანამედროვე

საშუალებები

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირება მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში ხორციელდება მაგისტრალური მილსადენით, სარკინიგზო, საავტომობილო და წყლის სატრანსპორტო საშუალებებით. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირების საკონტინენტო საშუალებას წარმოადგენს ნავთობსადენი, რომლის დანიშნულებაც მათი ტრანსპორტირება მოპოვების ადგილიდან (წარმოება) მოხმარების პუნქტამდე ან სარკინიგზო, საავტომობილო, საწყლოსნო ტრანსპორტზე გადასატვირთ პუნქტამდე. ავარიული სიტუაციების საშუალო ინტენსივობა ნავთობის მაგისტრალურ მილსადენში გამოშვების შემდეგ (უკანასკნელ 10 წელიწადში) ფასდება როგორც $\lambda_{საშ} = 0,1$ ავარია 1000 კმ-ზე წელიწადში.

გადაზიდული ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების საერთო მოცულობის მიხედვით წყლის ტრანსპორტს მეორე ადგილი უკავია. საზღვაო ტრანსპორტის

ყველაზე გავრცელებული სახეა ნავთობმზიდი გემი - ტანკერი. გასული საუკუნის ბოლოს მსოფლიოს ემსახურებოდა სხვადასხვა წყალწყვის 10 000 ტანკერი.

ტანკერების კატეგორია დედვიტის (სრული ტვირთამწეობა) მიხედვით შემდეგნაირია:

- GP (General Purpose) – მცირე ტონაჟის ტანკერები (6000 – 14 499 ტ); გამოიყენება სპეციალური გადაზიდვებისათვის, მათ რიცხვში ბიტუმის გადასაზიდად;
- GP – საერთო დანიშნულების ტანკერები (16 500 – 24 999 ტ); გამოიყენება ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვებისათვის;
- MR – (Medium Range) – საშუალო ტონაჟის ტანკერები (25 000 – 44 999 ტ); გამოიყენება ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვებისათვის;
- LRI (Large/Long Range 1)-oiler –პირველი კლასის მსხვილტონაჟიანი ტანკერები (45 000 – 79 999 ტ); გამოიყენება მუქი ფერის ნავთობტვირთების გადასაზიდად;
- LR2 – მეორე კლასის მსხვილტონაჟიანი ტანკერები (80 000 – 159 999 ტ);
- VLCC (Very Long Crude Carrier) - მესამე კლასის მსხვილტონაჟიანი ტანკერები (160 000 – 320 000 ტ);
- ULCC (Ultra Large Crude Carrier) – სუპერტანკერები (320 000 ტ-ზე მეტი), ნავთობის გადასაზიდად შუა აღმოსავლეთიდან მექსიკის ყურემდე;
- FSO (Floating Storagee and Offloading unit) - სუპერტანკერები (320 000 ტ-ზე მეტი); ნავთობის შესანახად და გადატვირთვისათვის უფრო მცირე წყალწყვის ტანკერებზე.

ტანკერი წარმოადგენს ერთგემბანიან თვითმავალ გემს სამანქანო განყოფილებით, კიჩოში განლაგებული საცხოვრებელი და სამსახურებრივი სათავსოებით. სატვირთო სათავსოები, როგორც წესი დაყოფილია რამდენიმე გრძივი და განივი ტიხრებით (ტანკებად), რომლებიც გამოიყენება გადასაზიდი თხევადი ტვირთების შესანახად. ზოგიერთი ტანკი გამოიყენება მხოლოდ ბალასტური წყლების მოსათავსებლად, რომლებიც საჭიროა ტანკერის მდგრადობისათვის, როცა იგი ცარიელი მოძრაობს. ტანკში შეღწევა შეიძლება მხოლოდ გემბანიდან მცირე დიამეტრის ჰერმეტიკული სახურავების მქონე ჩასასვლელიებით.

ტანკერების დატვირთვა სწარმოებს სანაპიროს ტექნიკური საშუალებებით, ხოლო განტვირთვა გემის ტუმბოებითა და მილსადენებით.

გასქელებული (გამყარებული) ტვირთების გასაღობად ტანკერი აღჭურვილია კლაკნილი სახის სითბომცვლელის საშუალებებით, რომლებშიც ატარებენ წყლის ორთქლს. თითოეულ გემს უნდა ჰქონდეს ავარიულ სიტუაციებში ნავთობით დაბინძურების საწინააღმდეგო გეგმა.

2001 წ. 1 იანვრიდან მიღებულია წესი, რომლის მიხედვით მაღალი სიბლანტის (მაგალითად მაზუთი) ნავთობპროდუქტის გადასაზიდად განკუთვნილი ტანკერები უნდა იქნას შეყვანილი იმ გემების შემადგენლობაში, რომლებზეც ვრცელდება უფრო მკაცრი მოთხოვნები.

საზღვაო ტრანსპორტით ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვების ძირითად პრობლემას წარმოადგენს ტანკერების ექსპლუატაციის უსაფრთხოების უზრუნველყოფა, მათი ზღვაში ჩაღვრების, აფეთქებების და ხანძრის თავიდან აცილება (ცხრ.1.8). ტანკერების ექსპლუატაცია მოიცავს 3 ძირითად ეტაპს და თითოეულ მათგანზე შესაძლოა წარმოიქმნას ავარიული სიტუაცია ნავთობპროდუქტების აალებით ან აფეთქებით.

ტანკერის ექსპლუატაციისას ეტაპებს შორის ხანძრების გადანაწილება

ცხრილი 1.8

ტანკერის ექსპლუატაციის ეტაპები	ხანძრების რიცხვი, %
დატვირთვა - განტვირთვის სამუშაოები	65,5
ტანკერის ტვირთით მოძრაობისას	27,3
ბალასტით მოძრაობისას	7,2

ტანკერის ტანკის შიგნით აფეთქებასაფრთხიანმა ორთქლის კონცენტრაციამ, სატვირთო გემბანისა და სამსახურებრივ სათავსოს სივრცეში აირების დაგროვებამ, მაგალითად სამანქანო განყოფილებაში, შეიძლება გამოიწვიოს ხანძარი ან აფეთქება. თუ ნავთობპროდუქტის ორთქლის კონცენტრაცია იმყოფება აალების ქვედა და ზედა ზღვრებს შორის, მაშინ ორთქლის აფეთქება შეიძლება გამოიწვიოს სრულიად სუსტმა ენერგიის წყარომ, უბრალო ნაპერწკალმაც. ტანკერის შიგნით უდიდესი ცეცხლფეთქებადი ნარევები შეიძლება წარმოიშვას განტვირთვის ოპერაციების

შესრულებისას, როცა სითხის დონის შემცირებისას ტანკში შეიწოვება გაზებთან შერეული ჰაერი. ზოგიერთი ნაშრომების მიხედვით ავარიების ალბათობა ერთი გემის შესვლაზე ფასდება სიდიდით 10^{-5} – 10^{-7} -მდე.

ტანკერები აღჭურვილია ხანძრის საწინააღმდეგო ტექნიკური საშუალებებით (ქაფის, წყლის გამფრქვევი გენერატორებით და სხვა). ტანკების შიგა კედლები იფარება ანტიკოროზიული საღებავებით, პერიოდულად აწარმოებენ მათ განწმენდას ჭუჭყისაგან, ფისებისაგან და სხვა ნაერთებისაგან, რომელიც დრო და დრო ეკვრება კორპუსის შიგა კედლებს.

ტანკერების ზღვაში გასვლის დროს ავარიული სიტუაციები დაკავშირებულია ტანკების ჰერმენტიულობის დარღვევასთან, რომელიც შეიძლება წარმოიქმნას ტანკერების ყინულთან, მკვრივ მისადგომებთან ან კიდევ მეორე ტანკერთან შეჯახებისას, მეჩქრზე დაჯდომისას ან ნაღმზე აფეთქებისას და სხვა. ყველაზე გავრცელებულ ავარიად, რომლის დროსაც ხდება ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრა, ითვლება ტანკერის დაჯდომა რიფებზე (ქვებზე) ან გემის გატეხვა ზღვაზე შტორმული ამინდების პირობებში (ცხრ.1.9).

ევროპაში ნავთობპროდუქტების ჩაღვრების რაოდენობა

ცხრილი 1.9

მიზეზი	პორტებში	ღია ზღვაში
ავარია გემის კორპუსის დაზიანებით	234	80
ბალასტირება და დებალასტირების ოპერაციები	534	37
დატვირთვა - განტვირთვის სამუშაოები	2120	141
ტანკების გაწმენდა	60	10
ბუნკერირება	404	23
ტრიუმიდან წყლების ამოტუმბვა	95	13
ნავთობპროდუქტის გადატუმბვა	95	11
სხვადასხვა	208	27
სულ	3750	342

არის კიდევ ერთი საშიშროება დატვირთვა-განტვირთვის სამუშაოების დროს, როცა ირღვევა შლანგების ჰერმენტულობა ან ხდება მისი გაწყვეტა, ასევე ნავთობპროდუქტის გადმოღვრა გადატუმბვის დროს (ცხრ. 1.10).

ტანკერის ავარიების ან რისკების დანაკარგი ტოლია $1 \cdot 10^{-6}$ ერთკორპუსიანი ტანკერებისათვის, ხოლო ორკორპუსიანებისათვის იგი 8-ჯერ ნაკლებია. პრაქტიკულად კორპუსების გახვრეტის 75% მოდის გემის ვატერლინის ზემოდ.

საავტომობილო და სარკინიგზო ტრანსპორტით ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვა სწარმოებს შედარებით მცირე მანძილებზე მილსადენურ ტრანსპორტირებასთან შედარებით.

მსოფლიო ოკეანეში ნავთობის ნახშირწყალბადების მოხვედრა [43, 46]

ცხრილი 1.10

დაბინძურების წყარო	% საერთო შენატანიდან
<u>ჩალვრები</u>	
გემებიდან ზღვაში, მათ შორის ჩასარეცხი ბალასტური წყლი	23
პორტებში და პორტების ახლო აკვატორიაში, მათ შორის დანაკაგები ტანკერიდან ტანკერში გადატვირთვისას	17
ნაპირებიდან, სამრეწველო ნარჩენების და ჩამდინარე წყლების ჩათვლით	11
<u>მოხვედრა</u>	
ქალაქებიდან ნიაღვარული ჩამონადენებისას	5
გემების კატასტროფისას	5
შელფებზე ბურღვისას	1
მდინარის წყლებისაგან	28
ატმოსფეროდან	10

სარკინიგზო მაგისტრალზე ნავთობი და ნავთობპროდუქტები გადაიზიდება ცისტერნებით, ტევადობით 70 მ³, 90 მ³ და 120 მ³, ანუ 1 სარკინიგზო შემადგენლობა სიგრძით 1050 მ. გადაზიდავს 5000-7500 ტ-მდე.

საავტომობილო ტრანსპორტით გადაზიდება ნავთობპროდუქტების მცირე რაოდენობა და მოკლე მანძილებზე. მაგალითად, ბენზინის მიტანა გადამტვირთავი ტერმინალიდან ბენზოგასამართ სადგურამდე. ყველაზე გავრცელებულია გადაზიდვის მოცულობა 30 მ³.

სარკინიგზო და საავტომობილო გადაზიდვებზე ავარიები ძირითადად ხდება ცისტერნების გადაყირავებით, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაღვრით და შესაძლო აფეთქებითაც.

ორთქლჰაერის მინარევების აფეთქება ხდება ზედმიწევნით იშვიათად. ყოველწლიურად, მაგალითად რუსეთის საგზაო სამინისტროს მონაცემებით სხვადასხვა ობიექტებზე ჩნდება 2000 ხანძარი, რომელთაგან 60% სარკინიგზო სადგურებზე მოდის. ხანძრების 10% ადვილად აალებადი საწვავი სითხეების გადაზიდვისას ხდება. (ცხრ. 1.11).

ავარიების პირობითი ალბათობა სარკინიგზო ტრანსპორტზე

ცხრილი 1.11

ავარიის სახე	ალბათობის მნიშვნელობა
ავარია სატვირთო სარკინიგზო შემადგენლობაზე, W_1	0,05 – 0,085
ნავთობპროდუქტიანი ცისტერნების დაზიანება, W_2	0,08 – 0,09
ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების აალება, W_3	0,2 – 0,25

ამრიგად, განვიხილავთ რა ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრის ალბათობას სარკინიგზო ტრანსპორტზე, მივიღებთ:

$$W_p = W_1 \cdot W_2 = (0,05 - 0,085)(0,08 - 0,09) = 0,004 - 0,00765 \quad . \quad (1.4)$$

ხანძრის წარმოშობის ალბათობას W_p განვიხილავთ როგორც მთელი შემადგენლობის ავარიის ალბათობას, როცა დაზიანდება ცისტერნა და მოხდება ნავთობპროდუქტების აალება:

$$W_j = W_1 \cdot W_2 \cdot W_3 = (0,05 - 0,085)(0,08 - 0,09)(0,2 - 0,25) = 0,0008 - 0,019125.$$

მაგალითად, საქართველოს საზღვაო აკვატორიაში ყოველწლიურად ხდება 60-70 ავარიული სიტუაცია, მათ შორის 90% ავარიებისა ხდება ნავთობით და

ნავთობპროდუქტებით სავსე ცისტერნების შემთხვევაში, 70% - ქიმიურად საშიში ნივთიერებების გადაზიდვებისას და ა.შ.

ავტოტრანსპორტის ავარიულობა ნავთობპროდუქტების ცისტერნებით გადაზიდვისას მიიღება როგორც $6 \cdot 10^{-7}$ ავარია 1 კმ. გზაზე.

1.5. საქართველოს საზღვაო აკვატორიის მოკლე დახასიათება

1.5.1. ბათუმის პორტი

ბათუმის ნავსადგური შედგება საკაბოტაჟო და მშრალი ტვირთის ნავსადგურების, ნავთობტერმინალის/გაზის ტერმინალის და მშენებარე მოლისაგან, აღმოსავლეთის და ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით საკაბოტაჟო ნავსადგურამდე, შემდეგ სამხრეთის და დასავლეთის მიმართულებით უბის გაყოლებაზე №9 ნავმისადგომამდე და ჩრდილოეთის მიმართულებით №10 და №11 ნავმისადგომების ჩათვლით [1].

ბათუმის ნავსადგურის ტერიტორია იყოფა დაცულ (სარეჟიმო) და გახსნილ (ღია) ნაწილებად, რომელთაგანაც: დაცული (სარეჟიმო) ნაწილი წარმოადგენს ნავთობტერმინალის მოლის №1, №2, №3 და მრავალმიზნობრივი ტერმინალის №4, №5 ნავმისადგომებს და გენერალური ტვირთის რაიონის №6, №7, №8, №9 ნავმისადგომების ტერიტორიას. №1, 2, 3 ტერმინალი ნავთობმიმღებთან ერთად წარმოადგენს მონაკვეთს, რომელიც გენერალური ტვირთების მიმღებთან ერთად წარმოადგენს პორტის გასასვლელ კვეთას. გახსნილი (ღია) ნაწილი შედგება №10 და №11 ნავმისადგომებისაგან და გამოიყენება სამგზავრო გემების გასაჩერებლად. იგი მდებარეობს ბათუმის უბის დასავლეთ ნაწილში და ვრცელდება ძირითადად სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ.

გემების გაბარიტები, რომლებიც ბათუმში შედის, უნდა აკმაყოფილებდეს: $L \times B = 225 \times 10,5$ მ. მათ მოძრაობას პორტში შესვლისას აკონტროლებს სახელმწიფო ზედამხედველობისა და კონტროლის სამსახური. 200 მეტრზე მეტი სიგრძის გემის ნავმისადგომთან დაყენება (მიბმა) დაშვებულია დღის ნათელ პერიოდში.

ბათუმის ნავსადგურის აკვატორია შედგება ფარვატერის, შიდა ნავსადგურის, შიდა რეიდის, გარე რეიდისა და საკაბოტაჟო ნავსადგურისაგან.

შიდა ნავსადგური წარმოადგენს წყლის სივრცით მოცულ ბათუმის უბის სამხრეთი ნაწილის აკვატორიას. ღუზაზე დგომის რაიონში შესაძლებელია არა უმეტეს 3 (სამი) მეტრი წყალშიგის და 10 (ათი) მეტრი სიგრძის მქონე 4 (ოთხი) მცირეტონაჟიანი გემის ერთდროული დაყენება. გარე რეიდად ითვლება წყლის სივრცე 10-50 მეტრი სიღრმის იზობატებს შორის. გარე რეიდზე მდებარეობს მცირეტონაჟიანი და ზომამცირე გემების ღუზაზე დგომის ადგილი, სადაც შესაძლებელია არა უმეტეს 2,8 მეტრი წყალშიგის მქონე გემის დგომა. ბათუმის ნავსადგურში შესვლა ხორციელდება ფარვატერით. პორტს გააჩნია 10 ადგილი გემების ღუზაზე დგომის შემთხვევებისათვის. „აჭართევზის“ ნავმისადგომებთან შეიძლება არა უმეტეს 2,8 მეტრის, ხოლო „მებადურის“ ნავმისადგომებთან არა უმეტეს 2,5 მეტრის წყალშიგის მქონე გემების დაყენება ღუზის ჩაშვებით ქიმიტ გასასვლელისაკენ.

საკაბოტაჟო ნავსადგურის აკვატორია არ არის დაცული სამხრეთ-დასავლეთის, დასავლეთის, ჩრდილო-დასავლეთის და ჩრდილოეთის ქარებისაგან. 12) მ/წმ სიჩქარის ქარისა და 0,7 მეტრი ტალღის სიმაღლის პირობებში საკაბოტაჟო ნავსადგურის აკვატორიაში და ნავმისადგომებთან დგომა სახიფათოა. განსაკუთრებული მეტეოროლოგიური პირობების დროს გემები გადაყავთ დროებითი დგომის შესაბამის სამსახურებს.

ბათუმის ნავსადგურის გარე აკვატორიაზე გემის სწორხაზოვანი გადაადგილების მაქსიმალურად დასაშვები სიჩქარე არის 2,5 კვანძი , ხოლო ნავსადგურის შიდა აკვატორიაზე -არაუმეტეს 1,5 კვანძისა.

ბათუმის ნავსადგურში მოქმედებს შემხვედრი ტალღა ნჩქრევა (ტიაგუნი). გემის დგომა ნავსადგურში შემხვედრი ტალღის მოქმედებისას საფრთხეს უქმნის გემს და ნავმისადგომს. ტიაგუნი წარმოიშობა სამხრეთ-დასავლეთი და ჩრდილო-დასავლეთის ქარების დროს, ხოლო მათ შესახებ პროგნოზს ატყობინებენ ნავსადგომთან და რეიდზე მდგომი ყველა გემის კაპიტანს.

უნავმისადგომო ჩამოსასხმელზე, რომელიც მდებარეობს ნავთობტერმინალის მოლის ჩრდილოეთით, ხორციელდება ტანკერების დაყენება მათი ზომების შემდეგ

ლიმიტებით : ტანკერის სიგრძისას მინიმუმ 182 მეტრი / წყალწყვა 44 000 ტონა და მაქსიმუმ 250 მეტრი / წყალწყვა 140 000 ტონა . მისაბმელი ოპერაციების წარმოების ან / და დგომის პერიოდში, ტანკერს უნდა გააჩნდეს ფაქტობრივი წყალწყვის არანაკლებ 1/3-ის შესაბამისი წყალშიგი .

უნაემისადგომო ჩამოსასხმელზე ტანკერის დაყენება ხორციელდება კარგი ხედვის და არა უმეტეს 4მ/წმ სიჩქარის ქარისას და 3-ბალიანი ზღვის დეღვის პირობებში.

თუ ქარის სიჩქარე იქნება 8-9 მ/წმ და ტალღები გადააჭარბებენ 3 ბალს, სატვირთო სამუშაოები წყდება, ხოლო $V=12$ მ/წმ სიჩქარისას და $h=3$ მ ბალის შემთხვევაში პორტში წყდება ყოველგვარი სამუშაოები ამინდის გაუმჯობესებამდე.

როცა ქარის სიჩქარე $V=11$ მ/წმ, მაშინ პრობლემები ექმნება ნავთობპროდუქტით დატვირთულ ტანკერებსაც. აქ გამოიყენება ორი ბუქსირი ერთდროულად. ტანკერის ლოცმანი უმოკლეს დროში ამზადებს ტანკერს, რათა დროულად დატოვოს დატვირთვის ადგილი.

1.5.2. ფოთის პორტი

ფოთის ნავსადგური მოიცავს სამხრეთ და ჩრდილოეთ ნავსაყუდელს, შიდა აუზს, სამხრეთ, დასავლეთ და ახალ ჩრდილოეთ მოლს, შესასვლელ არხს და გარე რეიდს. ფოთის ნავსადგურის ტერიტორია შედგება დაცული (სარეჟიმო) და გახსნილი (ღია) ნაწილებისაგან [1].

ფოთის ნავსადგურში შემსვლელი გემის მაქსიმალური დასაშვები ზომებია: სიგრძე 240 მეტრი, სიგანე 35 მეტრი და წყალშიგი 10,3 მეტრი .

გემების შესვლა პორტში აკრძალულია, თუ ქარის სიჩქარე არის 17 მ/წმ-ზე მეტი, ტალღებს აქვს სიმძლავრე 3 ბალზე მეტი და მხედველობა 0,5 მილი.

მისაბმელი სამუშაოები და ბორნებით მოძრაობა, როგორც წესი, პორტში უნდა ხდებოდეს ქარის მოძრაობის მიმართულებით არა უმეტეს ქარის 10 მ/წმ სიჩქარის

დროს. ხოლო ამ დროს გემების მოძრაობის უსაფრთხო სიჩქარე ფოთის ნავსადგურში რეკომენდირებულია იყოს 5 კვანძი.

თუ ქარის სიჩქარე მეტია 17 მ/წმ-ზე, მკაცრად აკრძალულია სამუშაოები ბუქსირის გამოყენებით. ნავმისადგომზე ნავთობპროდუქტებიანი ტანკერების და სარკინიგზო ტრანსპორტის დამუშავება მიმდინარეობს ქარის 14 მ/წმ სიჩქარემდე, მეტ სიჩქარისას კი ყველა საჭირო ტექნიკა აჩერებს მუშაობას.

1.5.3. პორტი სუფსა

სუფსის ნავსადგურის აკვატორიის ფარგლებში აკრძალულია სამგზავრო გემების ნაოსნობა. სუფსის ნავსადგურის აკვატორიაში არ არის დადგენილი შეზღუდვები გემის წყალშიგის მიმართ, გარდა „SPM“-თან მდგომი ტანკერისა, რომლის წყალშიგი არ უნდა აღემატებოდეს 17,5 მეტრს.

სუფსის ნავსადგურის აკვატორიაში [1] გამოყოფილია გემის ღუზაზე დგომის ორი წერტილი: ა) წერტილი 1- $\varphi = 420\ 02' 10''\ N$; $\lambda = 41041'35''$; ბ) წერტილი 2 – $\varphi = 420\ 02' 40''\ N$; $\lambda = 410\ 40' 50''\ E$. სუფსის ნავსადგურში გემის უსაფრთხო სიჩქარე, როგორც წესი, 5 კვანძია.

„SPM“-ზე შესაძლებელია მხოლოდ შემდეგი ზომის ტანკერების დატვირთვა: სიგრძე – მინიმალური 240 მეტრი, მაქსიმალური 290 მ; სიგანე - მინიმალური 33მ, მაქსიმალური 50მ; წყალწყვა – 60 000 ტ-დან 164 000 ტ-მდე.

სუფსის ნავსადგურში ტანკერის შესვლის, ღუზაზე დგომის (მათ შორის, „SPM“-თან), მისაბმელი ოპერაციების განხორციელების ან ნავსადგურიდან გასვლის შემთხვევაში, ნაოსნობა დროებით იზღუდება/იკრძალება საზღვაო ნავსადგურის კაპიტნის მიერ სუფსის ტერმინალიდან მიღებული ინფორმაციისა და დროის ფარგლებში. გემის დაყენების ოპერაციები ხორციელდება მხოლოდ დღის საათებში, კარგი ხედვის პირობებში, ხოლო მისი გაშვება – დღე-ღამის განმავლობაში.

სუფსის ნავსადგურის აკვატორიაში თევზსაჭერი, მცირეტონაჟიანი და ზომამცირე გემების შესვლა ხორციელდება ნებისმიერ მიმართულებიდან, ამასთან, უსაფრთხო ნაოსნობის ზონაში “SPM”-იდან 500 მეტრი რადიუსში გემების შესვლა აკრძალულია, ხოლო წყალქვეშა მილსადენის გასწვრივ, მილსადენის ღერძიდან თითოეულ მხარეს 250 მეტრიან ზონაში (ფსკერიდან წყლის ზედაპირამდე) თევზსაჭერი, მცირეტონაჟიანი და ზომამცირე გემების გადაკვეთა ნებადართულია მხოლოდ სანაპირო დაცვის წინასწარი თანხმობის შემთხვევაში.

სუფსის ნავსადგურს და ტერმინალს არა აქვს ბალასტის მისაღები ან განთავსების მოწყობილობები, რის გამოც სუფსის ნავსადგურში დასატვირთად დაიშვება მხოლოდ იზოლირებული ბალასტის არ მქონე ტანკერი.

1.5.4. პორტი ყულევი

ყულევის ნავსადგური შედგება საზღვაო ტერმინალისაგან, ნავთობტერმინალისაგან, მდინარეების – ხობისა და ცივის შიდა სამდინარო აკვატორიისა და მისასვლელი არხისაგან შემობრუნებადი აუზით [1].

ნავთობტერმინალი მოიცავს საინჟინრო ნაგებობების კომპლექსს ნავთობის, ნავთობპროდუქტების, თხევადი ნახშირწყალბადების, ნარჩენების, წყლისა და ნავთობის ნარევების გადასატვირთად და შესანახად, თხევადი გაზის გადამტვირთავი ესტაკადას შესაბამისი ინფრასტრუქტურით. მარცხენა სანაპიროზე მდინარე ხობის შესართავთან განლაგებულია სანავმისადგომო ნაგებობები (სანავმისადგომო ზოლი) 610მ სიგრძის, რომელიც გათვალისწინებულია ნავთობის ტანკერებში ჩასასხმელად და საოპერაციო ზონა მისაბმელი ოპერაციების შესასრულებლად, რომლის სიგანე 210 მ. მისაბმელი ბოჯგი განლაგებულია ყოველ 31 მ.

ტერმინალის კომპლექსი, რომელიც შედგება 3 ჰიდროტექნიკური სისტემისაგან, უზრუნველყოფს ტანკერებისა და გემების დგომას და მათ დამუშავებას. ყულევის

ნავსადგურში დაშვებულია მხოლოდ ნავთობთან დაკავშირებული ოპერაციების შესრულება.

ყულევის პორტში შესვლა შესაძლებელია მდინარე ხობიდან, შესართავი ადვილად ამოსაცნობია ჩაძირული გემების ჯგუფით, რომლებიც იცავენ სამხრეთ-დასავლეთით დელვისაგან და ლივლივისაგან. მდინარე ხობის მარცხენა სანაპიროზე განლაგებულია ნავთობტერმინალის საინჟინრო ნაგებობები. უნდა გავითვალისწინოთ აგრეთვე მდინარის ცვალებადი სიმაღლე, რისთვისაც გემების მოძრაობა მდ. ხობზე, ენგურზე, რიონზე შეზღუდულია 0,4-0,6 კვანძამდე.

ყულევის პორტის მისადგომებთან შეზღუდულია სატრანზიტო გემების მოძრაობა გარდა თევზსაჭერი, მცირეტონაჟიანი და სხვა მცირეგაბარიტიანი გემებისა, რისთვისაც მათი სიჩქარე შეზღუდულია 5 კვანძამდე.

ყულევის ნავსადგურში შემოსულ გემებს უნდა გააჩნდეთ წყალშიგი, რომელიც უზრუნველყოფს უსაფრთხო მანევრირებასა და მისაბმელ ოპერაციებს. უსაფრთხო სანავიგაციო სიღრმის მარაგი 40 000 ტ-მდე დედვეიტისანი გემისათვის უნდა იყოს არანაკლებ 0.50 მ, ხოლო 40 000 ტ-ზე მეტი – 1.0 მ.

1.5.5. აფხაზეთის პორტები

როგორც ცნობილია აფხაზეთის პორტები ნაოსნობისათვის დახურულია. „ოკუპირებული ტერიტორიების შესახებ“ საქართველოს კანონის და პრეზიდენტის ბრძანებულების №813 (3.08.2004 წ) მიხედვით აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის საზღვაო ნავსადგურებში ყოველგვარი სატრანსპორტო პროცესი აკრძალულია, გარდა ჰუმანიტარული ტვირთების მოძრაობისა.

1.6. შავი ზღვის კლიმატი

შავი ზღვის სანაპიროს და საქართველოს აკვატორიის კლიმატი ფორმირდება სხვადასხვა ფაქტორების გავლენით (ფიზიკურ-გეოგრაფიული, რადიაციული, ცირკულაციური). ეს აკვატორია მიეკუთვნება ზომიერ სარტყელს აფხაზეთის, სამეგრელოს, გურიის და აჭარის ტერიტორიების ჩათვლით.

როგორც ცნობილია, მზის რადიაციის ინტენსივობისა და ხანგრძლივობის განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორია - გეოგრაფიული განედი. მზის რადიაციის მაქსიმუმი წლის განმავლობაში მოდის ივნისსა და ივლისზე, ხოლო მინიმუმი დეკემბერზე. მზის ნათების ხანგრძლივობა შეადგენს 2 400 სთ-ს წელიწადში (მზიანი დღეებით 300-მდე), რომლის შემდეგ პირდაპირი მზის რადიაცია ტრანსფორმირდება ღრუბლიანობაში. იგი აკვატორიის ჩრდილო ნაწილში აღწევს მზის ენერჯის 64%-ს, ხოლო სამხრეთით -95%. შესაბამისად ვლუბულობთ ენერჯიას 3770 და 5860 მ.ჯოულ/მ². მათგან მხოლოდ 65-80% შთაინთქმება ზღვის მიერ და მონაწილეობს ზღვის თბური ბალანსის ფორმირებაში. მზის ენერჯის მაქსიმალური სიდიდე მიიღწევა ივლისში, როცა იგი უდიდესია, ხოლო ღრუბლიანობა მინიმალური.

ზღვის სანაპიროზე მოყინვები ზამთრობით არ გვხვდება. გაზაფხული ძლიერ ნაადრევია, ზაფხული ხანგრძლივი და თბილი, სჭარბობს მოწმენდილი, უღრუბლო ამინდები. ჰაერის საშუალო ტემპერატურა აგვისტოში შეადგენს 30°C. გვხვდება ძლიერი სიცხეები აბსოლიტური ტემპერატურით 38-40°C. თუმცა მაღალი ტემპერატურა რბილდება ბრიზებით. დეკემბრის ბოლოს ტემპერატურა ეცემა 10°C-ს ქვემოდ. ზამთარში ჰავა რბილია, უფრო მეტად არამდგრადი ამინდებით, წვიმებით ან წვიმანარევი თოვლით. ცალკეულ დღეებში, ცივი ჰაერის შემოჭრისას ტემპერატურა ძლიერ ეცემა, განსაკუთრებით აკვატორიის ჩრდილოეთით ქ. სოხუმთან, რადგან აქ მთები შედარებით დაბალია და სანაპიროს დაცვა ძნელდება.

საქართველოს საზღვაო აკვატორიის ტერიტორიულ წყლებში ტემპერატურის სივრცით ცვლილებას აქვს ზონალური ხასიათი (ცხრ. 1.12, 1.13, 1.14).

ჰაერის საშუალო თვიური და წლიური ტემპერატურა (°C)

ცხრილი 1.12

ქალაქების გარეუბნებში	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
სოხუმი	-5,8	6,7	9,3	12,5	17,2	20,8	23,5	23,8	20,5	16,6	11,6	8,4
ბათუმი	7,1	7,2	8,4	11,5	15,2	20	22,8	23,2	20,3	16,6	12,0	8,1

P.S. საშუალო წლიური: სოხუმში 14,7°C, ბათუმში 14,5°C.

შავი ზღვის გეოგრაფიული განლაგებიდან გამომდინარე მის აკვატორიაში ჰაერი ყველა მიმართულებით მოძრაობს. ჩრდილო-დასავლეთიდან, დასავლეთიდან, სამხრეთ-დასავლეთიდან ჰაერი შემოედინება ატლანტიკისა და ხმელთაშუა ზღვებიდან.

შავი ზღვის კლიმატზე გავლენას ახდენს ორი ანტიციკლონი: ციმბირის (ზამთრობით) და აზოვის (ზაფხულში). ანტიციკლონის მოძრაობა ქმნის მდგრად კარგ ამინდებს - ცივს ზამთრში და ცხელს ზაფხულში. გარდა ამისა კლიმატი და ამინდი შავ ზღვაზე უმეტესად დამოკიდებულია ატლანტიკის ოკეანისა და ხმელთაშუა ზღვის ციკლონების მოძრაობაზე, რომლებსაც მოაქვთ ნალექი. ხმელთაშუა ზღვის საჰაერო მასები იჭრებიან შავი ზღვის რაიონში უმთავრესად ცივ ნახევარწელიწადში, რომლებსაც მოაქვთ შედარებით მაღალი ტემპერატურა ზამთრობით, შედეგად ზღვის სანაპიროს სამხრეთ და აღმოსავლეთის უმეტეს რაიონებში თოვლის საფარი პრაქტიკულად არ არის.

საშუალო თვიური და წლიური ჯამური ნალექები (მმ-ში)

ცხრილი 1.13

ქალაქების გარეუბნებში	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII
სოხუმი	152	135	132	124	113	103	109	117	109	151	127	137
ბათუმი	281	228	174	122	192	163	182	255	335	306	304	276

P.S. საშუალო წლიური: სოხუმში 1160 მმ, ბათუმში 1555 მმ.

ციკლონებს, როგორც წესი მოაქვთ არამდგრადი წვიმიანი დღეები. ზამთრობით აზიის (ციმბირის) ანტიციკლონი შავ ზღვაზე ქმნის ძლიერ ჩრდილო-აღმოსავლეთის ქარებს. განსაკუთრებით ძლიერი ქარები შეიმჩნევა კოლხეთის დაბლობზე ქ. ქუთაისის

გარშემო. ესაა ე.წ. ბორა (ძლიერი, ზომიერი ტემპერატურის მქონე ქარი) დაბალი მთებიდან. ბორას განმასხვავებელი თავისებურებაა მაღალი სიჩქარის ქარები, რომლებიც ხშირად აღწევს 40 მ/წმ.

მეტეოროლოგიური მონაცემები

ცხრილი 1.14

ქალაქების გარეუბნებში	ქარის სიჩქარე, მ/წმ	მზის ნათების ხანგრძლივობა, საათებში	ნალექის ჯამი	ყინვის გარეშე პერიოდის ხანგრძლივობა დღეებში	თოვლის საფარიანი დღეების რიცხვი
სოხუმი	1,6	2089	1160	295	9
ბათუმი	1,8	1958	1555	289	12

ზღვის სანაპიროს არსებით თავისებურებას ქმნის ე.წ. ბრიზი. როგორც ჩვეულებრივი ქარი იგი უბერავს მაღალი წნევის გარემოდან დაბალი წნევის არეში, დღისით ზღვიდან ხმელეთისაკენ, ღამით პირიქით - ხმელეთიდან ზღვისაკენ. ზღვის ბრიზებს მოაქვთ სასიამოვნო სიგრილე, რომელიც იგრძნობა სანაპიროდან 20-30 კმ ტერიტორიის სიღრმეში.

ზოგჯერ ზღვებში შეიმჩნევა ქარბორბალები. ამ ექსტრემალური ამინდის მიზეზი არის ატმოსფეროს არამდგრადი მდგომარეობა, ცივი ქარების მოძალემა იმ რაიონებში, სადაც საკმაოა თბილი საჰაერო მასები. შავ ზღვაზე ქარბორბალა უფრო მეტად შეიმჩნევა შემოდგომაზე, როცა გაცივებული ტერიტორიის ჰაერი ხვდება კიდევ მეტად გაცივებულ ზღვის ზედაპირს. ქარბორბალა არის ატმოსფეროს გრიგალი, რომელშიც ხდება ჰაერის ბრუნვა ღერძის გარშემო საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ზემოთ მოძრაობის პროცესით. ჩვეულებრივ იგი ჩნდება ჭექა-ქუხილის დროს.

წლის განმავლობაში, შავ ზღვაზე დამახასიათებელია ღრუბლიანობა, რომელიც ცივ ნახევარ წელიწადში აჭარბებს 7 ბაღს, ზაფხულში კი 3 ბაღს. ცივ ნახევარწელიწადში უმეტესად ფენოვანი ღრუბლებია, ხოლო თბილ პერიოდში გროვა-ფენოვანი ან მხოლოდ გროვა ღრუბლები. ღრუბლიანობა იქმნება ციკლონური შემფოთებით ან მთებით, რომლებიც ქმნიან ჰაერის მოძრაობის მიმართ

წინააღმდეგობას. ზღვის სანაპირო ზოლში ნალექები შეიძლება იყოს ფრონტალური და ადგილობრივი, გადაუღებელი და ხანმოკლე წვიმებით. ხანგრძლივი წვიმები დამახასიათებელია ცივი პერიოდისათვის ფენოვან-საწვიმი ღრუბლების გამო თბილი ფრონტის ზონაში. ცივი მასების მოძრაობისა და დამამუხრუჭებელი მთების არსებობის გამო წარმოიშობა ძლიერი ნალექი.

ატმოსფერული ნალექები კოლხეთის სანაპირო ზოლში მერყეობს ფართო დიაპაზონში 1 600 – 2 000 მმ-მდე. განსაკუთრებით დიდია იგი ბათუმის ახლოს ჩაქვში, სადაც წლის განმავლობაში მოდის 2300 – 2 500 მმ ნალექი.

ნისლი საქართველოს შავი ზღვის სანაპიროზე იშვიათად გვხვდება. ჰაერის ტენიანობა ზამთრობით 70-80%-ია მაშინ, როცა ზაფხულში 60-70%. თებერვლიდან ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ტერიტორიის უმეტეს ნაწილში ფარდობითი ტენიანობა მცირდება. მისი ინტენსიური შემცირება 3-8%-ით ხდება თებერვალში და მარტში, ხოლო მარტიდან აპრილამდე 6-10%-მდე ეცემა. აპრილიოდან მაისმდე იწყება ფარდობითი ტენიანობის შესამჩნევი ზრდა ივნის-ივლისამდე და ივლის-აგვისტოში იგი აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას.

აუცილებლად უნდა აღინიშნოს ამ ბოლო პერიოდში გახშირებული საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები, რომელიც ხშირად ვლინდება ანომალურად გრიგალური ქარებით და ექსტრემალურად ინტენსიური ნალექების მოსვლით. ამ პრობლემას მიეძღვნა არაერთი გამოკვლევა, რომლებიც ამტკიცებენ, რომ ბუნებაში მიმდინარეობს გლობალური ცვლილებები. მათი ავტორების აზრით, ამ მოვლენების შედეგები არაერთმნიშვნელოვანია ეკოსისტემის თვითგაწმენდის თვალსაზრისით.

ერთის მხრივ ატლანტიკის ოკეანიდან შემოსული ნალექების დიდი რაოდენობა ზრდის ჩაღვრებს ზღვაში და გამორიცხავს ზღვის მიქცევა-მოქცევას.

საშუალო თვიური ტემპერატურა წყლის ზედაპირზე იცვლება წელიწადის დროის მიხედვით და მერყეობს 8-30°C ზღვრებში. წყლის აქტიური ცირკულაცია მოიცავს მხოლოდ ზედაპირის ფენებს, რომელთა მარილიანობა 18⁰/₀₀-მდეა. იგი გაჯერებულია ჟანგბადით და იმ ელემენტებით, რომლებიც საჭიროა ცოცხლი ორგანიზმების ფუნქციონირებისათვის. შავი ზღვის მთელ პერიმეტრზე ხდება ამ ფენების წრიული

ცირკულაცია. ერთდროულად, ზღვის სანაპიროების ნაწილში მუდმივად ფიქსირდება ანტიციკლონური მიმართულების მცირემასშტაბიანი გრიგალი.

საქართველოს საზღვაო აკვატორიის პორტების ჰიდრომეტეოროლოგიური პირობები ასეთია:

- ნალექების რაოდენობა წელიწადში, უმეტესად ზაფხულის პერიოდში შეადგენს 900 მმ, საშუალოდ დღელამეში 268 მმ; ნოემბრიდან მარტამდე ნალექების რაოდენობა - 723 მმ; ნალექიანი დღეების რაოდენობა წელიწადში შეადგენს 108-169 დღეს; თვის განმავლობაში ნალექიანი დღეების რაოდენობაა 9-16 დღე;
- ღრუბლიანობა შეადგენს 1-1,5%, ზოგჯერ 5-7%; ასეთი დღეების რაოდენობა წელიწადში არის 27;
- ხილვადობა შეადგენს 5-10 მილს, საუკეთესო ხილვადობა აღინიშნება ოქტომბერში, ხოლო მისი გაუარესება დაკავშირებული ნალექებთან. მანათობელი შუქურას მანძილი შეადგენს 7,5 მილს;
- წყლის მოძრაობის სიჩქარე შეადგენს 5 მ/წმ, რომლის ცვალებადობა დამოკიდებულია ქარის მიმართულებაზე და ნალექების ინტენსივობაზე. ზღვის ტალღიანობას იწვევს გრიგალური ქარი, რომელიც განაპირობებს წყლის დიდი მასების ინტენსიურ მოძრაობას. ძლიერი ქარების დროს კი ადგილი აქვს სხვადასხვა დანაგვიანებული ნივთიერებების გატანას დიდ მანძილებზე ზღვაში, მათ შორის ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების, რასაც დეტალურად განვიხილავთ ქვემოთ.

ვაჯამებთ რა ამ პარაგრაფს, ვაკეთებთ დასკვნას იმის თაობაზე, რომ ეკოსისტემის თვითგაწმენდის შესაძლებლობების მიხედვით, ჩვენს რეგიონში არის გარკვეული პოტენციალი, რასაც უზრუნველყოფს ხელსაყრელი კლიმატური პირობების არსებობა. ამაზე მოწმობს მზის რადიაციის მოდინება, რომელიც განსაზღვრავს პოლიუტანტის რიგ ფიზიკურ-მექანიკური პროცესების დეგრადაციას, ასევე ტემპერატურების სეზონური ცვლა, რომელიც წარმოადგენს თვითგასუფთავების მიკრობიოლოგიური პროცესების კატალიზატორს.

1.7. ჰიდროლოგია, ჰიდროქიმია და წყლების დინამიკა

შავი ზღვა წარმოადგენს დედამიწის ერთ-ერთ მსხვილ ჩაკეტილ წყალსაცავს, რომელიც არ ხასიათდება წყლის ფენების მძლავრი გადანაცვლებებით. წყლის ზედა ფენა (მიქსოლიმნიონი), რომელიც მდებარეობს 150 მ-მდე სიღრმეში მეტად თბილია, ნაკლებად მკვრივი და მცირე მარილიანი, გაჯერებულია ჟანგბადით. იგი გამოყოფილია ქვედა ფენიდან, რომელიც მეტად ცივი, მარილიანი და მკვრივია, გაჯერებულია გოგირდწყალბადის ფენით (მონიმოლიმნიონი) ხემოკლინით, რომელიც წარმოადგენს სასაზღვრო ფენას აერობული და ანაერობული ზონებს შორის.

კოსმოსური ჰიდრომეტეოროლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრის დაკვირვების საფუძველზე მიღებული შედეგები მოწმობენ, რომ შავი ზღვის დაბინძურება ხდება წყლის 3 ძირითადი ცირკულაციის ტიპის შედეგად.

პირველი ტიპის ცირკულაციას უმეტესია ჩრდილო და ჩრდილო-აღმოსავლეთის ზომიერი და ძლიერი ქარები, რომელთა მეშვეობით შავი ზღვის ძირითადი ციკლონური დინება შედარებით მდგრადია და ვრცელდება შელფის ზოლის გასწვრივ. ჩრდილოეთ ნაწილში (რუსეთის სექტორში) შეიძლება წარმოიშვას ინტენსიური, ე.წ. „კროს-შლეიფური“ დინება და მეზომასშტაბური ანტიციკლონური გრიგალი. ზღვაში მოხვედრილი დაბინძურების ლოკალიზაცია ხდება რუსეთის სექტორში მისი სანაპირო ზოლში გადაადგილებით. „კროს-შლეიფური“ დინების რაიონში სწარმოებს ჭუჭყის გამოტანა ღია ზღვაში.

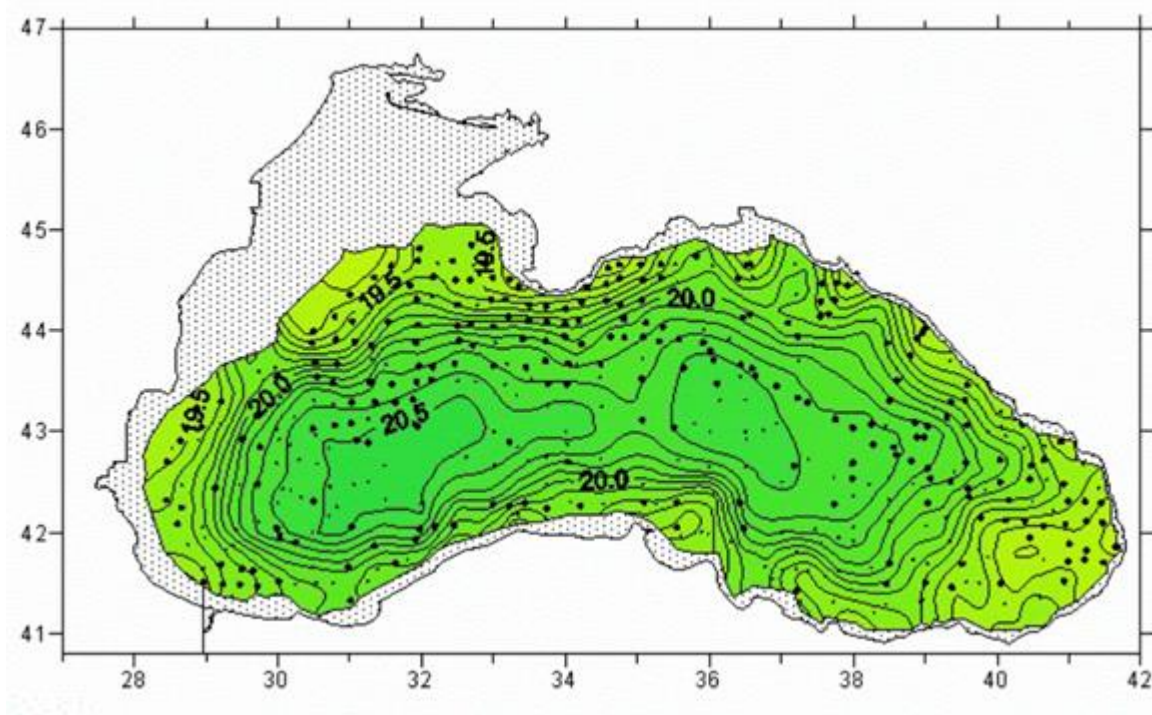
მეორე ტიპის ცირკულაციის ფორმირება ხდება ცვალებადი ქარების შემთხვევაში, აგრეთვე წყლის დინების ნაკადების შემცირებისას, როცა ისინი მოედინებიან საქართველოს სამეგრელო-აფხაზეთის რეგიონებიდან. ძირითადი შავიზღვისეული დინება ხდება არამდგრადი რუსეთის სამხრეთ სექტორში, რომელშიც თანდათანობით შორდება სანაპირო ხაზს, შელფზე წარმოიშვება სანაპირო ანტიციკლონური გრიგალი. დამაბინძურებელი მასა (ნივთიერებები) სანაპირო აკვატორიაში განაწილებულია არათანაბრად, რადგან მისი ნაწილი გადაადგილდება შელფის გასწვრივ წყლის მასის ცირკულაციის შედეგად, რომელსაც ანტიციკლონური გრიგალები იწვევენ, ხოლო სხვა ნაწილის აკუმულაცია ხდება მათში და გადაადგილდება ნაპირის გაყოლებით.

მესამე ტიპის ცირკულაცია ხდება სუსტი ქარების პერიოდში, როცა უმნიშვნელოდ შემოდის წყლის მასები ქართულ-აფხაზური სექტორის მხრიდან. ეს დინება შეიძლება შესუსტდეს, მეანდრირებს და შეიძლება დაიშალოს რამდენიმე ტოტად, მათგან სანაპიროს ტოტი შეიძლება მთლიანად შეწყდეს. ნაპირის ახლოს წარმოქმნილი ძლიერი ნაკლებადმოდრავი ანტიციკლონური გრიგალი ანხორციელებს წყლის მასის გაცვლას შელფის ზონის გასწვრივ. გაჭუჭყიანებული წყლის ნაწილი შეიძლება გაფართოვდეს ღია ზღვის მხრისკენ, რის გამოც მცირდება მისი სიმკვრივე და კონცენტრაცია.

კოსმოსური მონიტორინგის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მეზომასშტაბურ ანტიციკლონებს, რომლებიც წარმოიშობა კონტინენტალური შელფის ახლოს დამახასიათებელია მთელი შავი ზღვის კავკასიის ზღვისპირეთისთვის. შავ ზღვაზე წარმოქმნილი სხვა მეზომასშტაბური ანტიციკლონების (ბათუმის, სევასტოპოლის, ბოსფორისა და ა.შ) ანალოგიურად მათ მიიღეს პირობითი სახელწოდება „კავკასიური ანტიციკლონის“ სახელწოდება. ამ ციკლონებს საკმაო ზომები გააჩნია (30-40-დან 70-80 კმ-მდე) და ხანგრძლივობა 2-დან 3-4 კვირამდე. მათ შეუძლიათ ბლოკირება გაუკეთონ ძირითად შავიზღვისპირულ დინებას და შექმნას ზღვისპირა საწინააღმდეგო დინება. ამ დროს, აქ წარმოიქმნება ახალი, შავი ზღვის ძირითადი დინებიდან ე.წ. კროს-შელფური ახალი დინების ტოტი, რომელიც ანტიციკლონის სამხრეთ პერიფერიაში მიემართება დასავლეთის მიმართულებით ღია ზღვისაკენ, გადადის საზღვაო ტოტში და გადაადგილებს დაბინძურებულ მასას ზღვის ღრმაწყლების რაიონში. კავკასიური ანტიციკლონები, მათი ევოლუციის პროცესში თანდათანობით მიემართებიან დასავლეთის მიმართულებით, იზრდებიან ზომებში, ზოგჯერ ტრანსფორმირდებიან სოკოსმაგვარ სტრუქტურად და თანდათანობით იშლებიან. არაიშვიათად ეს ანტიციკლონი მიემართება შავი ზღვის ძირითადი დინების დასავლეთით და წარმოქმნის კროსშელფურ წყალცვლას, ხოლო ძველი ანტიციკლონის წარმოშობის ადგილას ჩნდება ახალი ანტიციკლონური გრიგალი[51; 4; 33].

ზღვის წყლის სტრუქტურის ძირითადი ჰიდროქიმიურ მაჩვენებელს მიეკუთვნება მისი მარილიანობა (ნახ. 1.1 და 1.2). წყლის მასების დინამიკური სტრუქტურის ბევრი მახასიათებელი (სიმკვრივე, ხვედრითი მოცულობა, ფენების მდგრადობა, დინამიკური სიმაღლეების განაწილება და სხვა) დამოკიდებულია წყლის ტემპერატურაზე.

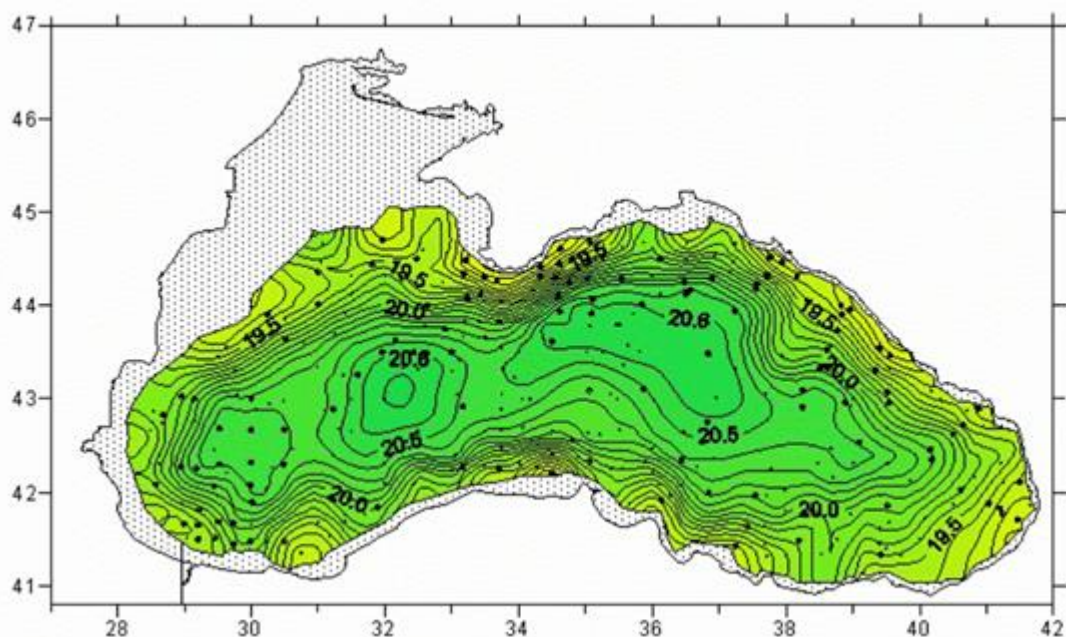
ზამთრობით მარილიანობა ხასიათდება სრული ერთგვაროვნობით ზედა ფენებში და სუსტი ვერტიკალური გრადიენტებით - 60-70 მ-მდე სიღრმეებზე. ზაფხულის პერიოდში ერთგვაროვანი ზედაპირული ფენის სიმძლავრე იზრდება 10-15- დან 15-20 მ-მდე. დიდ სიღრმეებზე მარილიანობის ვერტიკალური ცვლილება მერყეობს დიაპაზონში $17,5^{0}/_{00}$ (მაისი-ივლისი) $18,2^{0}/_{00}$ -მდე (დეკემბერ-იანვარი). ზაფხულობით ნაპირის ახლოს ხშირად ვხვდებით წყლის ლინზას მარილიანობით $16^{0}/_{00}$ -დან $17^{0}/_{00}$ -მდე.



ნახ. 1.1. საშუალო მრავალწლიანი მარილიანობა (პრომილე) 100 მ-იან ჰორიზონტზე, თებერვალში.

ვერტიკალზე ტემპერატურის ცვალებადობა წლის უმეტეს დროში ხასიათდება ზედა ფენებში წყლის მაღალი ტემპერატურით და მცირეოდენი დაცემით ჰორიზონტამდე 60-75 მ. ამ დონიდან იგი თანდათანობით იზრდება. 2000 მ სიმაღლეზე წყლის ტემპერატურა $9,2^{\circ}\text{C}$, რაც შეიძლება აიხსნას იმით, რომ შავი ზღვის ფსკერიდან სითბოს გეოთერმული დინება მიმდინარეობს. ჰორიზონტალურ ნაწილში 75-დან 100 მ-მდე იმყოფება ცივი შუალედური ფენა, რომელიც მთელი წელი ინარჩუნებს $7-8^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურას. ზღვის წყლის სეზონური ტემპერატურული ცვალებადობა მიმდინარეობს ჰორიზონტზე 150-200მ-ის ფარგლებში, მაგრამ უფრო მკვეთრად იგი შეიმჩნევა ზედა ფენებში (50-60მ), ხოლო მისი ინტენსივობის ხარისხი დამოკიდებულია შავ ზღვაზე გაბატონებული ატმოსფერული ფაქტორებით.

შავი ზღვის მარილიანი წყალი და მდინარეების ძლიერი დინება ქმნის მაღალ მარილიანობას $21,9^{0}/_{00}$. თუმცა მსოფლიოს ოკეანეებთან შედარებით, მარილიანობა რამდენჯერმე უფრო მცირეა. უკანასკნელ პერიოდში მყარდება ფარდობითი სითანაბრე შავ ზღვაზე მარილის შემცველობის საკითხში, რაც დაკავშირებულია მარილების შემოჭრის ბალანსირებით ქვებოსფორის დინების გამო და მტკნარი წყლების შემოტანით ზედაბოსფორის ნაკადიდან.



ნახ. 1.2. საშუალო მრავალწლიანი მარილიანობა (პრომილე) 100 მ-იან ჰორიზონტზე - აგვისტოში.

საინტერესო შედეგები წარმოადგინეს აზნიირ-ის თანამშრომლებმა, რომელთა თანახმად წყლის მარილიანობის დიაპაზონის ცვალებადობა განხილულ რაიონში 2007 წ. შეადგენს:

1. გაზაფხულზე ზედაპირულ ჰორიზონტზე $15-18^{0}/_{00}$, ფსკერულ ჰორიზონტზე (45-50 მ-მდე) $17-19^{0}/_{00}$;
2. ზედაპირულ ჰორიზონტზე შემოდგომაზე $17,72-18,12^{0}/_{00}$, ფსკერულ ჰორიზონტზე (45-50მ-მდე) $18,04 - 18,37^{0}/_{00}$.

ზამთრის ცივ თვეებში წყლის ზედა ფენა გადაადგილდება 40-45 მ სიღრმემდე და ხასიათდება **ჰომოთერმიით**. კონკრეტული პირობებიდან გამომდინარე, საშუალო

თვიური ტემპერატურა ამ შემთხვევაში მერყეობს ზღვრებში 7-11°C (იშვიათად მცირდება 6°C-მდე). შემდეგ, სიღრმის ზრდის პროპორციულად. ტემპერატურა მცირდება და აღწევს მინიმუმს 75-100 მ (ზოგჯერ მეტს) სიღრმეზე. ზაფხულობით ზედა კვაზიერთგვაროვანი ფენა მცირდება 10-დან 15 მ-მდე. აგვისტო-სექტემბერში წყლის გათბობა მაქსიმალურია (25°C-ზე მეტზეც), ხოლო წყლის ერთგვაროვანი ფენა აღწევს 20-25 მ. ამ დონის ქვემოთ შეიმჩნევა ტემპერატურის მყისიერი შემცირება. 40 მეტრიან ფენაში ტემპერატურა შეადგენს 15-20°C. წყლის ტემპერატურის სინოპტიკური ცვალებადობა დიდია: თებერვლის პერიოდში იგი შეიძლება მერყეობდეს 6-11°C, ხოლო აგვისტოში 16-27°C-მდე;

ამრიგად, მიმდინარეობს წყლის ტემპერატურის კანონზომიერი შემცირება ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ დინების გადაადგილების გამო რუსეთის ფედერაციისა და საქართველოს პორტებს შორის.

თუმცა, როგორც საექსპედიციო კვლევების შედეგები გვიჩვენებს, მეტეოროლოგიური პირობების მიზეზებით ხდება წყლის მასების ინტენსიური არევა და ტემპერატურული ცვლილებაც 50 მ-მდე წყლის სიღრმეში უმნიშვნელოა.

წყლის სისქის ვერტიკალური კვეთში, სიღრმის ცვალებადობასთან ერთად მცირდება წყალში ჟანგბადის შემცველობა. ზედაპირულ ფენაში ჟანგბადის საშუალო რაოდენობა შეადგენს 6,5 მლ/დმ³. აკვატორიის ზოგიერთ ნაწილში, 75მ სიღრმიდან დაწყებული აღმოჩნდა გოგირდწყალბადი (H₂S), რომლის კონცენტრაცია იზრდება ერთდროულად ჟანგბადის შემცველობის შემცირებით. 100-250 მ სიღრმის ინტერვალში H₂S საშუალო შემცველობაა 2,34 მლ/დმ³.

კავკასიისა და შავი ზღვისპირეთის მდინარეები მიეკუთვნებიან 3 ჰიდროლოგიურ სექტორს: ჩრდილოეთ-შავი ზღვის, სამხრეთ-შავი ზღვის და აჭარის, რომელთა საერთო დახასიათება მოცემულია ცხრილში 1.15.

საქართველოს შავი ზღვის აუზი განსაკუთრებით მდიდარია მდინარეებით [18]. ყველაზე დიდი მდინარეა რიონი (L=327 კმ; წყალსაკრების ფართი F=13400 კმ²) შენაკადებით, ყვირალა (L=140 კმ; F=3630კმ²) და ცხენისწყალი (L=176 კმ; F=2120 კმ²), ტეხურა (L=101 კმ; F=1040 კმ²), ენგური (L=213 კმ; F=4060 კმ²), ღალიძგა (L=53 კმ; F=483 კმ²), კოდორი (L=117 კმ; F=2030 კმ²), ბზიფი (L=110 კმ; F=1520 კმ²), სუფსა (L=108 კმ;

F=1130 კმ²), ნატანები (L=60 კმ; F=657 კმ²), კინტრიში (L=45 კმ; F=291 კმ²), ჭოროხი (L=438 კმ; F=22130 კმ²) შენაკადით აჭარისწყალი (L=90 კმ; F=1540 კმ²).

შავ ზღვაში ჩამდინარე მდინარეები იკვებებიან ყინულოვანი, თოვლიანი და წვიმისა და მიწისქვეშა წყლებით. წლიური ყინულოვანი ჩამონადენი შეადგენს 0,9კმ³. ყველაზე მეტად ყინულოვანი წყლებით იკვებება მდ. ენგური (560 მილ.მ³), მდ. კოდორი (119 მილ. მ³) და რიონი (70 მილ. მ³).

საქართველოს შავი ზღვის აუზის მთელი რიგი მდინარეები იკვებება თოვლიანი და მიწისქვეშა წყლებით. აღნიშნული მდინარეების უმრავლესობა თითქმის მთლიანად ღებულობს მხოლოდ წვიმის წყლებს, რომელიც მცირდება სიმაღლის მომატებასთან ერთად და მაღალმთიან ზონაში შეადგენს წლიური ჩამონადენის 10-15% -ს.

საშუალო წლიური ჩამონადენი საქართველოს ტერიტორიიდან შეადგენს 59,9 კმ³, ხოლო ჩამონადენის სისქე 820 მმ. თურქეთიდან ტრანზიტული ჩამონადენი, რომელიც შემოდის საკვლევ აკვატორიაში და საერთოდ საქართველოში (მდ. ჭოროხი, მდ. მტკვარი) შეადგენს 8,5 კმ³.

კავკასიის შავი ზღვისპირეთის სექტორში მდინარეების ჰიდროლოგიური
მახასიათებლები

ცხრილი 1.15

ჰიდროლოგიური სექტორი	რეგიონის წყალსაკრების ფართობები კმ ²	სამდინარო ბადის სიხშირე კგ/კმ ²	მდინარეების საერთო რაოდენობა
ჩრდილოეთი- შავი ზღვის	3 770	0,31-1,01	665
სამხრეთ -შავი ზღვის	31 070	0,59-1,22	14 418
აჭარის	25 010	1,26-2,58	4 799
საერთო მნიშვნელობა	59 850	0,64	19 882

საქართველოს შავი ზღვის სექტორში ყველაზე წყალუბვ (კმ³) მდინარეებად ითვლებიან: ენგური - 59, კოდორი - 4,1, ბზიფი - 3,0, რიონი - 2,8. ეს მაჩვენებელი მეტი აქვს აფხაზეთის და აჭარის მდინარეებს.

თუ წყლის ჩამოდინება ზღვაში აჭარის ტერიტორიაზე შეადგენს 1 800 მმ. და იზრდება სიმაღლის მიხედვით 3000-4000 მმ-მდე, ყველაზე მაღალ ადგილზე შუა აჭარაში იგი მცირდება 2000 მმ-მდე. საქართველოს შავი ზღვისპირეთის მცირე მდინარეები ძირითადად იკვებებიან წვიმის წყლით, რის გამოც მათი ათვლა შესაძლებელია მხოლოდ წყალმოვარდნის რეჟიმში, განსაკუთრებით შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში.

მდინარეების ჩამონადენი, რომელსაც თან მოყვება სხვადასხვა პოლიუტანტები, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს შავი ზღვის აკვატორიის ეკოლოგიაზე (იხ. ქვემოთ).

ვაჯამებთ რა თავს, აღვნიშნავთ, რომ შავი ზღვის განხილულ სანაპირო ზოლში რთული ჰიდროლოგიური მდგომარეობა განსაზღვრავს გაჭუჭყიანებული ნივთიერებების მიგრაციას სანაპიროს გასწვრივ. ამასთან ერთად, წყლის მასა, როგორც საკმაოდ დინამიკური გარემო, აწარმოებს თვითგასუფთავების პროცესს. წყლის მარილიანობა, რომელიც ითვლება აგრეთვე ლიმიტირებულ ფაქტორად თვითგასუფთავების პროცესში ინტენსიურად მიმდინარეობს საკვლევ აკვატორიაში.

ჩამოთვლილი მაჩვენებლების სიდიდეები, რა თქმა უნდა, მაღალია მსხვილი დასახლებული პუნქტებისა და ქალაქების გარშემო (ქალაქები: ანაპა, ნოვოროსიისკი, გელენჯიკი, ტუაფსე, სოხუმი, ოჩამჩირე, ფოთი, ბათუმი).

1.8. ნავთობპროდუქტების ლაქას დრეიფის შეფასება

საქართველოს შავის ზღვის აკვატორიის ადმინისტრირების პასუხისმგებლობის ფარგლებში ნავთობის ჩაღვრით წარმოქმნილი ნავთობლაქის სავარაუდო მოძრაობა შეიძლება პირობითად დავყოთ ორ ნაწილად:

-აკვატორია, სადაც ნავთობის ლაქას სიჩქარეზე და მიმართულებაზე გავლენის განმსაზღვრელ ფაქტორებს წარმოადგენს მ.ჭოროხის და მ. რიონის ჩადინება;

-აკვატორია, სადაც ნავთობის ლაქას სიჩქარეზე და მიმართულებაზე გავლენის განმსაზღვრელ ფაქტორებს წარმოადგენს ქარის მიმართულება მთელ დასავლეთ საქართველოში.

წყლის ზედაპირზე ჩაღვრილი ნავთობპროდუქტები გადაადგილდება იმავე მიმართულებით და სიჩქარით, რომლითაც წყლის ზედაპირული ფენა. ნავთობლაქას გადაადგილების განმსაზღვრელ მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს დინება და ქარი.

კოლხეთის დაბლობში უმეტესია სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარი, დასავლეთის ამაღლებულ ადგილებში, ამასთანავე ზღვასთან ახლოს მთელი წლის განმავლობაში ქრის აღმოსავლეთის (ზამთარი) და დასავლეთის (ზაფხული) ქარი [16], [20].

როგორც ცნობილია, ნავთობლაქა გადაადგილდება სიჩქარით, რომელიც ტოლია ქარის სიჩქარის საშუალოდ 3%-ის [16], [20]. ნავთობის ლაქას ცენტრის დრეიფის სიჩქარე ქარზე და დინებაზე დამოკიდებულებით განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$\vec{V}_{oi} = 0,033\vec{V}_a + \vec{V}_o \quad , \quad (1.5)$$

სადაც \vec{V}_B -ქარის სიჩქარის ვექტორი, მ/წმ; \vec{V}_o - წყლის ზედაპირული დინების სიჩქარის ვექტორი, მ/წმ.

ნავთობის ლაქას (განშლის გაუთვალისწინებლად) დრეიფის დრო შეჩერების ობიექტამდე გამოითვლება ფორმულით:

$$t = \frac{L}{|\vec{V}_{oi}|} \quad , \quad (1.6)$$

სადაც L - მანძილი ჩაღვრის ადგილიდან განსახილველ წერტილამდე, მ; \vec{V}_{oi} -ნავთობლაქას დრეიფის სიჩქარის მოდული, მ/წმ.

თავი 2. შავი ზღვა, როგორც ნავთობითა და ნავთობპროდუქტებით დაბინძურების ობიექტი

2.1. შავი ზღვის ნავთობით დაბინძურების წყაროები

როგორც ცნობილია, შავი ზღვა ითვლება შიგა საკონტინენტთაშორისო საწყლოსნო ობიექტად, რომელსაც გააჩნია დიდი სატრანსპორტო მნიშვნელობა. ამის საფუძველია ინტენსიურად მიმდინარე ახალ-ახალი პორტების ინფრასტრუქტურის განვითარება, რომლებიც ორიენტირებულია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ექსპორტზე. ამავე დროს ამ ობიექტებს გააჩნია უდიდესი რეკრეაციული პოტენციალი, რის გამოც საფრთხის ქვეშაა მისი არსებობაც კი.

განვიხილოთ საქართველოს სანაპიროს სანავთობო კომპლექსი, რომელიც წარმოდგენილია ნავთობსადენებით, ნავთობგადამამუშავებელი საწარმოებით, ნავთობსაცავებით და პორტებით. დღეს ნახშირწყალბადური ნედლეული, რომლებიც ყოველდღიურად მიეწოდება ჩვენი პორტების გავლით მსოფლიო ბაზარს, შეადგენს 100 მილ. ტონაზე მეტს. ამავე დროს ზოგიერთი ავტორები დარწმუნებულნი არიან იმაში, რომ ეს მაჩვენებელი შეიძლება გაიზარდოს 138-150 მილ.ტ-მდე [68]. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მასალების ზღვით გადაზიდვა არის და რჩება რთულ და საშიშ ამოცანად. ასე მაგალითად, მსოფლიოს ოკეანეების აკვატორიებში ყოველწლიურად სხვადასხვა ოფიციალური შეფასებით ხვდება 500-569 ათასი ტ. ნავთობპროდუქტების ჩაღვრა, მაშინ როცა შავი ზღვისათვის ეს ციფრი შეადგენს 136 ტონას. შავი ზღვის რუსული სექტორიდან თანამგზავრული მონიტორინგით მიღებული მონაცემების მიხედვით დადგენილია, რომ ნებისმიერი აკვატორია განიცდის ნავთობით და ნავთობპროდუქტებით ქრონიკულ დაბინძურებას, რომლებიც ჩამოიღვრება ხოლმე გემების გავლის პროცესში. აუცილებელია დავაკონკრეტოდ პოლიუტანტის მოხვედრის წყარო, რომელიც დაკავშირებულია ნახშირწყალბადების გადაზიდვის შედეგებთან [14].

ხშირად ტანკერებს ერთი მიმართულებით უხდებოდ ნავთობის ან მისი რომელიმე ნავთობპროდუქტის გადაზიდვა, ხოლო უკან დაბრუნებისას ისინი მისი ტვირთამწეობის 1/3 ან 1/2 ივსება წყლით, რათა გემმა მიიღოს აუცილებელი მდგრადობა მოძრაობის დროს და არ გადაბრუნდეს განსაკუთრებით ცუდ ამინდში. სწორედ წყლის ამ რაოდენობას ჰქვია ბალასტური წყლები, რომელიც შეიცავს ნავთობის

ნარჩენებს. მიუხედავად აკრძალვებისა, ნავთობის გადატუმბვის დროს, განტვირთვის ადგილზე, ყოველთვის ხდება ნავთობნარევი (ბალასტური წყლის) მასის ჩაღვრა წყლებში და მისი დაბინძურება (ავარიებს რომ თავი დავანებოთ). შემდეგ წყლების დინებისა და ღელვის შედეგად, რომლებიც გამოწვეულია ჰიდრო-მეტეომდგომარეობით, ნავთობკომპონენტის მასა, გადალახავს რა დიდ მანძილს, გამოირიყება სანაპიროზე.

ლიალური წყლები წარმოადგენს საწვავისა და შესაზეთი მასალის ნარევს წყალთან. მის შემადგენლობაში გარდა წყლისა და ნავთობპროდუქტების ნარჩენებისა არის აგრეთვე სხვა ნივთიერებები (ქიმიკატები, სარეცხი საშუალებები, ჭკარტლი, შლამი და ა.შ). წესით ასეთი წყლები უნდა ჩავაბაროთ სპეციალურად სანაპიროებზე მოწყობილ მიმღებ პუნქტებში. მაგრამ ეს იწვევს გადაზიდვების დამატებით მოცდენებს და ხარჯებს, ამიტომ, როგორც წესი, ნავსადგურში შესვლამდე იღვრება ღია ზღვაში.

უფრო რთული სიტუაციები დაკავშირებულია ტანკერების მიერ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრასთან ღია ზღვაში, აკვატორიაში მათი დაზიანებისა თუ სხვა მიზეზების გამო. ბოლო წლებამდე ინფორმაციები ავარიულ ჩაღვრებზე დაუშვებელი იყო, მათ რიცხვში სამეცნიერო წრეებისთვისაც კი, რაც აფერხებდა ეკოსისტემაზე ამ წყაროს ზემოქმედების შესწავლას. ხშირად გამჟღავნებულ ინფორმაციებში ცხადდებოდა იმ ავარიების შესახებ, რომელთა დამალვა შეუძლებელი იყო. მრავალი წლის მანძილზე მიმდინარეობდა ინფორმაციის შეგროვება შავ ზღვაზე ავარიების სტატისტიკის ჩამოყალიბებისათვის. ყველაზე დიდი ავარია ტანკერისა მოხდა 2007 წ. ქერჩის სრუტეში (იხ. დანართში ნახ.10), რომლის დროსაც ზღვაში ჩაიღვარა 2 ათასი ტონამდე მაზუთი. საქართველოს ზღვის სექტორიდან ნავთობის ჩაღვრის ყველაზე მასშტაბური შემთხვევა იყო 2008 წ. ქართულ-რუსული სამხედრო კონფლიქტის დროს, როცა ფოთის პორტში ჩაძირეს რამდენიმე სამხედრო გემი.

სტატისტიკური მონაცემებით ცნობილია, რომ დიდი წილი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების კომპონენტების ზღვებში იღვრება არა ავარიების გზით, მაშინ როდესაც ავარიების შედეგად მსოფლიოს ოკეანეებში ჩაღვრილი მასა შეადგენს მხოლოდ 6%-ს (GESAMP 1993). შავი ზღვისათვის ამ ციფრმა შეადგინა 1% [85; 14]. მიუხედავად ამისა, იგი ძალიან დიდია, რადგან ავარიული შემთხვევები ატარებენ

ლოკალურ ხასიათს, რის გამოც პოლიუტანტის კონცენტრაცია საზღვაო აკვატორიის ამ მონაკვეთებზე ბევრად აღემატება დასაშვებ ნორმას და ქმნის კრიზისულ ეკოლოგიურ მდგომარეობას.

ეკოსისტემის დაბინძურება ნავთობის კომპონენტებით და პოლუტანტებით სწარმოებს აგრეთვე ნავთობისა და გაზის საბადოების სამრეწველო ექსპლუატაციის დროსაც. პირველი ძეგნითი ჭაბურღილი შავ ზღვაზე გაბურღილი იქნა 1970 წ. თუმცა ძეგნითი სამუშაოები (გაბურღვები) ზღვის შეღფზე ტარდებოდა მცირე მასშტაბებით, გაიხსნა ორი ათეული ნავთობისა და გაზის საბადო (ცხრ. 2.1). არსებობს გეოლოგიური გამოკვლევები, რომლის თანახმად ნავთობისა და გაზის საბადოების პოტენციალი შავი ზღვის ღრმა წყლების შეღფის ზონაში შეიძლება შევადაროთ კასპიის ზღვის მონაცემებს. თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ ისიც, რომ ეს შედარება ეყრდნობა წლების განმავლობაში ჩატარებული სეისმური კვლევის შედეგებს და მერყეობს დიდ ზღვრებში.

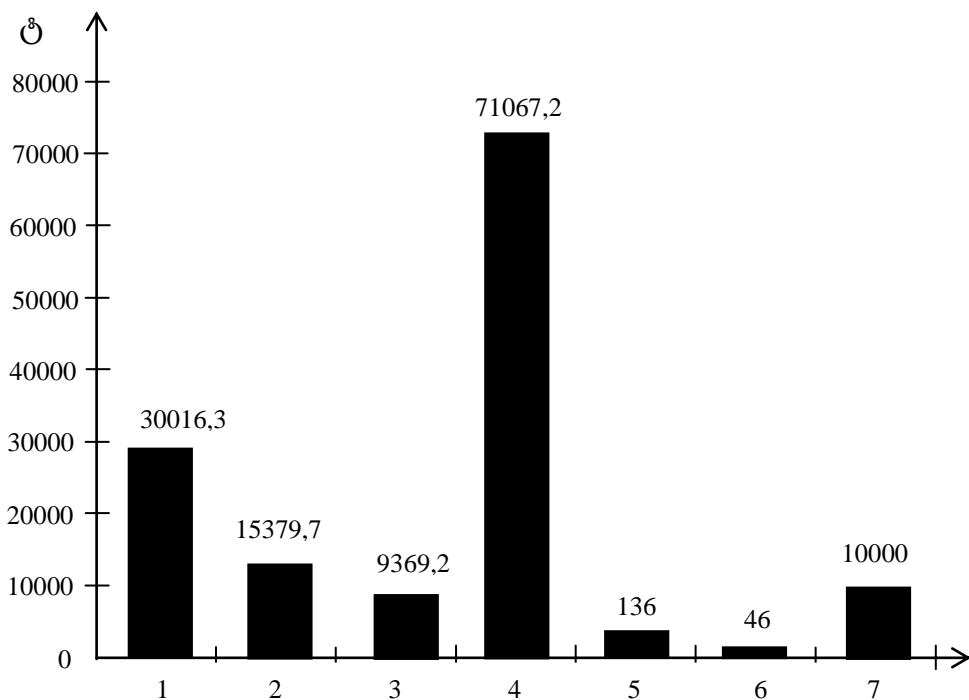
როგორც ცნობილია, შავი ზღვის საქართველოს სექტორში ნავთობის მოპოვება არ წარმოებს, მაგრამ ზემოდ მოტანილი ინფორმაცია და კომპანიების ამბიციური ინტერესი შეღფურ ზონაში საბადოების აღმოჩენის შესახებ გვარწმუნებს, რომ უახლოეს პერიოდში საქართველოს ეკოსისტემაზე გავრცელდება დამატებითი ტექნოლოგიური დატვირთვა, რომელიც გამოიწვევს იქნება პოლიუტანტის მოხვედრაში ზემოთ განხილული წყაროებიდან.

ნახშირწყალბადების რესურსები შავ ზღვაში (ნ.ე.-ნავთობის ექვივალენტი; მ³)

ცხრილი 2.1

ქვეყანა	მარაგის რაოდენობა	მოპოვება
რუსეთი	0,4 - 1,6 მილიარდ. ტ., ნ.ე.	არა
უკრაინა	0,844 მილიარდ. ტ., ნ.ე.	არის
საქართველო	0,196 მილიარდ. ტ., ნავთობი	არა
რუმინეთი	1 ტრილ. მ ³ გაზი	არის
ბულგარეთი	200 მილიარდ. მ ³ - მდე	არის
თურქეთი	1,0 მილიარდ. ტ., ნავთობი; 800 მილიარდ. მ ³ გაზი	არის
სულ	4,5 – 5,5 მილიარდ. ტ., ნ.ე.	

შავი ზღვის აკვატორიის ერთ-ერთი უმსხვილესი დამაბინძურებელი არის ატმოსფეროდან ნავთობის კომპონენტების გავრცელება. სპეციალისტების აზრით ეს ფაქტი აიხსნება სხვადასხვა საწვავების არასრული წვით ატმოსფეროში. ატმოსფეროში აღინიშნება შედარებით ნაკლები რაოდენობა გაჭუჭყიანებული ნივთიერებებისა მათი რაოდენობის ნიადაგში არსებობასთან შედარებით [68; 69].



ნახ. 2.1. ნავთობის ნახშირწყალბადებით შავი ზღვის დანაგვიანების ძირითადი წყაროები (ჩამონადენი ტონა წელიწადში): 1-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო; 2-სამრეწველო; 3-ნიაღვრული წვიმა; 4-სამდინარო; 5-ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირება; 6-ატმოსფერული ნალექები; 7-გრუნტის დამპინჯი.

შავი ზღვის ეკოსისტემებში დღეისათვის დაბინძურების ძირითად წყაროდ ითვლება ნავთობკომპონენტები, საყოფაცხოვრებო და ინდუსტრიული, თავსხმა წვიმებიდან, მდინარეებიდან ჩამონადენები (ცხრ. 2.1.) და სხვა. შავი ზღვის აკვატორიისათვის შედარებით აქტუალურია პოლიუტანტების ჩამონადენის პრობლემა. ასე მაგალითად: ნავთობიანი ნახშირწყალბადების, საყოფაცხოვრებო, ინდუსტრიული, თავსხმა წვიმების და სამდინარო ჩამონადენების რაოდენობა მსოფლიოს ოკეანეებში

შეადგენს 46,35%, ხოლო შავ ზღვაში ეს ციფრი მეტია 95%-ზე [14]. არის ცნობა იმის თაობაზე, რომ გრუნტის დამპინგის [46] შედეგად ყოველწლიურად შავ ზღვაში ჩაედინება 10 ათასი ტ. ნავთობკომპონენტები.

ვიხილავთ რა შავი ზღვის ეკოსისტემის დანაგვიანებას ნავთობკომპონენტებით გასათვალისწინებელია აგრეთვე ბუნებრივ დანაგვიანებაც, რომელიც ქმნის ბუნებრივ ფონს, რადგან ნახშირწყალბადების სინთეზირება ხდება ცოცხალ ორგანიზმებთან. ცნობილია, რომ ყოველწლიურად ცოცხალი ორგანიზმები ნიადაგში გენერირებას უკეთებს 100 მილ. ტონა ნახშირწყალბადებს, ხოლო მსოფლიოს ოკეანეებში ფოტოსინთეზის შედეგად სწარმოებს 3-12 მილ. ტ. ნახშირწყალბადების პროდუცირება.

ეკოსისტემის დანაგვიანებისკიდევ ერთი ბუნებრივი წყარო არის ბუნებრივი გადმოღვრები საბადოებიდან [68]. ეს პრობლემა ვრცელდება მსოფლიო ოკეანის 10-15% ფართობზე, რომელზეც მოდის თითქმის ნავთობკომპონენტების 14%. არის ცნობები იმის შესახებ, რომ შავ ზღვაში სწარმოებს ნავთობის ბუნებრივი ჩაღვრა. ამ მხრივ საქართველოს ნაწილში მისი რაოდენობა შეადგენს 400 – 3000-ტონამდე ნავთობს წელიწადში, ხოლო თურქეთის ნაწილში 2000 ტ-მდე [42]. ეს მონაცემები აღებულია კოსმოსური რადიოლოკაციური გადაღებებიდან, „კონტაქტური“ კვლევის დადასტურების გარეშე, რასაც ამტკიცებს პოლიუტანტის ფართო დიაპაზონი.

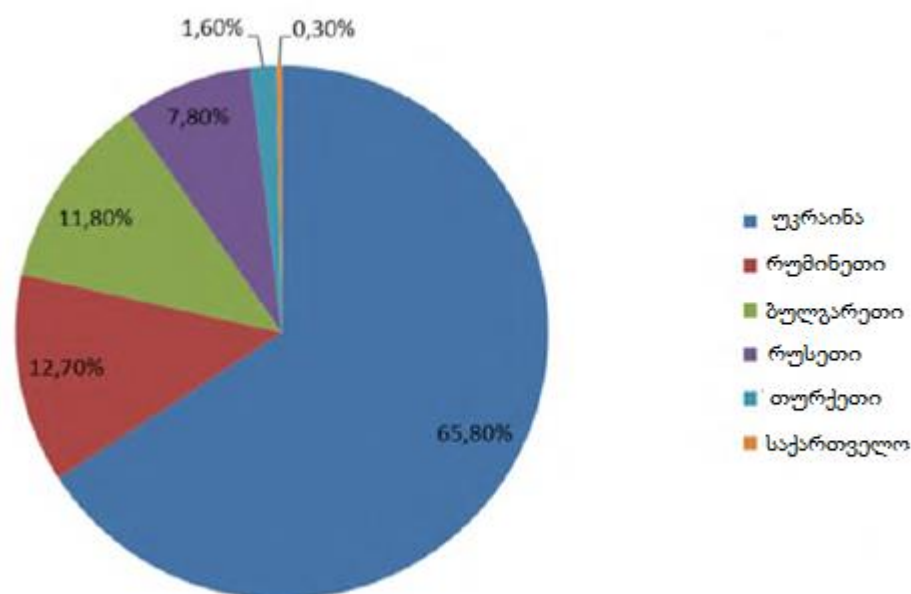
ნავთობიანი ნახშირწყალბადების გაჟონვების პარალელურად ზღვის ეკოსისტემაში ის ხვდება ტალახიანი ვულკანების დაცლის შედეგად, რომელთა რაოდენობა შავი ზღვის აუზში თითქმის 60-ზე მეტია.

ამრიგად, გამოქვეყნებული ლიტერატურული მასალების საფუძველზე, ნავთობიანი ნახშირწყალბადების ყოველწლიური ჩაღვრის რაოდენობა შავ ზღვაში შეფასებულია სხვადასხვანაირად და მერყეობს ზღვრებში 80 - 100 ათასი ტონა. ეს ინფორმაცია პესიმისტურად ჟღერს, რადგან ციფრი შემცირებულია და სინამდვილეს არ შეესაბამება. სინამდვილეში იგი უნდა შეადგენდეს 1 მილ. ტონას. ამასთან ერთად შეიძლება ვიწინასწარმეტყველოთ, რომ ნავთობის გაჟონვა ბუნებრივ პირობებიდან გამომდინარე შეადგენს აკვატორიაში მოხვედრილი ნავთობის 14%-ს.

ამრიგად, ყველაზე ოპტიმალური პროგნოზით, ნავთობკომპონენტების მოხვედრა შავი ზღვის ეკოსისტემაში შეადგენს 270 ათ. ტონას, რაც ამჟამად მიღებულ შეფასებას აჭარბებს 2 - 2,5-ჯერ.

2.2. შავი ზღვის დაბინძურების დონის შეფასების მოკლე მიმოხილვა

შავი ზღვის აკვატორიის დაბინძურების დონე ნავთობპროდუქტებით შესწავლილია: კოსმოსური ჰიდრომეტეოროლოგიური ცენტრის „პლანეტას“, რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის კოსმოსური კვლევის ინსტიტუტის, აზერბაიჯანის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის, ყუბანის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, ევროპის კომისიის მკვლევარების მიერ. ჩატარებული სამუშაოების ანალიზი და შედეგები მოცემულია რუსეთის, უკრაინის და დასავლეთ ევროპის ქვეყნების მკვლევარების ნაშრომებში.



ნახ. 2.2. ქვეყნების მიხედვით ნავთობის კომპონენტების ჩაღვრა შავ ზღვაში (შედგენილია UNEP/GPA, 2006წ. მონაცემების მიხედვით)

ნავთობის კომპონენტების შავ ზღვაში შემოსვლის შესახებ ყველაზე მასშტაბური კვლევა შესრულებულია ევროპული კომისიის მკვლევარების (UNEP/GPA, 2006) წარმომადგენლებით. კვლევის შედეგად შედგენილია ცნობები (ნახ. 2.2), რომლის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ყველაზე მეტი ნავთობკომპონენტები შავი ზღვის აკვატორიაში შემოდის უკრაინიდან, რომელიც სავსებით კანონზომიერია, რადგან მას უკავია აკვატორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი უმსხვილესი სამრეწველო და საპორტო ცენტრებით. სწორედ უკრაინიდან ჩაედინება შავ ზღვაში მდინარეები დუნაი და დნეპრი, რომელთა წყლები გაჯერებულია სხვადასხვა ნავთობკომპონენტებით. ნავთობპროდუქტების კონცენტრაცია პორტების ახლოს მდინარეების შესართავებში შეადგენს: დუნაიზე - 0,15 მგრ/დმ³; დნესტრზე - 0,08 მგრ/დმ³ და ა.შ. [14]. კვლევებში საკმარისზე მეტია ნათქვამი ნავთობპროდუქტების ხუთწლიანი გასაშუალებული მონაცემების შესახებ. შედეგად 5 პოლიგონს გააჩნია პოლიუტანტის სხვადასხვა კონცენტრაცია: დუნაიზე 200 მგრ/კგ; დნესტრზე - 169 მგრ/კგ; დნეპრ-ბუგცკ-ზე-133 მლგ/კგ; მეგაპოლის ოდესაზე-100 მგრ/კგ და ფონური სიდიდე - 15 მგრ/კგ. თუმცა ეს უკანასკნელი ავტორებს ახსნილი არა აქვთ და გაუგებარია.

საინტერესოა ისიც, რასაც ევროპული კომისიის მკვლევარების (UNEP/GPA, 2006) წარმომადგენლები აღნიშნავენ, რომ რუმინეთისა და ბულგარეთის ტერიტორიიდან ჩამოტანილი ნავთობკომპონენტები აღემატება რუსეთიდან ჩამოტანილს, რაც შეიძლება გამოწვეული იყოს რუსეთის სექტორში სამეურნეო-ყოფით მოხვედრილი პოლიუტანტების აღურიცხაობით.

დ.ლ. ფაშჩუკმა და ს.ი. შაპორენკომ [85; 86] თავიანთ ნაშრომებში წარმოადგინეს, დანაგვიანებისა და მათი მოცულობების შესახებ, ათწლიანი (1989-1999 წ.წ) დაკვირვებების შედეგები, რომელიც შავი ზღვის აკვატორიაში ჩაედინება. სამრეწველო და კომუნალური ნივთიერებებით დანაგვიანების საკითხი მათ განხილული აქვთ რუსეთის ფედერაციის საწყლოსნო მეურნეობის სამინისტროს მონაცემების საფუძველზე, სადაც გამოტოვებულია მონაცემები დიდი სამრეწველო ცენტრებიდან როგორც ტერიტორიის შიგნით, ასევე ზღვის სანაპიროზე. კერძოდ, საუბარია ქერჩის სრუტეზე. ნავთობის ნარჩენების განაწილება შავი ზღვის აკვატორიაში ნაჩვენებია ცხრილში 2.2. ამ მონაცემებით აკვატორიაში ყოველწლიურად ჩაედინება 80 ათასი ტ.

ნავთობპროდუქტი, ამასთან ერთად ნაგავის 65% მდინარეების დინებას ჩამოაქვს (იგულისხმება: დუნაი და დნებრი). შესაბამისად შავი ზღვა არ იმსახურებს არცერთ შეფასებას (ხარისხის კლასით: „ძალიან სუფთა“, „სუფთა“) და მხოლოდ „დანაგვიანებული“ არის მისი შეფასების კატეგორია. ფოთის უბეში, რომელიც იკვებება მდ. რიონის წყლით და ბათუმი - მდ. ჭოროხის წყლით, აღინიშნება დანაგვიანებული ნივთიერებების დიდი მოცულობები და მაღალი კონცენტრაცია.

ნავთობკომპონენტების შემადგენლობა შავი ზღვის საწყლოსნო სიღრმეებში

ცხრილი 2.2

ავტორი, სამუშაოს გამოშვების წელი	წელი	საშუალო მნიშვნელობა მგრ/დმ ³	კონცენტრაციის დიაპაზონი მგრ/დმ ³	სინჯის აღების მონაკვეთის ადგილი
დ.ი. ფაშუკი ს.ი. შაპორენკო (1995)	1980-1989	0,20	-	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთი
ა.ვ. დონოვი დ.ი. ფაშუკი (2006)	1964-1965	-	0,05-0,5	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთი და ჩრდილო-აღმოსავლეთი (სანაპირო რაიონები, უბე, ნავსადგური)
	1980	0,125	-	შავი ზღვის ღია აკვატორია
ი.ა. ნემიროვსკაია (2004)	2004	0,018	0,015-1,0	შავი ზღვის ღია აკვატორია
ს.პ. ლეხედევი (2008)	2008	0,05	-	სამოდელო გაანგარიშებები შავი ზღვის ყველა აკვატორიისათვის

საქართველოს საზღვაო აკვატორიაში აღინიშნება შეფასების ორიგინალური მეთოდი, რომლის თანახმადაც ავტორები გამოყოფენ 2 ტიპის ნავთობპროდუქტებს - ანალიტიკურსა და ლიუმინესცენციურს. ბათუმის ნაწილში აღინიშნება პირველი ტიპის არსებობა, რომელიც გამოირჩევა ულტრაიისფერი ნათებით (სხივებით), იისებურ-

ცისფერი და იასამნის ფერით. ნავთობპროდუქტების ეს ფერი ავტორების აზრით დამახასიათებელია თავსხმა წვიმების ჩამონადენებისათვის, როგორცაა მდ. ჭოროხი და სხვა წყალსადენები. მეორე ტიპის ნავთობპროდუქტები წყალში ჩანან თეთრი და მწვანე-მოყვითალო ნათებით, ქაღალდის კაპილარების გაჭიმვით, რომელიც ხშირად გვხვდება გაწმენდის ცენტრების და ავტოტრანსპორტის სალექარებში, აგრეთვე მდ. რიონის და სხვა დინებებში.

ამრიგად, ბათუმის აკვატორიის წყლებში ნავთობპროდუქტების შემცველობის ზრდა ხდება ლოკალურად დროის ცალკეულ მონაკვეთებში. პროცესი, რომლებიც კავშირშია უბის ჰიდროდინამიკურ რეჟიმებთან მივყევართ წყალში ნავთობპროდუქტების ზოგჯერ გადიდებასთან, ზოგჯერ კი შემცირებასთან. სხვადასხვა ნაშრომებში აღნიშნულია, რომ საშუალო და მაღალი მოლეკულური მასის მქონე ნავთობპროდუქტები ცუდად იხსნებიან წყალში. ისინი ხვდებიან ამ წყლებში სანაპიროდან ჩამონადენ წყლებთან ერთად და დაკავშირებული არიან ქარების მოძრაობასთან, რომლებსაც მიაქვთ აკვატორიის გაჭუჭყიანებული ზედაპირული ფენა ღია ზღვაში.

ფოთის ყურე საკმაოდ დაბინძურებულია ნავთობპროდუქტებით, მაგრამ დაბინძურების ყველაზე მაღალი დონეა სამგზავრო ნავსაბმელში და პალიასტომის ტბის რაიონში. საინტერესოა სხვადასხვა ავტორების მიერ ნალექების ფონზე ნავთობპროდუქტების განაწილების ზონალურობა შავი ზღვის ღია სივრცეში. ნაპირის ახლო ზოლზე, რამდენიმე ასეული მეტრ მანძილზე, არაპოლარული ბიტუმინიზებული ნივთიერებების შემცველობა არ აჭარბებს 30 მგრ/კგ. შემდგომ, ღია ზღვის მიმართულებით ეს ზოლი 1-5 კმ სიგანით შეიცავს არაპოლარული ბიტუმინიზებულ ნივთიერებებს 30-50 მგრ/კგ.

შავი ზღვის დაბინძურების მონიტორინგი, რომელიც დიდი ხანი გრძელდებოდა ასევე შესრულებულია აზერბაიჯანის სამეცნიერო კვლევითი ინსტიტუტის მიერ. ავტორების მიერ მიღებული შედეგები წარმოდგენილია შრომებში, რომელთა თანახმად ნავთობის კომპონენტების არსებობა საქართველოს აკვატორიის წყლის შრეებში იცვლება 0,015 – 2,94 მგრ/დმ³.

ანომალურად მაღალი კონცენტრაცია დაფიქსირდა ავტორების მიერ ფოთის უბეში, სადაც ფუნქციონირებს კასპიის მილსადენის კონსორციუმის სუფსის სანავთობო ტერმინალი. ავტორების მიერ შესწავლილია აგრეთვე წყლის შრეებში ნავთობპროდუქტების ვერტიკალური განლაგება. მიღებული შედეგები გვარწმუნებენ, რომ ნავთობპროდუქტების კომპონენტები წყლის ვერტიკალურ შრეებში დაკავშირებულია წყლის მასების დინამიკის სირთულესთან. ამ კვლევის საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა აკვატორიის წყლის მასების ნეგატიური დინამიკის შესახებ, რაც გულისხმობს მის დაბინძურებას 0,8 – 1,2 ПДК-მდე. ეს ტენდენცია გამოვლენილი იქნა აგრეთვე ნავთობპროდუქტების შემადგენლობაში ბათუმის პერიმეტრის წყლებში. რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის სამხრეთის სამეცნიერო ცენტრის მიერ ქერჩის სრუტეში ჩატარებული კვლევებით გამოირკვა, რომ მკვდარი ფრინველების რაოდენობამ აქ შეადგინა 12 ათასი ერთეული, ხოლო საერთო რაოდენობამ კი 15 ათასი ერთეული.[53].

სამუშაოში, რომელიც შეასრულა პ. პ. შირშოვის სახელობის ოკეანოლოგიის ინსტიტუტის სამხრეთის განყოფილებისა და აფხაზეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტის თანამშრომლებმა, მოცემულია ნავთობკომპონენტების რაოდენობის შემცველობა შავი ზღვის რუსულ-ქართულ (აფხაზური) აკვატორიაში[81].

როგორც ამ კვლევებიდან ჩანს, აღნიშნული ზონა განიცდის ქრონიკულ დაბინძურებას ნავთობპროდუქტებით და ეს სავსებით კანონზომიერია, რადგან შავი ზღვის სექტორის ეს პორტები რეგულარულად ანხორციელებენ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებას. დაბინძურების დინამიკაში აღნიშნულია პერიოდები, როცა ნავთობპროდუქტების კონცენტრაცია ხან იზრდება და ხან კი მცირდება. მაგალითად 2005 წ. აფხაზეთის ნაწილის დანაგვიანების მიზეზი იყო სუფსის ნავთობის ტერმინალი, რომლის მუშაობის ინტენსივობა შემცირდა ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის ექსპლუატაციაში გაშვების შემდეგ, რამაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა ამ რეგიონის ეკოსისტემა. თუმცა 2006-2007 წ. დანაგვიანების ხარისხმა იმატა[81].

ეფექტური გამოდგა შავ ზღვაზე ფართოდ გავცელებული თანამგზავრული მონიტორინგი. ეს სამუშაოები აქტიურად მიმდინარეობს სხვადასხვა ორგანიზაციებისა

და კვლევითი ცენტრების მონაწილეობით: რუსეთის ჰიდრომეტეოროლოგიური ცენტრი, რუსეთის მეცნიერებათა გეოფიზიკური ცენტრი, კოსმოსური ჰიდრომეტეოროლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი „პლანეტა“, რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის კოსმოსური ინსტიტუტი, საინჟინრო-ტექნოლოგიური ცენტრი „СкаНЭКС“ და სხვა.

რუსეთის შავი და აზოვის ზღვებზე თანამგზავრული მონიტორინგით დადგენილია, რომ აკვატორია ე. ნოვოროსიისკის ახლოს განიცდის ქრონიკულ დანაგვიანებას ნავთობპროდუქტების ნარჩენებით, რომელსაც ანხორციელებენ გამვლელი გემები. ეს ფაქტი ავტორების აზრით არის შედეგი იმისა, რომ საკვლევი რაიონი განლაგებულია ტანკერების ტრასის ახლოს.

2012-2013 წ.წ. საექსპედიციო კვლევის შედეგად შავი ზღვის ამ რეგიონში ნახშირწყალბადის შემცველობა წყლებში აღწევდა 4-35 მგრ/დმ³, ხოლო საშუალო მნიშვნელობა 18 მგრ/დმ³[68]. მიუხედავად იმისა, რომ პოლიუტანტის შემცველობა მოცემულ აკვატორიაში არ იყო მაღალი, ავტორები განსაკუთრებით აღნიშნავენ რთულ ჰიდროდინამიკურ მდგომარეობაზე, რომელიც ხელს უწყობს ნახშირწყალბადების გადანაწილებასა და მიგრაციას, აგრეთვე მათი კონცენტრაციის მყისიერ შემცირებასაც.

ცნობილია, რომ ყოველწლიურად შავი და აზოვის ზღვების რუსეთის სექტორზე დაფიქსირებულია 80-მდე ნავთობის ჩაღვრა, რომლებიც ზოგჯერ გადაჭიმულია 30 კმ მანძელზე - საერთო ფართობით 24 კმ²[14].

ა.ი. ივანოვის გამოკვლევაში ყურადღებას იმსახურებს ნავთობით დაბინძურების ოპერატიული მონიტორინგის დისტანციური ზონდირების მეთოდი, რომელიც ეფექტურია აგრეთვე საპროგნოზო ძეზნის პროცესში ნავთობის საბადოების აღმოჩენაში. აქ წარმატებით გამოიყენება აგრეთვე კოსმოსური რადიოლოკაციური ფოტოსურათების გადაღება (იხ. ქვემოთ), რომელიც გამოიყენება ამა თუ იმ გემის იდენტიფიცირებისათვის, რათა შეიქმნას სისხლის სამართლის საქმე ამა თუ იმ კომპანიების მიმართ მათი კუთვნილი ტანკერების უპასუხისმგებლო მოქმედებების გამო [42]. ეს მეთოდები მოითხოვს ე.წ. „კონტაქტური“ კვლევის ჩატარებას, რათა გამოვლენილი იქნას დაუმორჩილებელი ტანკერების ხელმძღვანელობა. ამ დროს საჭირო ხდება ჩაღვრილი ნავთობპროდუქტების გამოვლენის რაოდენობრივი შეფასება

ბუნებრივი ჩაღვრების დროსაც კი. კერძოდ ვარაუდობენ, რომ შავი ზღვის საქართველოს ნაწილში ბუნებრივი ჩაღვრების მიზეზით აკვატორიაში შეიძლება შემოვიდეს 1-8 ტ/დღეში ან 400-3000 ტ. ნავთობი წელიწადში ყოველდღიური მუდმივი აქტივობის შემთხვევაში [42].

ამ კონტექსტში უაღრესად საინტერესოა ს.ა. ლებედევის კვლევები დისტანციური ზონდირებისა და მოდელური გაანგარიშებების მეთოდებით. ავტორი განსაზღვრავს გაჭუჭყიანების ხარისხის მახასიათებლებს და გამოყოფს შავი ზღვის აკვატორიაში 3 სექტორს. ასე მაგალითად: ნავთობის კომპონენტების საშუალო მაჩვენებლები შავ ზღვაზე იმყოფება კონცენტრაციის ზღვრულ დონეზე (0,05მლ/დმ³). სხვა სამოდელო გაანგარიშებებით ნავთობიანი ნახშირწყალბადების კონცენტრაცია შავი ზღვის ზოგიერთი მონაკვეთისათვის მნიშვნელოვნად მაღალია, რაც დაკავშირებულია ნავთობის ტრანსპორტირებასთან. სავსებით კანონზომიერად მიგვაჩნია მტკიცება მასზედ, რომ ნავთობით გაჭუჭყიანება ყველაზე მეტია შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში. მოცემულ რაიონში განლაგებულია სამდინარო ჩაღვრის ძირითადი წყაროები (დნებრისა და დუნაის სახით).

ეს შედეგები, როგორც ზემოდ აღნიშნა, წარმოდგენილი იქნა ევროპის კომისიის ექსპერტების მიერ. ავტორი აგრეთვე აღნიშნავს სხვა ბუნებრივ ფაქტორებზე, რომლებიც გავლენას ახდენენ მიღებულ შედეგებზე. შავი ზღვის სხვა რაიონებთან შედარებით აქ წყლის დაბალი ტემპერატურაა (2-4⁰C), გამწვანებულია წყლის ცვლა შავი ზღვის დანარჩენ აკვატორიასთან, რაც გამოწვეულია წყლის ანტიციკლონური ბრუნვით ყირიმის ახლო რაიონებში და რომელიც გარკვეულ წილად აკავებს ნავთობიანი ნახშირწყალბადების მოძრაობას.

დისტანციური ზონდირების მეთოდის გამოყენებით ჩატარებული სამუშაოების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ იგი წარმოადგენს საუკეთესო საშუალებას განისაზღვროს ზღვის ნავთობკომპონენტებით დანაგვიანების ზუსტი მასშტაბები.

ნაშრომის ამ თავის დასკვნით ნაწილში შეიძლება გამოვყოთ რიგი კანონზომიერებებისა:

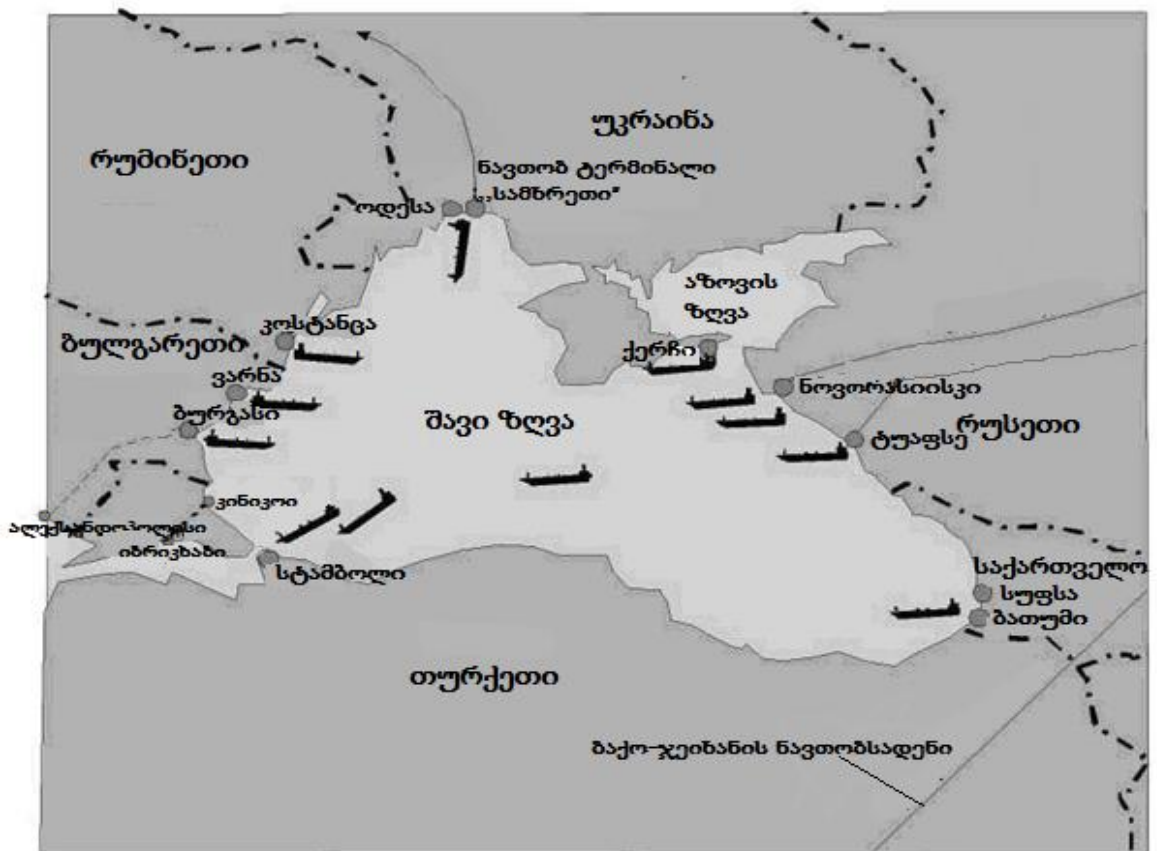
- პოლიუტანტის შემადგენლობისა და თვისებების მახასიათებლებს აქვს დიდი მნიშვნელობა ნავთობით დაბინძურების პროცესის შესწავლაში, რადგან ბუნებრივი დაბინძურების გვერდით შეიძლება გავიგოთ მისი მიგრაცია, წყლის ობიექტების თვითგაწმენდის სიჩქარე;
- ნავთობის კომპონენტების ჩამოდენა ზღვისპირის განსაზღვრულ მონაკვეთზე, წყაროს მრავალსახეობის გამო, ატარებს ქრონიკულ ხასიათს, განსაზღვრავს მის ფორმას, რომელიც იწვევს ნახშირწყალბადების როგორც ბუნებრივ, ასევე ანტროპოგენური წარმოშობის ხასიათის ჩამოდინებას;
- მომავალში ანტროპოგენური გენეზისის ნავთობკომპონენტების მოხვედრა ზღვაში განუხრელად გაიზრდება ავარიებთან ერთად და მათ თან სდევს ნავთობის ჩაღვრებიც და ეს ყველაფერი იმ დროს, როცა ბუნებრივი გაჟონვის ხარისხი რჩება ერთ დონეზე;
- შავი ზღვის ეკოსისტემის დანაგვიანების მდგომარეობა დღეისათვის ნორმაზე მაღალია და შეადგენს 270 ათას ტონას რაც გამოქვეყნებულ ნორმებზე 2-2,5-ჯერ მეტია.
- უნდა აღინიშნოს, რომ სხვადასხვა ავტორების მიერ შავი ზღვის დანაგვიანების შესახებ გამოქვეყნებულ მასალებში მიუთითებენ, რომ ნავთობის პოლიუტანტის კონცენტრაციას აქვს ფართო დიაპაზონი და არაერთგვაროვანია.

2.3. საქართველოს აკვატორიაში ნავთობპროდუქტების გადაადგილების სისტემის ანალიზი.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვა შავი ზღვის აუზის მეშვეობით ყოველ წელს იზრდება, რომელიც განპირობებულია მსოფლიო ბაზარზე კასპიის ზღვის ნავთობის მოცულობის საექსპორტო მოთხოვნის გადიდებით (ნახ. 2.3).

შავ ზღვაზე ფუნქციონირებს რამდენიმე მსხვილი ნავთობჩასასხმელი ტერმინალი: საქართველოში - სუფსა, ბათუმი, ყულევი; რუსეთში - ტუაფსე, ნოვოროსიისკი; უკრაინაში - ოდესა (პორტი იუჟნი); რუმინეთში - კოსტანცა; ბულგარეთში ბურგასი. ყოველწლიურად ამ ტერმინალებიდან გადაიტვირთება 60 მილ. ტონა ნავთობი და ნავთობპროდუქტები.

უკრაინის, რუსეთის, საქართველოს, თურქეთის, რუმინეთის და ბულგარეთის ტერმინალებიდან ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვის მოცულობების ზრდამ გადააქციეს შავი ზღვა მძლავრ ტრანსკონტინენტალურ კორიდორად. უახლოეს ათწლეულებში შავი ზღვისპირა ქვეყნების ახალი და რესტავრირებული ტერმინალების რაოდენობის გადიდება გამოიწვევს გადასაზიდი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მოცულობის ზრდას 220-250 მილ.ტ-მდე, რაც შექმნის მსხვილმასშტაბიანი ჩაღვრების პოტენციურ საშიშროებას აზოვისა და შავი ზღვის აუზებში.



ნახ. 2.3. საქართველოს აკვატორიისა და მთლიანად შავი ზღვის აუზის სანავთობო პორტები და მარშრუტები.

საქართველო, როგორც ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გადაზიდვის სატრანზიტო სატრანსპორტო კომპლექსი, წარმოდგენილია ყველა სახეობის ტრანსპორტით (საავტომობილო, სარკინიგზო, საზღვაო, მილსადენური და საჰაერო).

ტრანსევრაზიულმა მაგისტრალმა (ნახ. 2.4) შეიძინა ახალი სუნთქვა, რამეთუ ბოლოს და ბოლოს აღდგა ისტორიული „დიდი აბრეშუმის გზა“. როგორც ცნობილია ეს გზა უძველესი დროიდან და განსაკუთრებით შუა საუკუნეებში აერთებდა ევროპას ჩინეთთან, სამხრეთ აზიის ქვეყნებთან, რომელიც გაივლიდა აგრეთვე ცენტრალური აზიის ქვეყნებს, დღევანდელი ირანისა და თურქეთის ტერიტორიას. მისი საშუალებით ევროპის ქვეყნებში შემოდიოდა აბრეშუმი, ჩაი, სანელებლები შორეული აღმოსავლეთის უცნობი ქვეყნებიდან. თანამედროვე აბრეშუმის გზა მოიაზრება, როგორც სატრანსპორტო არტერია, რომელიც გადის ევროპიდან თურქეთის, საქართველოს, აზერბაიჯანის გავლით და შემდგომ (ბორანით კასპიის ზღვაზე) ცენტრალური აზიის ქვეყნებში, ჩინეთში, ხოლო (ავღანეთის გავლით) სამხეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში. თუმცა დასავლეთ ევროპაში გაჩნდა აგრეთვე აბრეშუმის გზის მეორე ვარიანტი: შავი ზღვის ჩრდილოეთის პორტებიდან (ოდესა, კონსტანცა, ვარნა და სხვა) საქართველოში (ბორანით ფოთსა და ბათუმში), ხოლო შემდეგ პირველი ვარიანტის გაგრძელება. როგორც ჩანს საქართველო ორივე ვარიანტში იკავებს ცენტრალურ ადგილს დიდი აბრეშუმის გზის ფუნქციონირებაში და ამ გზის კონტროლის საქმეში.



ნახ. 2.4. ნავთობპორტებისა და ნავთობმარშრუტების სქემა კასპიისა და შავი ზღვის აკვატორიაში.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დატვირთვა-განტვირთვის სამუშაოები საქართველოს შავი ზღვის აკვატორიაში, როგორც უკვე არაერთხელ აღინიშნა, ხორციელდება პორტებში: ბათუმი, ყულევი და სუფსა. მათ გააჩნიათ ამისათვის საკმარისი სიგრძის ნავმისადგომები გემების მომსახურებისათვის და ტანკერების გასაწყობად.

2013 წ. საქართველოს საზღვაო პორტებში და ტერმინალებში ტვირთების მოცულობამ შეადგინა 22,5 მილ.ტ. 2011 წლის განმავლობაში ბათუმის ტერმინალმა გადატვირთა: 4,207 მილ. ტონა ნედლი ნავთობი; 423 487 ტ. მაზუთი და ვაკუუმური გაზოილი; 237 797 ტ. ბენზინი; 123 380 ტ. დიზელის საწვავი; 116 844 ტ. პროპან-ბუტანის ნარევი; 28 672 ტ. საავიაციო ნავთი; 24 714 ტ.

ამრიგად ქ. ბათუმი გახდა ევრაზიული სატრანსპორტო კორიდორის მსხვილი კვანძი და უძლიერესი საერთაშორისო სატრანსპორტო ობიექტი. ნავთობის ტერმინალის გამტარუნარიანობა შედგენს 15 მილიონი ტონა წელიწადში. ტერმინალი უნივერსალურია, რამეთუ შედარებით შავი ზღვის სხვა პორტებისა, აქ შეიძლება გადაიტვირთოს 22 სახეობის ნავთობი და ნავთობპროდუქტები. ამასთან ერთად, დღეისათვის ბათუმის ნავთობტერმინალი აქტიურად ამუშავებს პროექტს კაშაგანის ნავთობსაბადოს პროდუქციის მისაღებად.

ბათუმის ნავთობტერმინალის ტერიტორიის ფართობი შეადგენს 85 ჰა, სადაც განლაგებულია რეზერვუარების პარკი, ნავთობჩასასხმელი კომპლექსი, 6 სარკინიგზო ესტაკადა ნავთობპროდუქტების გაწყობისათვის, რომელთაც შეუძლიად ერთდროულად მოემსახურონ 194 ვაგონცისტერნას დასაცლელად.

ამავე ტერიტორიაზე არის აგრეთვე ტერმინალი, რომელიც ემსახურება ყაზახეთის, აზერბაიჯანისა და თურქმენეთიდან შემოსული თხევადი გაზების შენახვას, გადატვირთვას და ექსპორტს.

ბათუმის ნავთობტერმინალის ნაწილში ფუნქციონირებს კომპლექსი „ნავთობაზა“, რომელიც ემსახურება საქართველოს და მეზობელი ქვეყნების მოთხოვნებს. ამისათვის სანავთობო ბაზა აღჭურვილია 23 500 მ³ საერთო სიმძლავრის 18 რეზერვუარით, სარკინიგზო ესტაკატით 10 ვაგონცისტერნაზე, აგრეთვე 5 გასაწყობი დანადგარი ავტოცისტერნებისათვის.

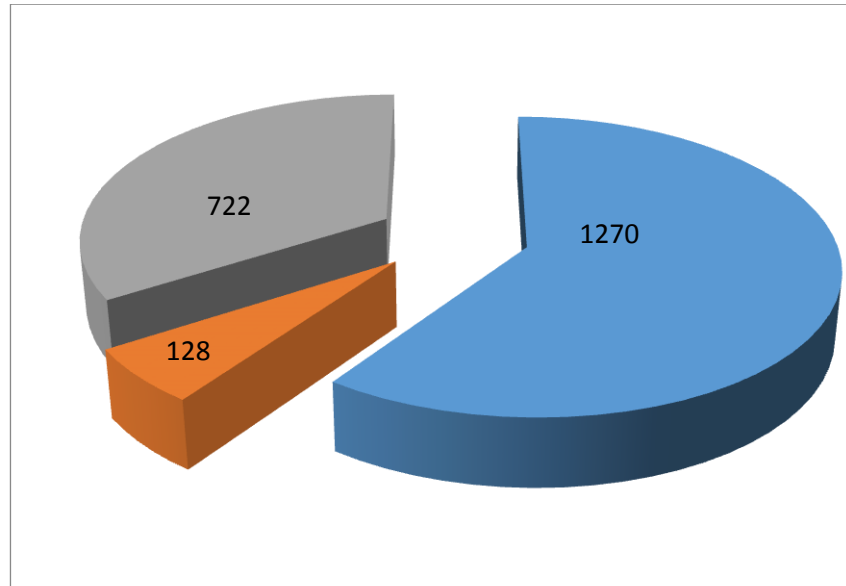
ჩასხმები ნავთობისა ტერმინალში ხორციელდება 3 არენდით აღებული ნავმისადგომიდან და უნავმისადგომო გაწყობის საშუალებებითაც. ამ მოწყობილობას შეუძლია მიიღოს ტანკერები დედვეიტით 140 ათას ტ-მდე. 2014 წელს საქართველოს პორტებმა გადაამუშავეს: ფოთმა 2 მილ.ტ. ტვირთი (ნაზრდი შეადგენს 25%), ბათუმმა - 1,2 მილ. ტ. (შემცირდა 1,8-ჯერ).

საქართველოს ორი სხვა პორტი სუფსა და ყულევი ემსახურება მხოლოდ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების რეალიზაციას. მიმდინარე წლის 3 თვის განმავლობაში სუფსიდან გადზიდული იქნა ბაქოდან ნავთობსადენით მიღებული 1,1 მილ. ტ., ხოლო ყულევის ტერმინალიდან (ეკუთვნის აზერბაიჯანის სახ. ნავთობკომპანიას) 0,5 მილ. ტონა ნავთობი და ნავთობპროდუქტები.

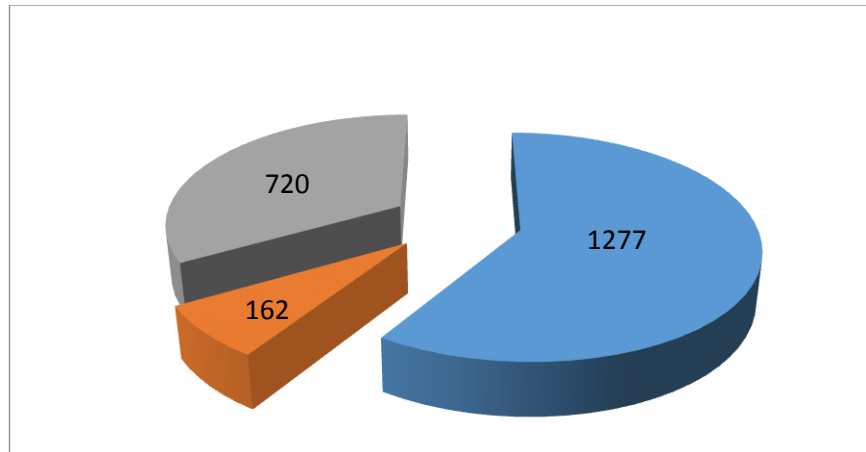
ყულევის ნავთობტერმინალმა თავისი მუშაობა დაიწყო 2008 წელს. ჯამური გადატვირთვის სიმძლავრე შეადგენს 10 მილ.ტონას წელიწადში, მათ შორის 3 მილ.ტ ნავთობი, 3 მილ. ტ. დიზელის საწვავი, 4 მილ. ტ. მაზუთი. სარეზერვო პარკის საერთო ტევადობა შეადგენს 320 ათას მ³ და შესაძლებელია იგი გაიზარდოს 380 ათას მ³-მდე. ტერმინალთან მიდის რკინიგზა, რომლიც 14 კმ-იანი სიგრძის განშტოებით უერთდება ფოთი-თბილისის სარკინიგზო მაგისტრალს.

ნავთობგაწყობის სამუშაოებისათვის გათვალისწინებულია 2 ნავმისადგომი ტანკერების გასაწყობად, თითოეული 100 ათას ტ-მდე ტვირთამწეობით. გაწყობის (ჩასხმის) მწარმოებლობა 1000 – 8000 მ³/სთ. წარმოებას ემსახურება პორტის წინა სარკინიგზო სადგური, სადაც ერთდროულად შეიძლება განლაგდეს 180 ვაგონცისტერნა (განწყობის მოლოდინში), ხოლო ესტაკადებიდან შეიძლება ერთდროულად გაიწყოს 168 ვაგონცისტერნა.

გემების მოძრაობის სტატისტიკა ნაჩვენებია ნახაზზე 2.5. ხოლო ნავთობგასაწყობი ტერმინალების განლაგების სურათები საქართველოს შავი ზღვის აკვატორიაში-ნახაზზე 2.6.



ა)



ბ)

■ - ფოთი, ■ - ბათუმი, ■ - ყულევი

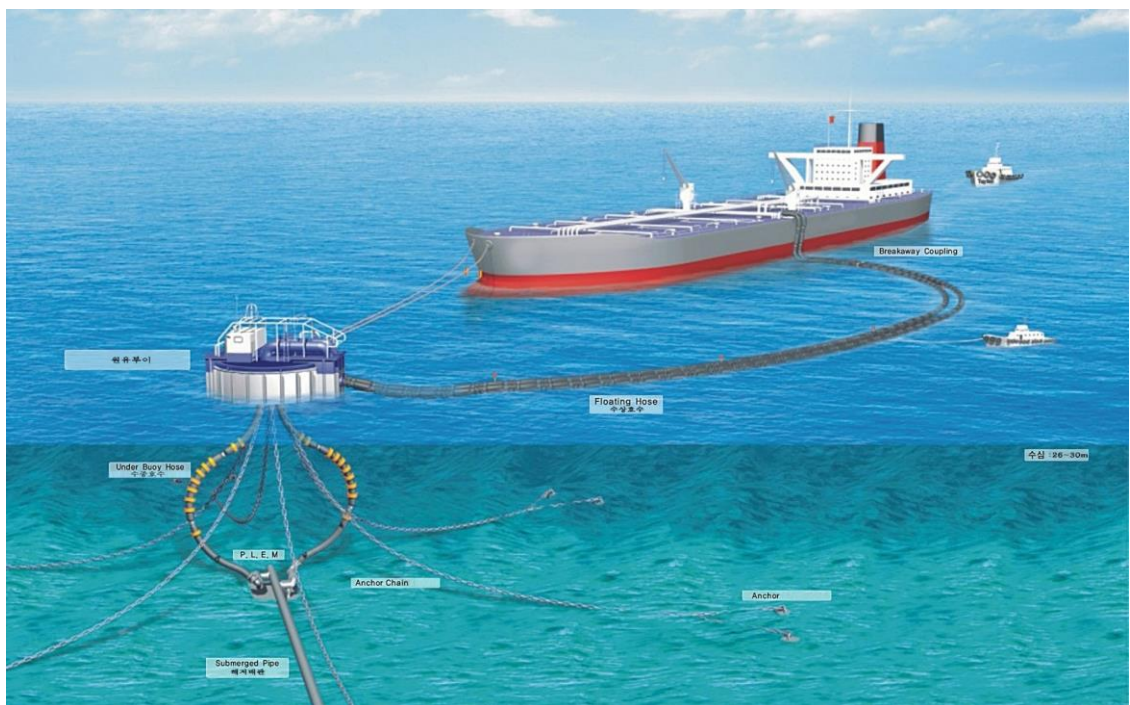
ნახ. 2.5. გემების მოძრაობის სტატისტიკა: ა) 2012 წ.; ბ) 2013 წ.



s)



ბ)



გ)

2.6. საზღვაო ნავთობჩასასხმელი ტერმინალების განლაგების გეგმა საქართველოს შავი ზღვის ტერიტორიაზე: ა) ბათუმი, ბ) ყულევი, გ) სუფსა

თავი 3. ნავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრებისას განშლის თეორიული და ექსპერიმენტული+ გამოკვლევა.

3.1. ზოგადი მითითებები.

როგორც ზემოდ აღინიშნა, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრა წყლის ზედაპირზე განსაკუთრებული შემთხვევაა, რომლის დონე განისაზღვრება დაბინძურების მასშტაბებითა და ეკოსისტემაზე მიყენებული ზარალით. მსგავსი კატასტროფების ლიკვიდაციისათვის ახდენენ კომპლექსური საქალაქო და საპორტო პერსონალის მობილიზაციას, რომელთაც გააჩნიათ სპეციალური მომზადება, პროფესიონალიზმი შექმნილ სიტუაციაში სამოქმედო.

სხვა მხრივ, კომპეტენტურმა სამსახურმა შესაბამისი მეთოდოლოგიით, შეიძლება აწარმოოს განსაკუთრებული შემთხვევების განვითარების პროგნოზირების გათვლები, მოახდინოს საჭირო ძალებისა და საშუალებების ოპტიმიზაცია მისი აუცილებელი ლიკვიდაციისათვის.

საუბარია პორტების შიგა და გარე რეიდებისათვის ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების განშლის კანონზომიერებების მეთოდოლოგიის დამუშავებაზე, რომელიც საშუალებას მოგვცემს აღძრულ სიტუაციაში შეფასდეს ნავთობის ჩაღვრის ტექნოლოგია და მასშტაბები.

ცნობილია, რომ გემების სხვადასხვა საექსპლუატაციო პირობებში (ტექნიკური სერვისის ჩატარება, ბაზიდან გამოსვლის მზადება, ბაზირების პუნქტში შესვლა და გემსაბმელზე დაყენება და სხვა) ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაბინძურება ხდება ათეულ წუთის, ერთეული საათის განმავლობაში, მაშინ როცა ჩაღვრების გავრცელება წყლის ზედაპირზე ხდება ათეული საათის განმავლობაში წყნარი ამინდის დროს და რამდენიმე დღეღამის განმავლობაში ცუდი ამინდების პირობებში ე.ი. ჩაღვრის დრო გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე მისი შეგროვებისა და აღმოფხვრის დრო, რადგან განუწყვეტლივ მიმდინარეობს ნავთობ ლაქას მიგრირება სოლიდურ ფართობზე.

მეორე ფაქტორს წარმოადგენს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების თვისებების ერთგვაროვნება ანუ მთელ მოცულობაში მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები უცვლელია. პირველ რიგში ესაა კინემატიკური სიბლანტე და მისი ტემპერატურა.

პარალელურად წყალი აგრეთვე ითვლება ერთგვაროვან მასად და მისი ტემპერატურა, მარილიანობა, მასში გახსნილი გაზების კონცენტრაცია, მთელ ჩაღვრილ ფართზე უცვლელია, ე.ი. ჰიდროლოგია - შინაგანი ცირკულაცია და წყლის ნაკადის მოძრაობა რჩება მუდმივი. განსაკუთრებით სამართლიანია ეს განმარტებები გარე რეიდების დროს, როცა წყლის ფენის მოძრაობა განისაზღვრება შავი ზღვის საერთო ცირკულაციით. ამ დროს მუდმივია თერმობარული და ატმოსფეროს დინამიკური მახასიათებლები, ქარის მიმართულება, ძალა და ა.შ.

მესამე ფაქტორი გამომდინარეობს იქედან, რომ წყალ-ჰაერის გარემოს ყველა მახასიათებლის ერთგვაროვნება არ შეიძლება იყოს ყოველთვის მუდმივი, თუ გნებავთ რამდენიმე დღელამის განმავლობაში, ამიტომ ავტომატურად მივდივართ იქამდე, რომ ეს პროცესი (ჩაღვრა და განშლა) მიმდინარეობს დროში t_1 - დან t_2 - მდე და ღებულობს ახალ ახალ მნიშვნელობებს. ამრიგად შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ წყლისა და ჰაერის გარემოს ცვალებადობა დამოკიდებულია გეოგრაფიულ კოორდინატებზე და აიხსნება ბუნებრივი პირობების ცვალებადობით.

როგორც უკვე აღინიშნა, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სახე განისაზღვრება უმთავრესად მისი კინემატიკური სიბლანტით, რომელიც იცვლება ზღვრებში ($1,2 - 30$ კა·წმ⁻¹). წყლის გარემოს მახასიათებლები იცვლება ბაზირების პუნქტის მდებარეობით და შეადგენს: ზღვის ტემპერატურა $6-26^{\circ}\text{C}$, მარილიანობა $10-18\%$. დასაშვებია, რომ ბაზირების უბის სიღრმის მიხედვით ამ მახასიათებლების ცვალებადობას ადგილი არ აქვს, ხოლო გარე რეიდზე ამ ცვლილებას ითვალისწინებენ იმ შემთხვევაში, როდესაც ზღვის სიღრმე აღემატება 20 მ. დინამიკური მახასიათებლები, რომელიც განსაზღვრული მუდმივი დინების სისტემით, იცვლის თავის მიმართულებას 0 -დან 360° მდე, ხოლო დინების სიჩქარე (ყოველ შემთხვევაში გარე რეიდზე მაინც) არ აღემატება 2 მ·წმ⁻¹.

ატმოსფეროს პარამეტრების მახასიათებლები (თერმობარული) იცვლება ფიზიკურ-კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე შემდეგ ზღვრებში: ჰაერის ტემპერატურა - $10...+30^{\circ}\text{C}$; ფარდობითი ტენიანობა $-40-90\%$, ატმოსფერული წნევა $-720-780$ მმ. ვერცხ. წყლის სვეტისა. აღსანიშნავია აგრეთვე ქარების სიჩქარეები $0-20$ მ·წმ⁻¹. აქ

ყურადღება მისაქცევია ატმოსფერულ ნალექებზე (წვიმები, თოვლი, ყინვა, სეტყვა) - ნებისმიერ ხანგრძლივობით.

3.2. ექსპერიმენტული კვლევები.

3.2.1. ექსპერიმენტების პირველი ეტაპი.

ექსპერიმენტების პირველ ეტაპზე გათვალისწინებული გვექონდა ნავთობპრდუქტის განშლის ბუნების დადგენა მტკნარ (მდინარის, წვიმის) წყალში, რომელიც ჩატარდა წელიწადის სხვადასხვა დროს წყლის ავზში (ნახ. 3.1.) ძრავას ზეთზე (MM).



ნახ. 3.1. მტკნარი წყლის ავზი ექსპერიმენტების I ეტაპის ჩასატარებლად.

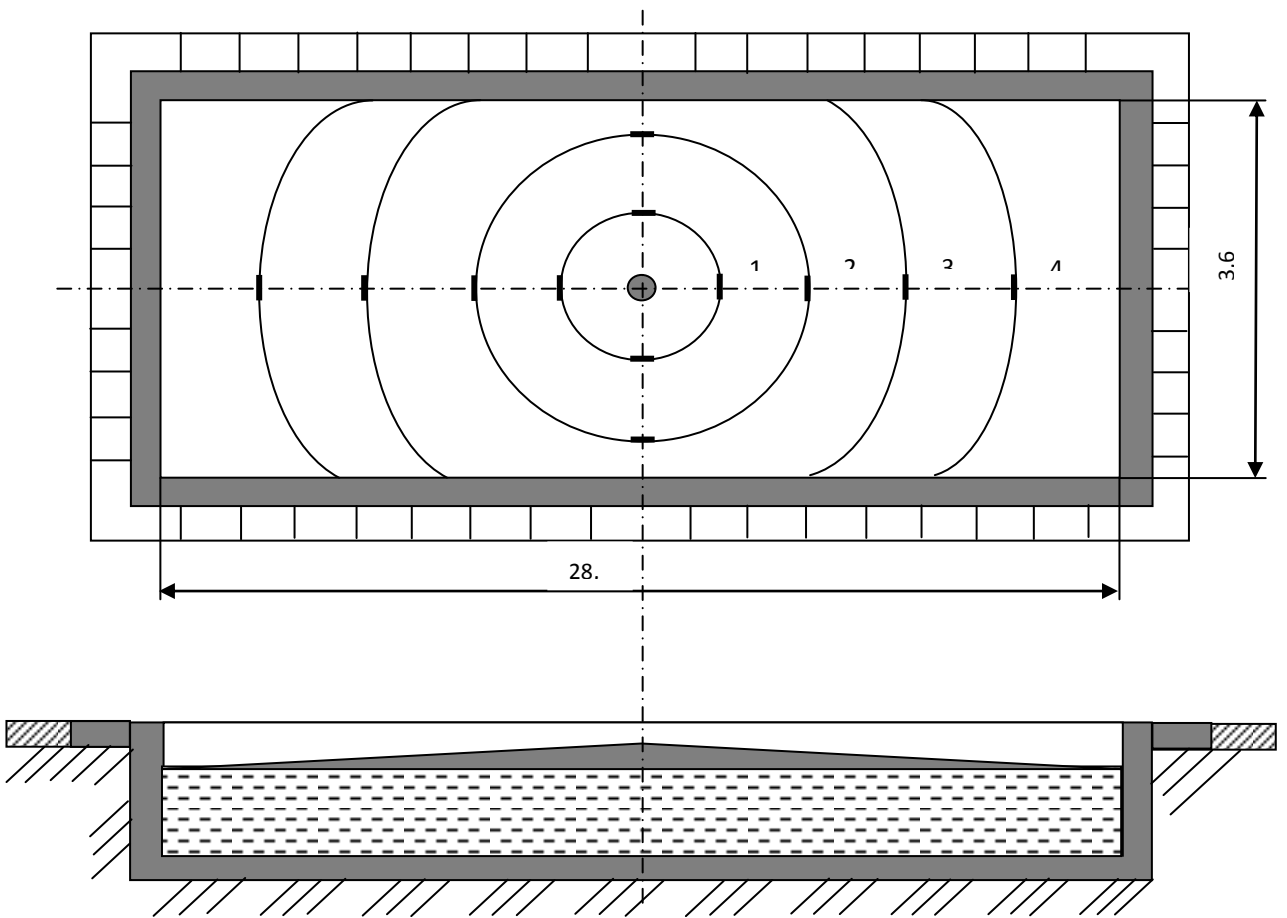
ავზის ცენტრში ($B \times L=3 \times 28$) მ. 10 სმ-ის სიმაღლიდან წყალში ჩაწვეთებული იქნა 3 წვეთი ძრავას ზეთი. 5-10 წუთის შემდეგ ზეთმა მიიღო მრგვალი ფორმა დიამეტრით 0,5

მ. შემდგომ პერიოდებში, ყოველ საათში იზომებოდა ზეთის განშლის ფართობი. განშლის კინემატიკა 3 საათის განმავლობაში მოცემულია ნახაზზე 3.2. ხოლო ექსპერიმენტების შედეგები $F = f(t)$ მოცემულია ცხრილში 3.1.

პირველი ეტაპის ექსპერიმენტის შედეგები

ცხრილი 3.1.

F, მ ²	0,5	0,7	1,2	1,5
t, სთ	0,7	1,0	2,0	3,0



ნახ. 3.2. ავზის სქემა და ძრავის ზეთის განშლის კინემატიკა მტკნარ წყალში.

როგორც ცხრილიდან ჩანს ზეთის განშლის კანონზომიერება შეესაბამება წრფივ კანონს

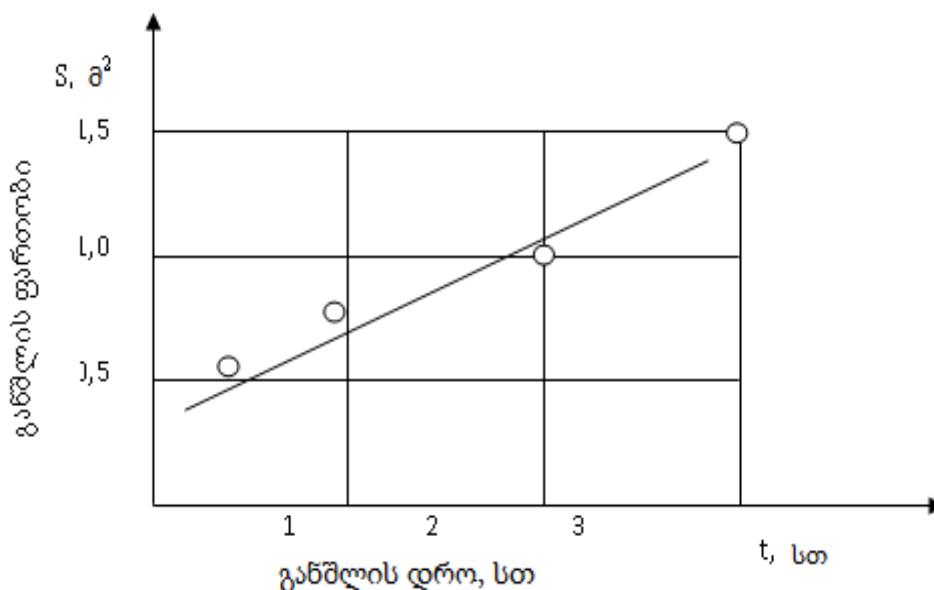
$$S = at + b$$

აქ t – ძრავის ზეთის განშლის დროა, სთ; a, b - რეგრესიის კოეფიციენტები, რომელიც განისაზღვრება უმცირესი კვადრატების ჯამის მეთოდით (იხ. დანართი 1).

რეგრესიის კოეფიციენტების გაანგარიშების შემდეგ განტოლებამ მიიღო სახე

$$S = 0,44t - 0,55$$

ძრავის ზეთის განშლის ცვალებადობა საათში (ნახ.3.3) საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ ნებისმიერი ნავთობპროდუქტის განშლის ფართობის კანონზომიერება.



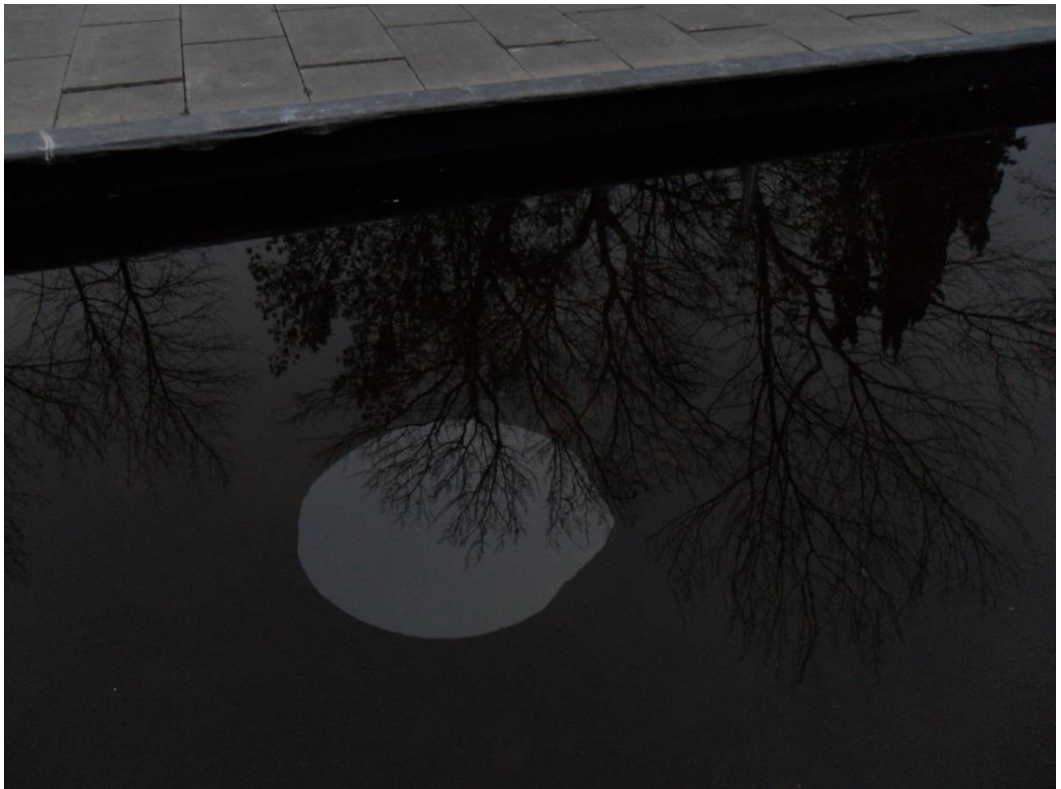
ნახ. 3.3. ძრავის ზეთის განშლის გრაფიკი დროში.

როგორც ნახაზი 3.4. ა, ბ, გ-დან ჩანს ძრავის ზეთის ლაქა 2 საათის განმავლობაში აგრძელებდა განშლას, თავისებურად რაიმე საგანთან დაჯახების გარეშე (3.4. ა, ბ, გ), თუმცა ავზის ბორტებთან შეხების შემდეგ მან შეიცვალა ფორმა და წაგრძელდა ერთი მხრიდან ავზის სიგრძის მიმართულებით (ნახ. 3.4 დ).

დაკვირვებით გამოირკვა, რომ ანალოგიურად მოქმედებს დიდი რაოდენობით ჩაღვრილი მასა რაიმე საგანთან შეჯახების დროს, რაც მოითხოვს შესაბამისი სპეციალისტების გამოყენებას, რომლებიც აღჭურვილნი არიან შესაბამისი ნავთობშემგროვებელი ტექნიკური საშუალებებით (იხ. ქვეთავი 4.8; დანართი 4).



с)



д)



ბ)

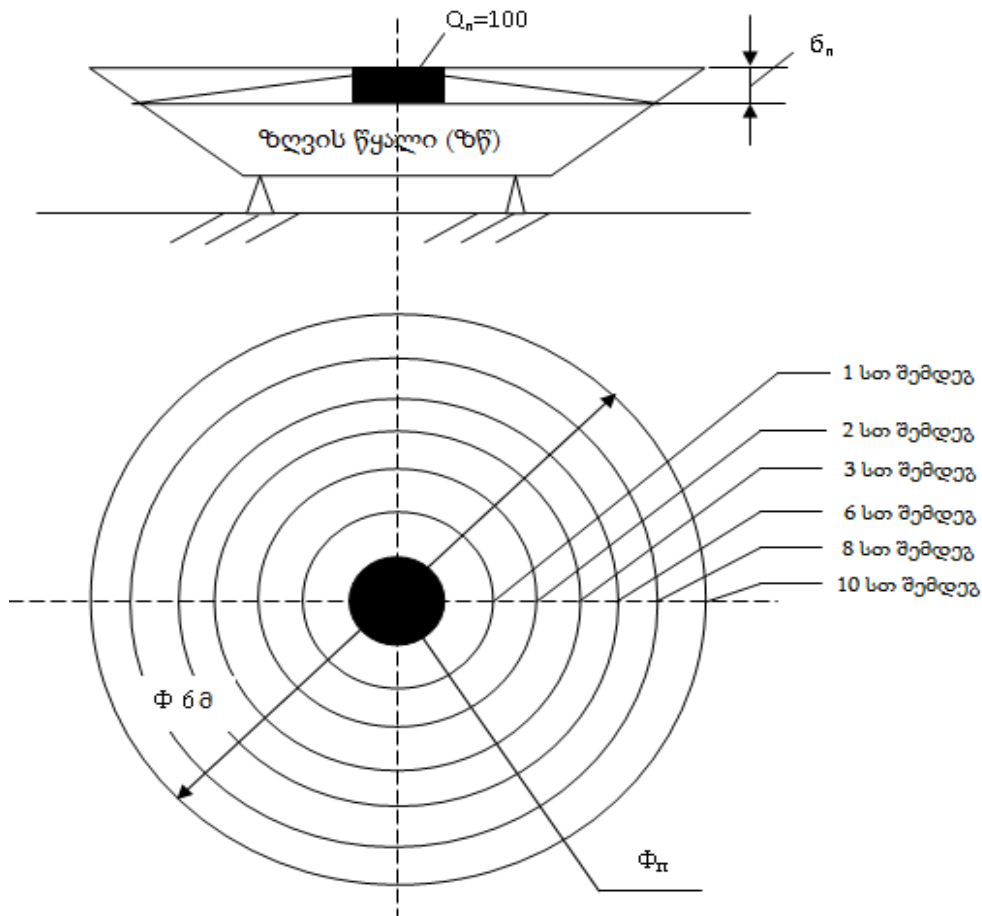
ნახ. 3.4. ზეთის ლაქას განშლის ფორმა ავზის ბორტებთან შეხებამდე (ა, ბ) და შეხების შემდეგ (გ).

3.2.2. ექსპერიმენტების მეორე ეტაპი

მეორე ეტაპის ექსპერიმენტების ჩატარებისათვის კვლევის ობიექტად შერჩეული იქნა წყლის რეზერვუარი დიამეტრით 3 მ. ცდები ჩატარდა ზაფხულში და შემოდგომაზე. ექსპერიმენტების განმავლობაში საკვლევი ნავთობპროდუქტების მარკები (ბენზინი, დიზელის საწვავი, სამანქანო ზეთი) იყო ერთი და იგივე.

წყლის ზედაპირზე 1 სმ³ ნავთობპროდუქტის ჩაღვრის შემდეგ, როგორც პირველ ეტაპზე, აქაც წარმოიშვა მრგვალი ფორმის ლაქები, რომლებმაც დაიწყეს მდოვრედ განშლა. ცდა ჩატარდა ზღვის წყალზე, თითოეულ შემთხვევაში ჩაღვრილი

ნავთობპროდუქტის მოცულობა იყო 100 გ. ფიზიკური ექსპერიმენტის ჩატარების ტექნოლოგიის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 3.5.



ნახ. 3.5. ზღვის წყალზე დახურულ შენობაში ფიზიკური ექსპერიმენტის ჩატარების ტექნოლოგიის სქემა: δ_n , Φ_n -შესაბამისად, ნავთობპროდუქტის ლაქას სისქე და დიამეტრი როგორც სქემიდან ჩანს იზომებოდა ლაქას განშლის დიამეტრი 6 საათის განმავლობაში. ფიქსირდებოდა: ტემპერატურა t^0 , C; წნევა P, კგ/სმ² და ზღვის წყლის მარილიანობა ‰-ში.

განშლის დროს ნავთობპროდუქტის მოცულობას თავდაპირველად ქონდა ცილინდრული ფორმა (იხ. ნახ.3.5-ზე შავი ფერის ცილინდრი ორ ხედში), რომელიც ატმოსფერული წნევის შედეგად თანდათანობით შემცირდა სიმაღლეში და გაიზარდა განშლის დიამეტრი (ნავთობპროდუქტის მოცულობა მუდმივი დარჩა). განშლის ფართობის მომატებასთან ერთად მცირდებოდა მემბრანის სისქე მანამ, სანამ წყლის ზედაპირზე არ აღმოჩნდა მოლეკულური ფენა. ამ დროს მემბრანის სისქე ტოლი გახდა

ნავთობპროდუქტის ერთი მოლეკულის ზომის. ექსპერიმენტზე გარემო ფაქტორების ზემოქმედების გამორიცხვისათვის (ქარის სიჩქარე, ატმოსფერული ნალექი, მზის რადიაციის უთანაბრობა და სხვა), იგი ჩატარდა დახურულ შენობაში. რულეტით იზომებოდა განშლის დიამეტრები, ხოლო შემდეგ ხდებოდა მათი გასაშუალება. გაზომვები ხდებოდა ყოველ საათში 6 საათის განმავლობაში. ექსპერიმენტის ჩატარება მოხდა ორჯერ ზაფხულში და შემოდგომაზე. პირველ შემთხვევაში გარემოს ტემპერატურა იყო 33 °C (32-37°C), ატმოსფერული წნევა 768 მმ. ვერცხ. წყ. სვეტი (765-770) ზღვის წყლის მახასიათებლები იყო: ტემპერატურა 26°C; მარილიანობა 18‰, ხოლო შემოდგომაზე თერმობარული მახასიათებლები ასეთი იყო: ტემპერატურა 20°C (15-20 °C), წნევა 762 მმ. ვერცხ. წყ. სვ. (757-765). წყლისა და ნავთობპროდუქტის ტემპერატურა ცდის დროს იყო ერთნაირი.

წყლის ზედაპირზე 1 სმ³ მოცულობის ბენზინის ჩაღვრის შემდეგ წარმოიშვა მრგვალი ფორმის ლაქა, რომელიც თანდათან იზრდებოდა. ერთი საათის შემდეგ დიამეტრი გახდა 176 სმ (ცხრ.3.2), 2 საათის შემდეგ 218 სმ, ხოლო 6 საათის შემდეგ 280 სმ ექსპერიმენტის დამთავრების შემდეგ რეზერვუარის მთელი ზედაპირი დაფარული იყო ბენზინის თხელი აპკით.

ნავთობის ლაქას დიამეტრის ცვლილების ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები, სმ
ცხრილი 3.2.

ნავთობპროდუქტის სახე	წყლის დრო	ექსპერიმენტის ჩატარების ხანგრძლივობა, სთ-ში			
		1	2	3	4
ბენზინი	ზაფხული	176	218	250	280
	შემოდგომა	123	180	230	250
დიზელის საწვავი	ზაფხული	120	170	210	240
	შემოდგომა	110	150	190	230
სამანქანო ზეთი	ზაფხული	100	140	160	180
	შემოდგომა	90	120	154	170

შემოდგომაზე უფრო დაბალი ტემპერატურის პირობებში ბენზინის ლაქას ზრდა მიმდინარეობდა 2-ჯერ უფრო ნელა და მხოლოდ 2 საათის შემდეგ იგი დაახლოებით გახდა 180 სმ, ხოლო 6 საათის შემდეგ კი 250 სმ.

დიზელის საწვავის განშლისას კონტრასტულობა ზაფხულში და შემოდგომაზე აღმოჩნდა დაბალი. ერთი საათის შემდეგ ლაქას დიამეტრი შეადგენდა 120 სმ-ს, შემოდგომაზე 110 სმ; 2 საათის შემდეგ მათ შეადგინეს: 170 სმ და 150 სმ; 210 სმ და 190 სმ შესაბამისად.

ზეთის ლაქას განშლისას მის დიამეტრებს შორის განსხვავება ზაფხულში და შემოდგომაზე აღმოჩნდა, როგორც მოსალოდნელი იყო, კიდევ უფრო მცირე (ცხრ. 3.2).

ამ ექსპერიმენტების მონაცემების აპროქსიმაციის საფუძველზე მიღებული იქნა შემდეგი ემპირიული დამოკიდებულება

$$S = a(1 - e^{-bt}), \quad (3.1)$$

სადაც t - მიმდინარე დრო ნავთობპროდუქტის წყალში ჩაღვრის შემდეგ;

S - ნავთობპროდუქტის ლაქას ფართობი, მ².

ფართობის გაანგარიშება აღმოჩნდა მოხერხებული, რადგან რეალობაში ანტროპოგენური ნავთობპროდუქტის ლაქა პრაქტიკულად არასოდეს არის იდეალურად წრიული-დახურულ წყალსატევებშიც კი. აპროქსიმაციის დროს მოგვიხდა შემავალი მონაცემების უგულებელყოფა, რომლებიც ეხება წყლის მასას და ნავთობპროდუქტის სახეს. ამ პარამეტრებს ფორმულაში 3.1. ითვალისწინებს a და b კოეფიციენტები.

$$\alpha = \frac{1}{\nu} V_0 \cdot 10^9, \quad (3.2)$$

სადაც: ν - კინემატიკური სიბლანტე, პა·წმ⁻¹; V_0 - ნავთობპროდუქტის მოცულობა, მ³;

$$b = \frac{10^{-3}}{2} (T_{\text{ჰ}} + T_{\text{წყ}}), \quad (3.3)$$

სადაც: $T_{\text{ჰ}}$ - ჰაერის ტემპერატურა, °C; $T_{\text{წყ}}$ - წყლის ტემპერატურა, °C.

ნავთობპროდუქტის ტემპერატურა განისაზღვრება როგორც ნახევარჯამი წყლის და ჰაერის ტემპერატურების, რომელიც საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ნავთობპროდუქტის სიბლანტე.

ცნობილია, რომ დახურულ წყალსატევში ნავთობპროდუქტის ლაქაზე მოქმედი ზედაპირული ქარი ან წყლის ზედაპირის ღელვა ამცირებს ანტროპოგენური დაბინძურების ფართობს.

3.2.3. ექსპერიმენტების მესამე ეტაპი

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრა, გადამუშავება, შენახვა და ტრანსპორტირება სერიოზულ საშიშროებას უქმნის ეკოსისტემას. ასეთ ფაქტებს თან სდევს ლოკალური რეგიონალური ეკოლოგიური კატასტროფები, რომლებისთვისაც დამახასიათებელია ეკონომიკური ზარალი და ადამიანების მსხვერპლი. ამიტომ ეს პროცესები უნდა იყოს მუდმივი მონიტორინგის ქვეშ ნავთობის მოპოვების ყველა ეტაპზე.

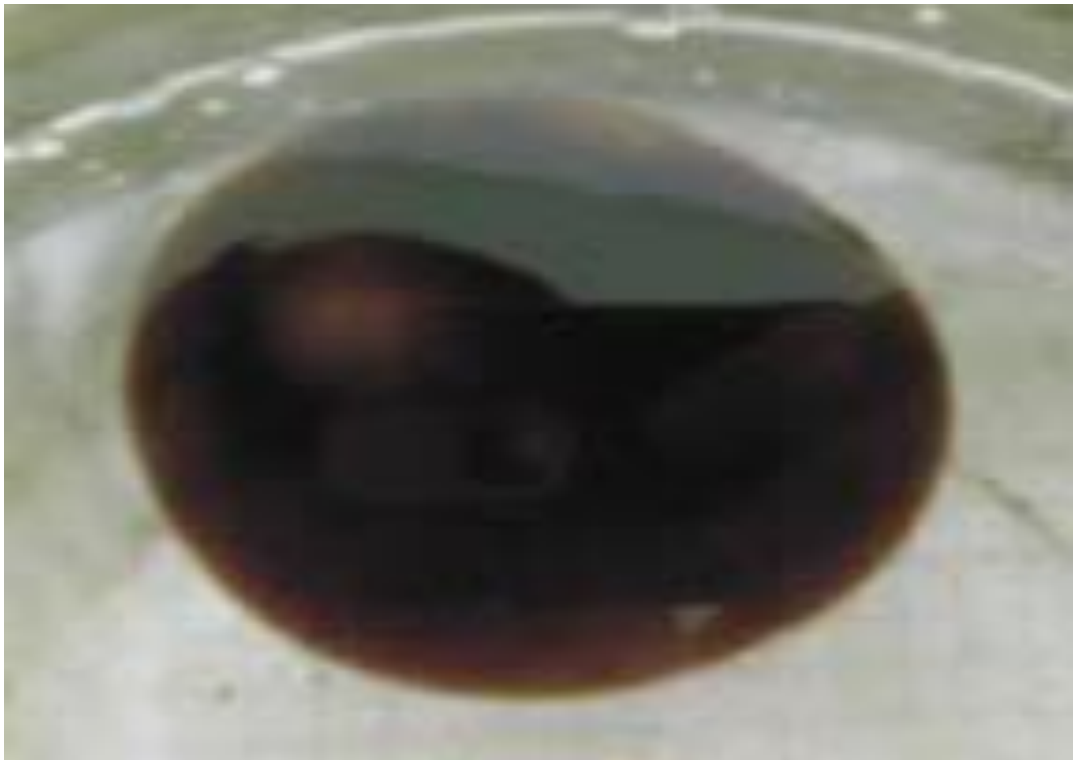
ავარიის დროს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ლაქები სწრაფად იშლება და ვრცელდება ყველა მიმართულებით, ქმნის გარკვეული რადიუსის მქონე წრეს, რომელიც იცვლება დროში. ეს პროცესები ჩვენ შევისწავლეთ ექსპერიმენტების პირველ და მეორე ეტაპზე. ამასთან განშლის პროცესზე გავლენას ახდენს სხვა ფაქტორებიც, რომელიც გათვალისწინებული უნდა იქნას ნავთობის ჩაღვრის მონიტორინგის პროცესში.

მესამე ეტაპის ექსპერიმენტები ჩვენ ჩავატარეთ ზღვის სანაპიროზე (ნახ.3.6) წელიწადის სხვადასხვა დროს (დილით 6-7 სთ-ზე მშვიდი ზღვის პირობებში და საღამოს 5-6 საათზე არა მშვიდ მდგომარეობაში) და აგრეთვე ქარიან ამინდშიც. იმის გამო, რომ ზღვაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრა (თუგინდ მცირე რაოდენობით) კანონით იკრძალება, ჩვენ იძულებული გავხდით ცდა ჩავატარებინა ზეითუნის ზეთზე, რომლის სიმკვრივეა $800-920 \text{ კგ/მ}^3$ 20°C ტემპერატურისას.

თუ უქარო ამინდში ზეთის ლაქა მუდმივი რადიუსით იშლებოდა ოთხი მიმართულებით წრის ფორმით (ნახ.3.7.), ქარიან ამინდში ზღვის დინებისა თუ ქარის სიჩქარის გამო ლაქა ღებულობდა გამობერილ ფორმას. (ნახ. 3.8. ა, ბ).



ნახ. 3.6. ზღვის სანაპიროზე ექსპერიმენტის მესამე ეტაპის ჩატარების ადგილი



ნახ. 3.7. ლაქას აფსკის ფორმა მშვიდი ზღვის შემთხვევაში.



ა)



ბ)

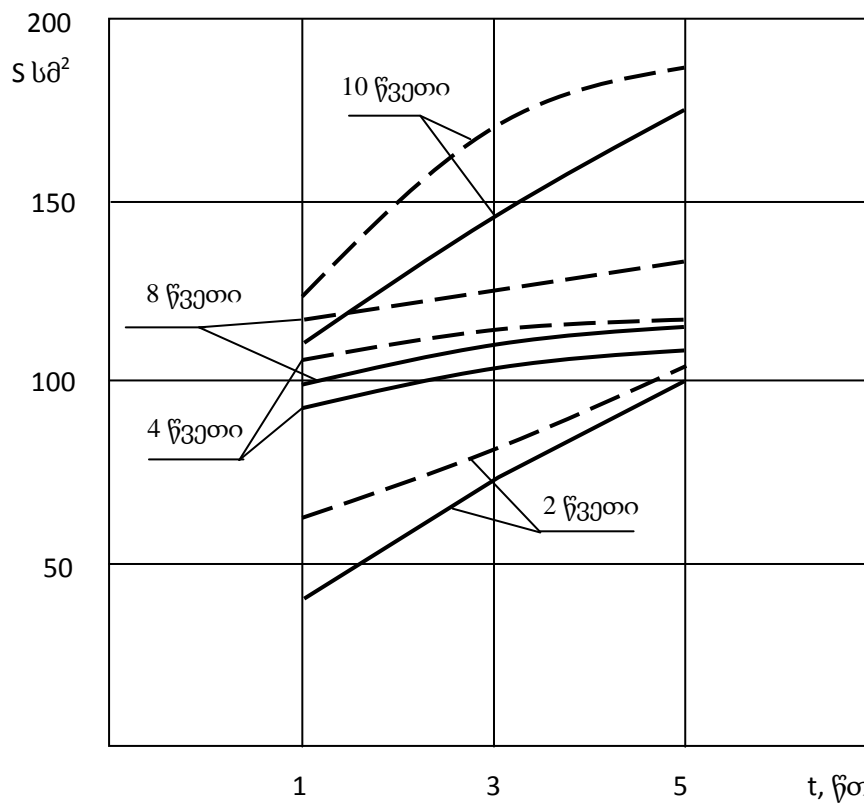
ნახ. 3.8. ლაქას ფორმა ზღვის წყლის ზედაპირზე ქარის და დინების დროს (ა,ბ)

გაზომვების შედეგები დამუშავებული იქნა სტატისტიკურად და მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში 3.3.

ზეითუნის ზეთის წვეთებზე ჩატარებული ცდის შედეგები

ცხრილი 3.3

10 სმ-ის სიმალიდან ჩალვრილი ზეთის წვეთების რაოდენობა	დრო, წთ			შენიშვნა
	1	3	5	
	ლაქას ფართობი, სმ ²			
2 წვეთი	41	78	100	ზაფხულზე
	68	84	105	შემოდგომაზე
4 წვეთი	96	105	110	ზაფხულზე
	108	115	120	შემოდგომაზე
6 წვეთი	98	110	115	ზაფხულზე
	118	128	134	შემოდგომაზე
8 წვეთი	110	148	175	გაზაფხულზე
	120	170	185	შემოდგომაზე



ნახ. 3.9. ზეითუნის ზეთის ზღვის წყალში განშლის ფართობი:

$S = f(t)$; - - - ზაფხული; — — — შემოდგომა.

ექსპერიმენტული სამუშაოს ჩატარების საფუძველზე აიგო ზეითუნის ზეთის ზღვის წყლის ზედაპირზე განშლის ფართობის დამოკიდებულება დროში, რომელიც ემორჩილება პარაბოლას კანონს (ნახ. 3.9). ჩაღვრის სიმაღლე შეადგენდა 10 სმ..

3.3. სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა ნავთობპროდუქტის განშლის პროცესზე

ზღვის წყალში ნავთობის ლაქას განშლის პროცესზე მოქმედებენ სხვადასხვა ფაქტორები: 1. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების პარამეტრები; 2. ზღვის წყლის დინება; 3. ქარის მოძრაობა.

წყლის ზედაპირისათვის შეიძლება გამოიკვეთოს რამოდენიმე ერთმანეთში გარდამავალი სტადიები, რომლისთვისაც მნიშვნელოვანი პარამეტრია ნავთობპროდუქტის ზედაპირული დაჭიმულობა - სანამ ლაქა არის მთლიანობაში. ეს პროცესი ღრმად შეისწავლა ჯონ ფეიამ და შეადგინა ნახევრადემპირული ფორმულები.

1. ლაქას დიამეტრი ქარის მოძრაობის მიმართულებით R_y განისაზღვრება:

$$R_y = a\sigma V^B t^C, \quad (3.6)$$

$$\sigma = [(\rho_{\text{წყ}} - \rho_{\text{წ}})/\rho_{\text{წ}}]^\alpha,$$

სადაც $\rho_{\text{წყ}}$ -ზღვის წყლის სიმკვრივე; $\rho_{\text{წ}}$ - ნავთობპროდუქტის სიმკვრივე; V - პირველდაწყებითი ჩაღვრის მოცულობა; t - ჩაღვრის ხანგრძლივობა;

α, B, C - განშლის კოეფიციენტებია ($\alpha=42,5$; $B=1/3$; $C=1/4$);

ქარის მიმართულებით ლაქას დიამეტრი R_x იანგარიშება

$$R_x = R_y + \beta \cdot W^d t^e, \quad (3.7)$$

სადაც, W - ქარის სიჩქარეა, მ/წმ; $\beta = 1,82$; $d = 4/3$; $e = 3/4$.

2. ნავთობის ლაქას გადაადგილება ზღვის წყლის დინებისა და ქარის მოქმედებით.

მიღებულია, რომ ნავთობპროდუქტი წყლის ზედაპირზე გადაადგილდება შემდეგი ფაქტორების დახმარებით: წყლის დინების და მისი ღელვის მოქმედებით, რომელიც წარმოიქმნება აკვატორიის სანაპიროს ახლოს.

გადაადგილება აღიწერება გამოსახულებით

$$V_t = K_W W_t + K_u U_t + K_S(L) F_t \quad , \quad (3.8.)$$

სადაც, V_t - მიკროლაქას ცენტრის გადაადგილების სიჩქარის ვექტორი; W_t - ზედაპირიდან 10 მ. სიმაღლეზე ქარის სიჩქარის ვექტორი; U_t - ქარისა და დინების ჯამური მოძრაობის ვექტორი; F_t - სანაპიროსა და მისი კონფიგურაციის გავლენის ვექტორი; K_W - ქარის გავლენის კოეფიციენტი, თითოეულ ლაქას აქვს თავის კოეფიციენტი დასაშვებ დიაპაზონში 2-4%; K_u - ზღვის წყლის დინების კოეფიციენტი, ანგარიშებისათვის აიღება 100%; K_S - ნაპირის დაცილების კოეფიციენტი ჩაღვრის ადგილიდან.

3. სანაპიროს ხაზთან ახლოს ღელვის მოქმედება.

სანაპირო ხაზი გარკვეულ გავლენას ახდენს „მიკროლაქაზე“, რადგან წყლის სიღრმის დონის შემცირების გამო ტალღები შემობრუნდებიან ნაპირთან. ეს ფაქტორი განსაკუთრებით შესამჩნევია მაშინ, როცა ნორმალსა და ნაპირის ვექტორს შორის კუთხე შეადგენს 90°.

ნაპირამდე მანძილის შემცირებისას ეს გავლენა უფრო საგრძნობი ხდება. ნაპირის გავლენის კოეფიციენტი ემპირიული სიდიდეა და განისაზღვრება ექსპერიმენტის განმავლობაში.

საწყის მონაცემებად გამოიყენება შემდეგი ინფორმაცია:

1. სანაპირო ხაზის (პერიმეტრის) კონფიგურაცია;
2. მოდელირების პერიოდში მეტეოროლოგიური სიტუაცია;
3. რეალური ან საანგარიშო დინება;
4. ნავთობჩაღვრების ადგილი და დინამიკა.

ნავთობის „მიკროლაქად“ გადაქცევის პროცესი ხდება:

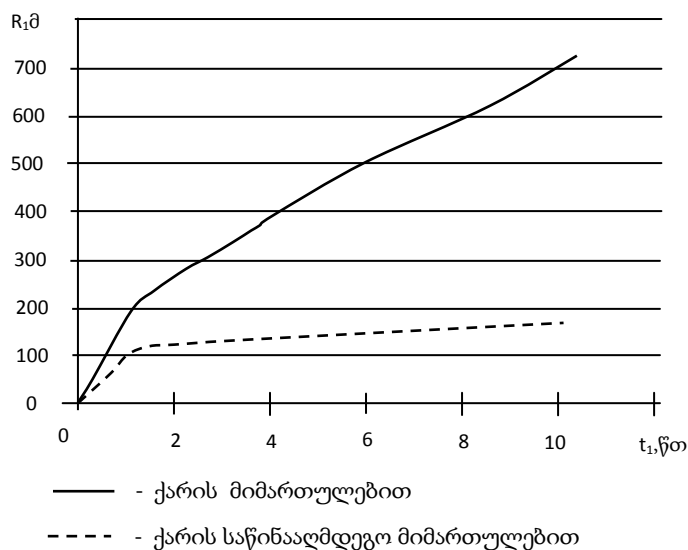
ა) გრავიტაციული, სიბლანტისა და ზედაპირული დაჭიმულობის ძალებით, რომელიც გადაადგილდება წყლის დინებისა და ქარის ზემოქმედებით განსაზღვრული დროის განმავლობაში;

ბ) ქარისა და დინების (გამოიყენება ლაგრანჟის მეთოდი ლაქას ნაწილაკების სტოხასტიკური ბუნების გამო) ძალის მოქმედებით ლაქას დაყოფა ცალკეულ ნაწილაკებად .

გამოირკვა, რომ განშლა და გადაადგილება იწყება ჩაღვრისთანავე. როცა ის მიაღწევს განსაზღვრულ სისქეს ლაქა იშლება N ნაწილებად, რომელთაგან თითოეული ფლობს საკუთარ მასას და შემდგომში ითვლება „მიკროლაქად“. შემდეგ თითოეული ნაწილაკებიდან იწყება იტერაციული (განმეორებითი) პროცესი მისი გადაადგილების ტრაექტორიის გამეორებებით. ყველაფერი ეს გრძელდება მანამ, სანამ თითოეული ნაწილაკი არ მიაღწევს ნაპირს ან არ გავა გაანგარიშების ზონიდან.

თეორიული კვლევის შედეგებმა გვაჩვენა, რომ ლაქას დიამეტრი ბენზინისა და დიზელის საწვავის უმნიშვნელოდ განსხვავდება ერთმანეთისაგან, რადგან ისინი სიმკვრივით თითქმის იდენტურნი არიან. აგრეთვე მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისაგან ნავთობი და მაზუთი, თუმცა მათი სიდიდე 23%-ით ნაკლებია ბენზინისა და დიზელის საწვავის ლაქას დიამეტრთან შედარებით.

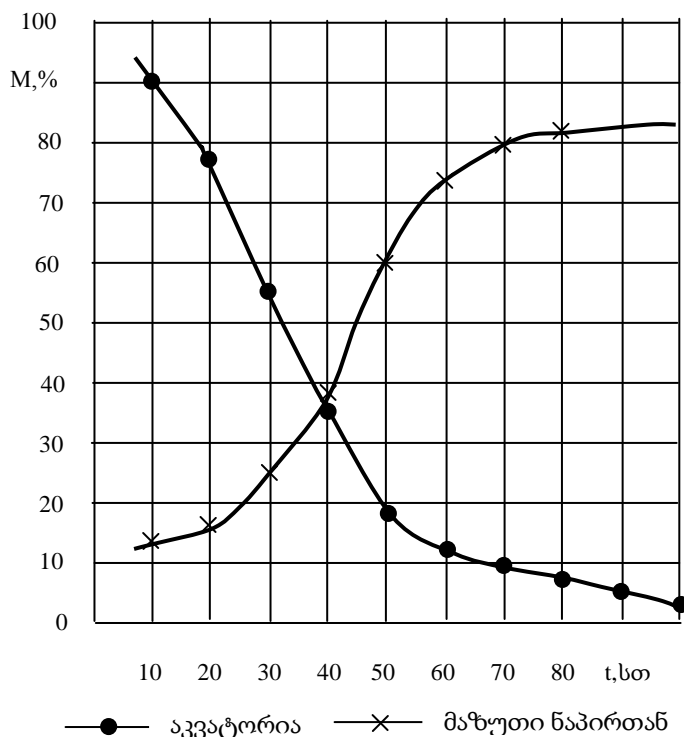
ნახაზზე 3.10 წარმოდგენილია ნავთობის ლაქას დიამეტრის ცვალებადობა დროში, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ იგი უფრო მეტად დამოკიდებულია ქარის მიმართულებაზე.



ნახ. 3.10. ნავთობის ლაქას დიამეტრის ცვალებადობის გრაფიკი დროში.

საქართველოს სანაპირო ზოლში და აკვატორიაში ჩაღვრილი მაზუთის ფენის მოძრაობა განისაზღვრება ქარის ველით, ზღვის ზედაპირული მდგომარეობითა და მაზუთის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით. ლაქების ელემენტარულ ნაწილაკებად დაშლის მეთოდით საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ნავთობპროდუქტების განაწილება კონკრეტულ ტერიტორიაზე და ამ ნაწილაკების მოძრაობის ტრაექტორია.

კვლევის შედეგების მიხედვით აგებულია მაზუთის განაწილების დიაგრამა (ნახ. 3.11).



ნახ. 3.11. მაზუთის განაწილება საზღვაო აკვატორიის სანაპირო ზოლში.

განგარიშების გზით დავადგინეთ, რომ ლაქას დიამეტრი იზრდება ჩაღვრილი ნავთობის რაოდენობის პროპორციულად. მაქსიმალური დიამეტრი, რომელსაც შიძლება მიაღწიოს ლაქამ, როგორც აღინიშნა, დამოკიდებულია ჩაღვრების მოცულობაზე.

3.4. ნავთობის ლაქას პარამეტრების განსაზღვრა განშლის პროცესში

ნავთობის ჩაღვრის მოდელირება მრავალი ფაქტორების მოქმედების გამო ურთულესი პრობლემაა, რომლებიც გავლენას ახდენენ წყლის არეში ნავთობის გადაადგილებასა და ევოლუციაზე. მათ მიეკუთვნება ჩაღვრილის საწყისი მოცულობა და ნავთობის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ჩაღვრის ადგილის მახსიათებლები, ნავთობის ლაქას ქვეშ წყლის ცირკულაცია და შემადგენლობა, ქარის ველის სიდიდე და

ზოგიერთი ქიმიურ-ბიოლოგიური პროცესები: ლაქას გადატანა, ტურბულენტური დიფუზია, ჰიდროდინამიკური გაფანტვა, გახსნადობა, ფოტომჟავიანობა, ჩაყვინთვა და ამოტივტივება, როგორც პროცესის თანმხლები მოვლენები. ყველა ეს პროცესი ერთმანეთთან მჭიდრო კავშირშია და საჭიროა მათი ერთდროულად გათვალისწინება უფრო ზუსტი შედეგების მიღებისათვის.

თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკურ ლიტერატურაში, რომელიც ეძღვნება ნავთობის განშლის თემას [93; 4], ყველაზე წარმომადგენლობითი და აპრობირებული მეთოდიკაა მისი ცვალებადობის აღდგენა დროში. ამ მეთოდიკაში ლაქას რადიუსი წარმოდგენილია 3 არგუმენტის ფუნქციით: ნავთობის სიმკვრივე (ρ_n), ჩაღვრის მოცულობა V და დრო t . წყლის სიმკვრივე ($\rho_{წყ}$) 25°C ტემპერატურაზე შეადგენს: $997 - 1000$ კგ/მ³ სუფთა წყლისათვის და $1005 - 1024$ კგ/მ³ ზღვის წყლისათვის. ეს მაჩვენებელი შავი ზღვის ზედაპირზე მაქსიმალურია თებერვალში და საშუალოდ ტოლია $1014 - 1016$ კგ/მ³-ისა. მისი მინიმალური სიდიდეა აგვისტოში 1011 კგ/მ³. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სიმკვრივე მოცემულია ცხრილში 3.4.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების სიმკვრივე

ცხრილი 3.4.

ნავთობი, სიმკვრივე კგ/სმ ³	ნავთობპროდუქტები, სიმკვრივე კგ/სმ ³
მსუბუქი - 830 ნაკლები	ბენზინი 710 – 750
საშუალო - 831-860	ნავთი 750 – 780
მძიმე > 860	დიზელის სწვავი 800 – 850
	ზეთები 910 – 980
	მაზუთი ~ 950
	გუდრონი 990 – 1000
	ფისები > 1000

განგარიშების მეთოდიკა (რომელსაც პირობით ვუწოდებთ Bernuli) [5] მდგომარეობს შემდეგი გამოსახულების გამოყენებაში:

$$r(t, V, \rho_{\delta}) = \left[4 \cdot \xi \cdot g \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\delta}}{\rho_{\text{წყ}}} \right) \right]^{\frac{1}{4}} \cdot V^{\frac{1}{4}} \cdot t^{\frac{1}{2}} . \quad (3.9)$$

წყლის ზედაპირის დანაგვიანების ხარისხად აღებულია ლაქას რადიუსი და მისი დროში ცვალებადობა. ნავთობის ლაქას რადიუსის გაზრდის Bukmeister-ის მეთოდიკის ფუნქციონალური დამოკიდებულების ანალიზი საშუალებას იძლევა გავითვალისწინოთ არა მარტო გრავიტაცია, არამედ წყლისა და ნავთობპროდუქტის კინემატიკური სიბლანტეები.

Bukmeister-ის მეთოდიკა არის რადიუსის ცვალებადობის ფორმალიზაცია წყლის ზედაპირზე ბლანტურ-გრავიტაციული განშლისას

$$R(t, V, \rho_{\delta}) = 1,76 \cdot (g \cdot \delta)^{\frac{1}{4}} \cdot V^{\frac{1}{3}} \cdot \nu_{\text{წყ}}^{-\frac{1}{8}} \cdot t^{\frac{3}{8}} , \quad (3.10)$$

სადაც $R(t)$ - რადიუსის ფუნქციაა დროში, მ;

$$g = 9,91 \text{ მ/წმ}^2; \quad \delta = 1 - \frac{\rho_{\delta}}{\rho_{\text{წყ}}};$$

ρ_{δ} - ნავთობის სიმკვრივე, კგ/მ³; $\rho_{\text{წყ}}$ - წყლის სიმკვრივე, კგ/მ³; $\nu_{\text{წყ}}$ - წყლის სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი, $\nu = \alpha \cdot 10^{-6}$, მ²/წმ; α - ტემპერატურული კოეფიციენტი; t - გავრცელების დრო, წმ.

ან შეიძლება გამოვიყენოთ ფორმულა

$$r(t, V, \rho_{\delta}) = \left[4 \cdot \xi \cdot g \cdot \frac{1}{\pi} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\delta}}{\rho_{\text{წყ}}} \right) \right]^{\frac{1}{4}} \cdot V^{\frac{1}{3}} \cdot \nu_{\text{წყ}}^{-\frac{1}{8}} \cdot t^{\frac{3}{8}} . \quad (3.11)$$

ნავთობის ჩაღვრების მოდელებში ჩვეულებრივ საუბარია ლაქების სივრცით გადაადგილებაზე, გადატანასა და ტრანსფორმაციაზე. ნავთობის ლაქას ტრაექტორიის (გადატანის) გაანგარიშება ხდება ნავთობის გადატანით სხვადასხვა სივრცეში: ზღვის ზედაპირი, ატმოსფერო, წყლის შრე, სანაპირო რაიონი, ყინვა, ზღვის ფსკერი, მისი მახასიათებლების ცვალებადობით (სიმკვრივე, წყლის შემცველობა, სიბლანტე, ზედაპირული დაჭიმულობა).

კვლევების დიდი ნაწილი ეძღვნება ნავთობის ლაქას ზომების შეფასებას, როგორც დროის ფუნქციას. ყველაზე პოპულარული ამ მხრივ არის ლაქას კინემატიკის შეფასების Fay-ს მიდგომა, რომელიც მოდიფიცირებულია მრავალი ავტორის მიერ [94; 95]. Fay -მ შემოიტანა ფორმულა იდეალიზირებული კონფიგურაციის მქონე მშვიდ გარემოში მუდმივი მოცულობით ნავთობის ჩაღვრისათვის. მის თეორიაში ნავთობის განშლა

ძირითადად მიმდინარეობს გრავიტაციითა და ზედაპირული დაჭიმულობით, რომელიც გაწონასწორებულია სხვადასხვა ეტაპზე ინერციის ძალითა და სიბლანტით [96].

Fay-ს მეთოდით ნავთობის განშლში გამოიყოფა 3 ფაზა: ინერციული, გრავიტაციულ-ბლანტური და ზედაპირული დაჭიმულობა.

საწყის ეტაპზე მნიშვნელოვანია გრავიტაციისა და ინერციის ძალები

$$R(t) = k_i \cdot \left[g \cdot V \cdot \left(\frac{\rho_{\text{წყ}} - \rho_{\text{ბ}}}{\rho_{\text{წყ}}} \right) \cdot t^2 \right]^{\frac{1}{4}} . \quad (3.12)$$

გრავიტაციულ-ბლანტური (მეორე) ფაზაში ლაქას განშლში ითვალისწინებენ აფსკში სიბლანტის ძალას. ამ დროს ანგარიში ხდება ფორმულით

$$R(t) = k_v \cdot \left[g \cdot V^2 \cdot \left(\frac{\rho_{\text{წყ}} - \rho_{\text{ბ}}}{\rho_{\text{წყ}}} \right) \cdot t^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{1}{v_{\text{წყ}}^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{1}{6}} . \quad (3.13)$$

მესამე ფაზაში განშლა უმეტესად ხდება ზედაპირული დაჭიმულობის ხარჯზე. ამ შემთხვევაში ანგარიში ტარდება ფორმულით

$$R(t) = k_t \cdot \left[\sigma^2 \cdot t^3 \cdot \left(\frac{1}{\rho_{\text{წყ}}^2 \cdot v_{\text{წყ}}} \right) \right]^{\frac{1}{4}} . \quad (3.14)$$

მეთოდის მოცემულ განტოლებებში განშლის რადიუსის შეფასებისათვის გამოიყენება შემდეგი აღნიშვნები:

$v_{\text{წყ}}$ - წყლის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი, მ²/წმ: $k_i = 1.14$; $k_v = 1.45$; $k_t = 2.3$.

$$\sigma = \sigma_w - \sigma_o - \sigma_{ow}; \quad (3.15)$$

სადაც σ - დაჭიმულობის ჯამური ზედაპირი და ტოლია 0,02 – 0,03 ნ/მ [4; 16]. σ_w - წყლისა და ჰაერის ზღვაზე ზედაპირული დაჭიმულობა; σ_o - ჰაერისა და ნავთობის ზღვარზე ზედაპირული დაჭიმულობა; σ_{ow} - წყალი-ნავთობის ზღვარზე ზედაპირული დაჭიმულობა.

შერჩეული მეთოდის თავისებურებად ჩაითვლება დროის განსაზღვრა განშლის პირველი სტადიიდან (ინერციული) მეორეზე (გრავიტაციული ბლანტური) გადასვლისას და მეორედან მესამეზე (ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა) გადასვლის პროცესებში.

Fay-ს მეთოდით პირველი სტადიიდან მეორეში გადასვლის მომენტის განსაზღვრისათვის საჭიროა ერთმანეთს გავუტოლოთ (3.12) და (3.13) გამოსახულებები და ამოვხსნათ ისინი t -ს მიმართ. შედეგად მივიღებთ

$$t_1 = 2.6173 \cdot V^{\frac{1}{3}} \cdot \left\{ \left(1 - \frac{\rho_{\bar{t}}}{\rho_{\bar{y}}} \right) \cdot g \right\}^{-\frac{1}{3}} \cdot v_{\bar{y}}^{-\frac{1}{3}}, \quad (3.16)$$

სადაც t_1 - დროის მომენტია, რომლიდანაც ლაქას რადიუსის განსაზღვრისათვის იყენებენ (3.13) გამოსახულებას.

ანალოგიურად შეიძლება განვსაზღვროთ მეორე ეტაპიდან მესამეში გადასვლის მომენტის მნიშვნელობა t_2 , რომლიდანაც რადიუსის საანგარიშოთ აუცილებელია გამოვიყენოთ გამოსახულება (3.14):

$$t_2 = \frac{1.02 \cdot V^{\frac{2}{3}} \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\bar{t}}}{\rho_{\bar{y}}} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot v_{\bar{y}}^{\frac{1}{3}} \cdot \rho_{\bar{y}}}{\sigma}, \quad (3.17)$$

ჩაღვრილი ნავთობის მაქსიმალური ლაქას მიღწევის დრო ზედაპირული დაჭიმულობის ფაზაში განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$t_{\text{მაქს}} = \left[(R_{\text{მაქს}}^4 \cdot \rho_{\bar{y}}^2 \cdot v_{\bar{y}}) / (K^4 \cdot \sigma^2) \right]^{1/3}, \quad (3.18)$$

სადაც ემპირიული კოეფიციენტი $K=2,3$.

ნავთობის ლაქას მაქსიმალური რადიუსი $t_{\text{მაქს}}$ -ის დრო იანგარიშება ფორმულით:

$$R_{\text{მაქს}} = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h_{\text{მაქს}}}}, \quad (3.19)$$

ზედაპირული დაჭიმულობა განსაზღვრულ ეტაპზე იცვლის ნიშანს და დაჭიმულობა წყდება. როგორც დაკვირვება გვიჩვენებს, ეს ხდება როცა ნავთობის აფსკის სისქე მცირდება 0,00003 – 0,0001 მ-მდე.

ნავთობის აფსკის სისქე h განშლის დროსთან დამოკიდებულებაში განისაზღვრება ფორმულით

$$h = V / \pi R^2, \quad (3.20)$$

ზემოდმოტანილი ფორმულების გამოყენებით ჩატარდა მოდულური ანგარიში ლაქას რადიუსის (R), დროის (t) ცვალებადობისა და ფენის სისქის განსაზღვრისათვის.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების წყლის ზედაპირზე განშლის პროცესის მათემატიკური მოდელირებით კვლევა და გაანგარიშება განხორციელდა Excel და

Mathcad პროგრამული პაკეტების საშუალებით (დანართი 2). ანგარიშის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებისა (ცხრ.3.5 და 3.6) და გრაფიკების (ნახაზები 3.12., ...3.19) სახით.

ანგარიშები ჩატარდა ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების საწყისი 25 მ³, 50 მ³, 100 მ³, 200 მ³ მოცულობებისათვის.

ცხრილში 3.5 მოტანილია დროის საანგარიშო მნიშვნელობები წუთებში პირველი ფაზიდან მეორეში და მეორედან მესამე ფაზაში გადასვლის მომენტში.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ლაქას გავრცელების ფაზების ცვალებადობა დროში (წუთი).

ცხრილი 3.5.

დასახელება	ჩაღვრების მოცულობა, მ ³									
	25		50		100		200		300	
	t ₁	t ₂	t ₁	t ₂	t ₁	t ₂	t ₁	t ₂	t ₁	t ₂
მაზუთი	13,9	22,8	17,5	36,2	22,1	57,5	27,8	91,2	31,8	119,6
ნავთობი (მძიმე)	10,5	30,2	13,3	47,9	16,7	77,0	21,0	120,6	24,9	158,1
დ.ს.	9,68	32,8	12,2	52,0	15,4	82,6	19,4	131,1	22,2	171,8
ბენზინი	8,4	38,0	10,5	60,2	13,3	95,6	16,7	151,8	19,1	198,9

ლაქას მიმდინარე რადიუსი გრავიტაციისა და ინერციის ფაზაში, როცა $0 < t < t_1$ შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით (3.12).

ლაქას მიმდინარე რადიუსი გრავიტაციულ-ბლანტურ (მეორე) ფაზაში, როცა $t_1 < t < t_2$ განისაზღვრება ფორმულით (3.13).

ლაქას მიმდინარე რადიუსი მესამე ფაზაში როცა $t_2 < t < t_{max}$ განისაზღვრება ფორმულით (3.14).

ჩატარებული გაანგარიშებები გვიჩვენებენ, რომ განშლის მაქსიმალური დრო (ცხრ.3.5) არსებითად დამოკიდებულია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტიპებზე და ჩაღვრის მოცულობაზე. ცნობილი გახდა, რომ მაზუთისათვის მეორე ეტაპი მთავრდება გაცილებით სრაფად, ვიდრე დიზელის საწყავისა.

ავარიული ჩაღვრებისას მოცულობის 25...100 მ³ განშლისას გრავიტაციულ-ბლანტური ფაზა შეადგენს 35-95 წუთს ნავთობპროდუქტის სახის მიხედვით.

მსხვილი ავარიების შემთხვევაში ($> 100 \text{ მ}^3$) გრავიტაციულ-ბლანტური ფაზიდან დაჭიმულობის ფაზაზე გადასვლის დრო შეადგენს 119,6 წუთს ყველაზე მკვრივ ნავთობპროდუქტისათვის (მაზუთი). ხოლო ბენზინისათვის ეს დრო 198,6 წუთია.

რეალურია, რომ საქართველოს აკვატორიაში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრების ლიკვიდაციისათვის დრო ჩაღვრის მომენტიდან სამუშაოს დაწყებამდე შეადგენს არა უმეტეს 38 წუთს, ანუ შემდეგ ლაქების განშლის პირველი ეტაპი შეიძლება გამოვრიცხოთ.

ცხრილში 3.6. მოცემულია ანგარიშის შედეგები: დრო (t), ნავთობის ლაქას გავრცელების რადიუსი (R) და აფსკის სისქე (h) მაზუთის მაგალითზე (სიმკვრივე- 950 კგ/მ^3 , $V=100 \text{ მ}^3$)

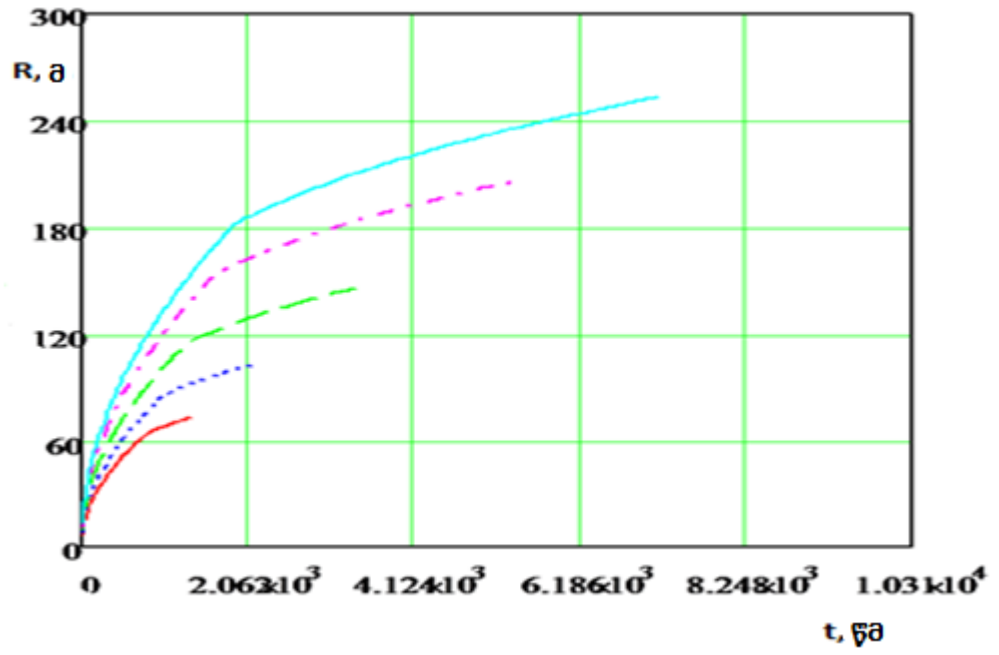
ცხრილი 3.6.

N	t, წთ	R ₁	R ₂	R=R ₁ , როცა $t < t_1$ R=R ₂ , როცა $t_1 < t < t_2$	h, მ
0	0	0,00	0,00	0,00	-
1	5,7	58,72	82,2	58,72	0,00923
2	11,5	83,04	97,8	83,04	0,00462
3	17,2	101,70	108,2	101,70	0,00308
4	23,0	117,44	116,3	116,26	0,00236
5	28,7	131,30	123,0	122,93	0,00211
6	34,52	143,83	128,7	128,66	0,00192
7	40,2	155,35	133,7	133,71	0,00178
8	46	166,08	138,3	138,25	0,00167
9	51,7	176,16	142,4	142,38	0,00157
10	57,5	185,68	146,2	146,18	0,00149

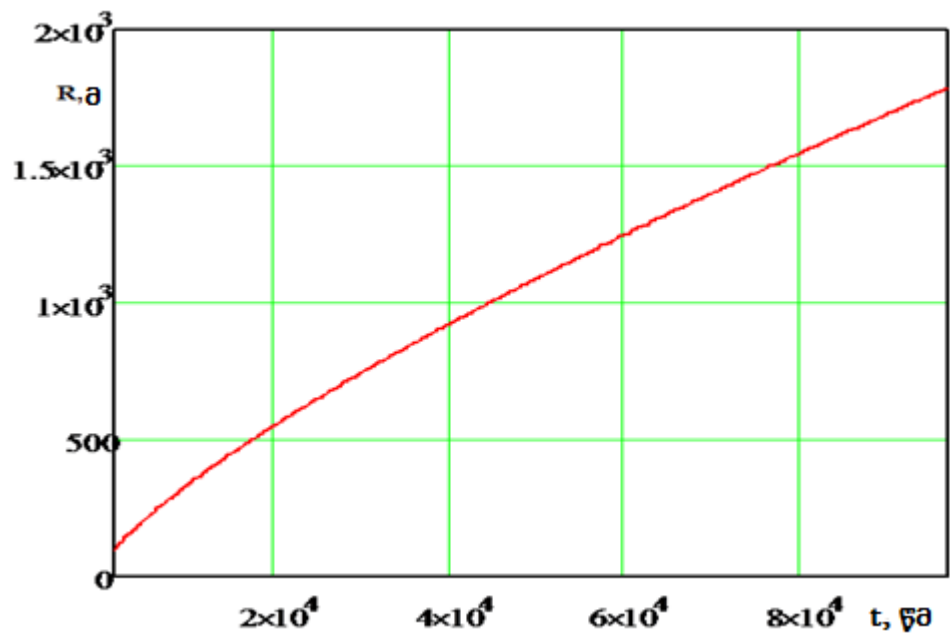
t, წთ	R=R ₃ ($t_2 < t < t_3$)	h, მ
57,5	146,11	0,00149
129,5	268,59	0,00044
201,4	374,17	0,00023
273,3	470,51	0,00014
345,2	560,64	0,00010
417,2	646,16	0,00008
489,1	728,05	0,00006
561,1	806,97	0,00005
633,0	883,39	0,00004
705,0	957,66	0,00003
776,9	1030,06	0,00003

ნავთობის ლაქას რადიუსის ცვალებადობა განშლის დროისა და ჩაღვრის მოცულობის მიხედვით ნაჩვენებია ნახაზებზე: (3.12; 3.13; 3.14 და 3.15), რომლებზეც გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები:

— V=25 მ³ V=50 მ³ — V=100 მ³
- - - V=200 მ³ — V=300 მ³

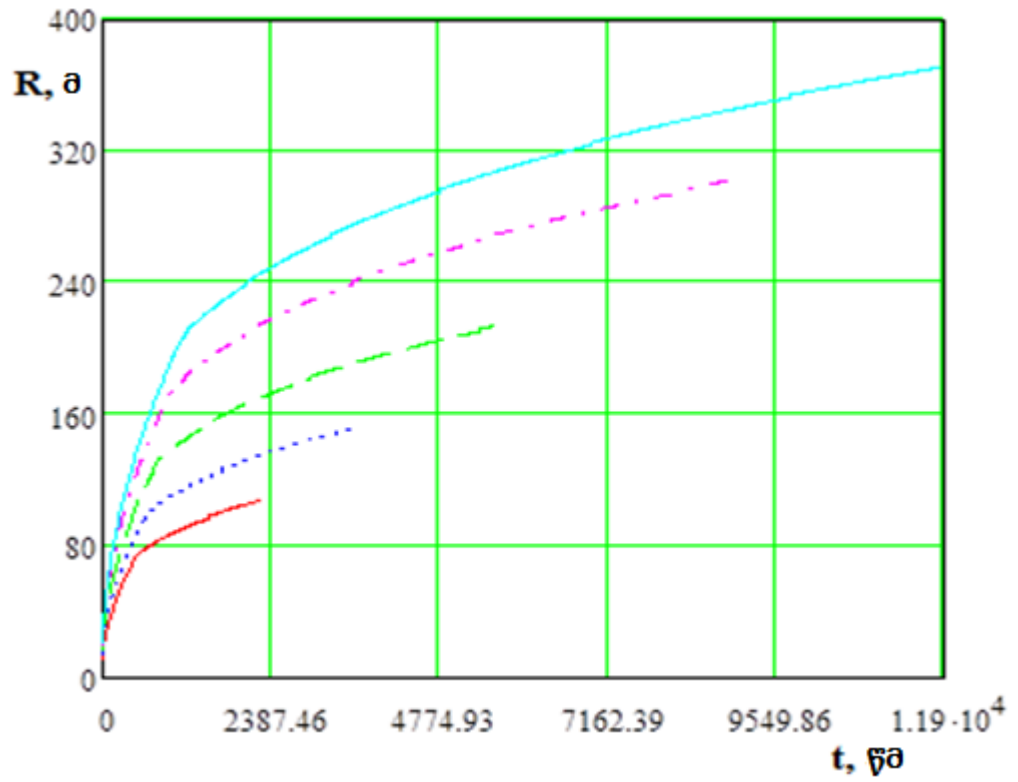


ა.

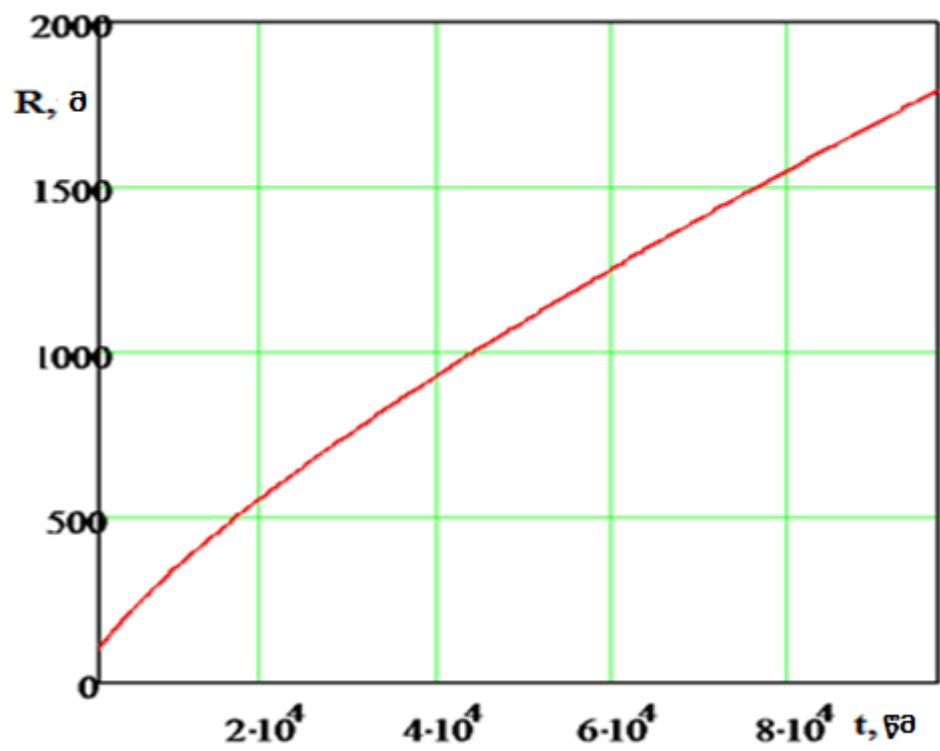


ბ.

ნახ. 3.12. მაზუთის ლაქას დინამიკა I – II (ა) და III (ბ) ფაზებში.

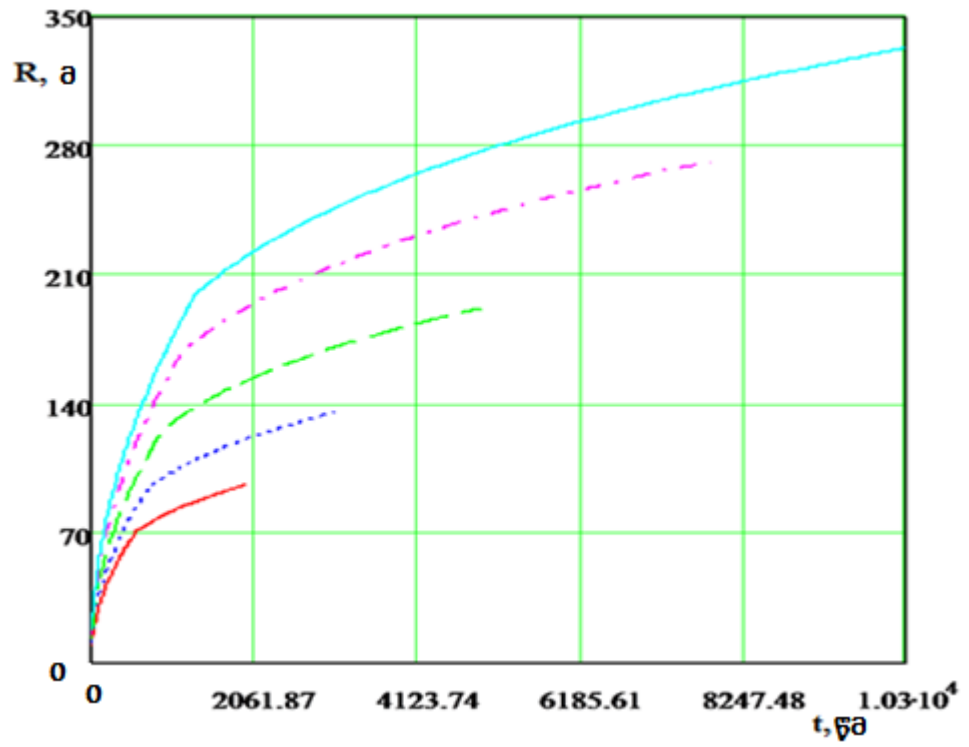


ა.

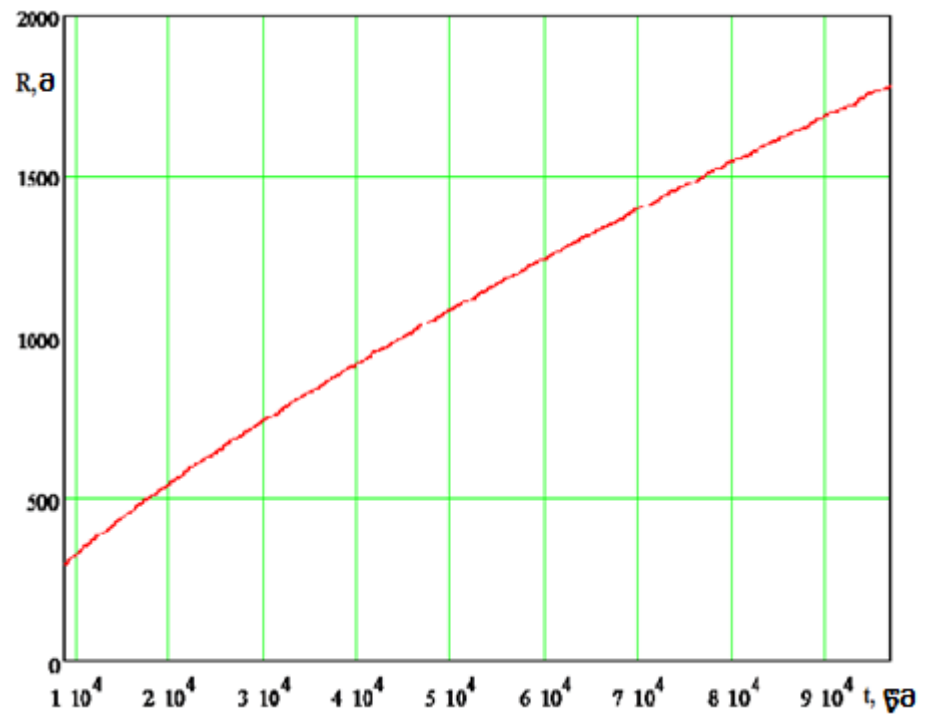


ბ.

ნახ. 3.13. ბენზინის ლაქას დინამიკა I – II (ა) და III (ბ) ფაზებში.

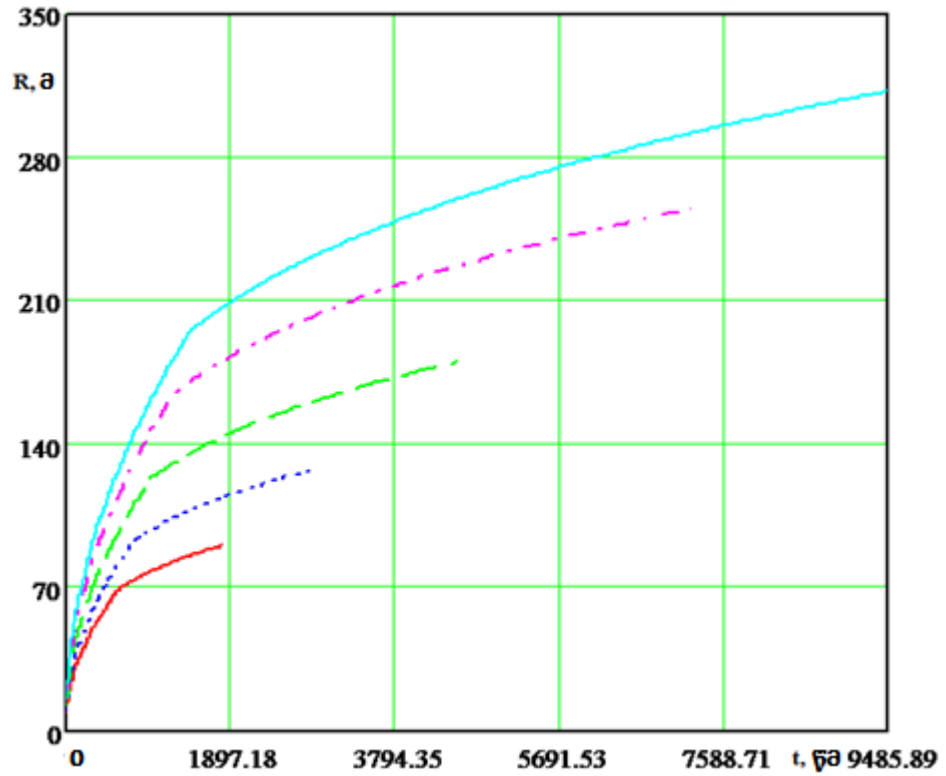


ა.

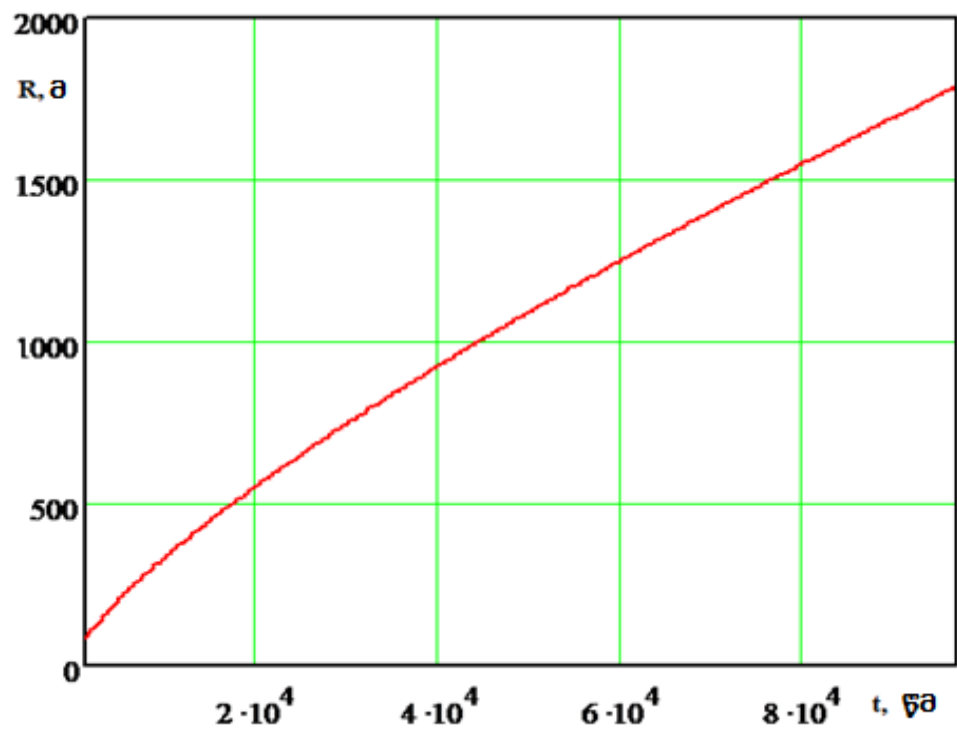


ბ.

ნახ.3.14. დიზელის საწვავის ლაქას დინამიკა I – II (ა) და III (ბ) ფაზებში.



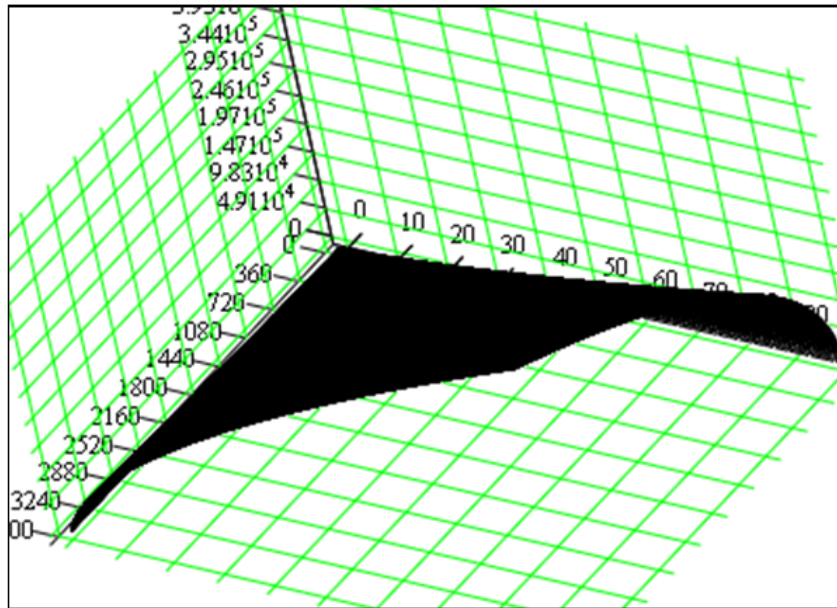
ა.



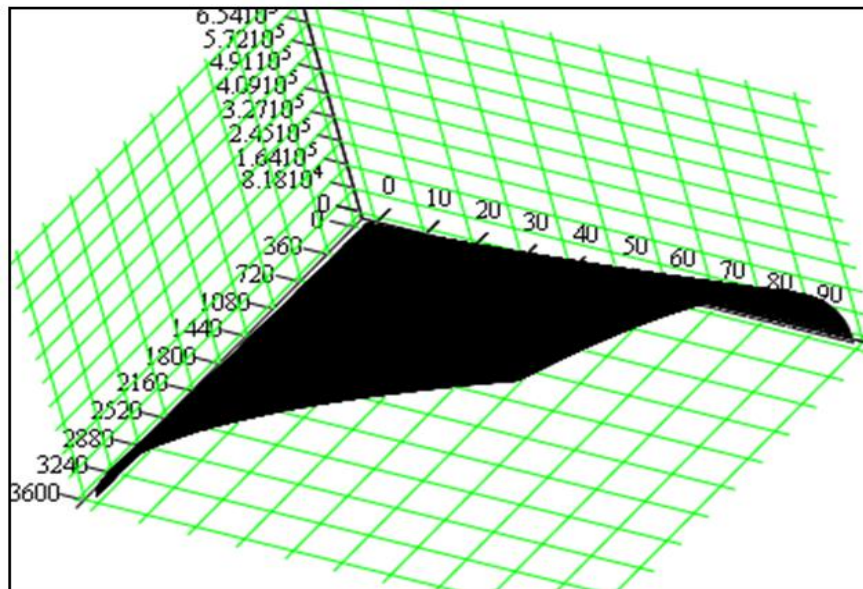
ბ.

ნახ.3.15. ნავთობის ლაქას დინამიკა I – II (ა) და III (ბ) ფაზებში.

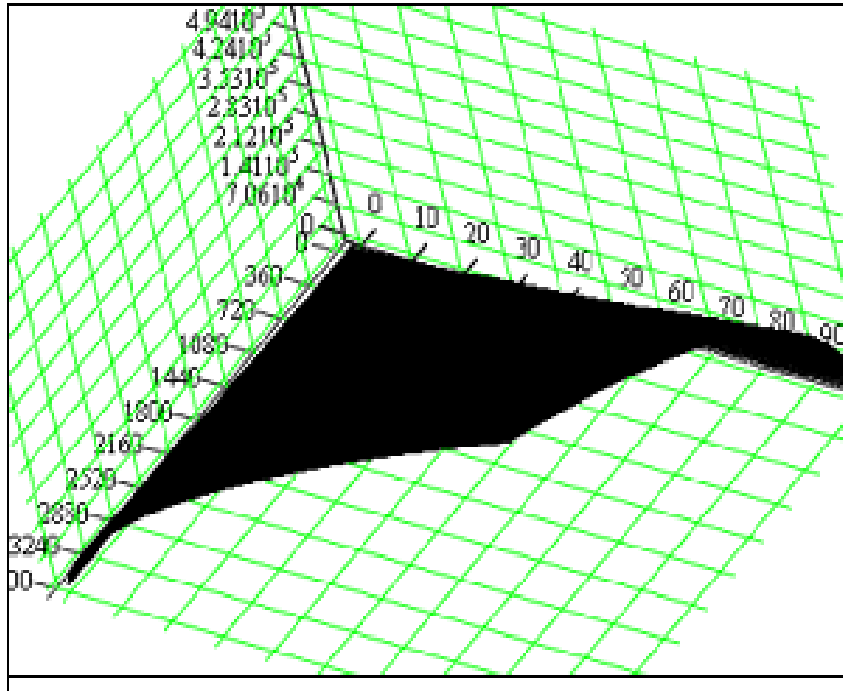
ზემოთ დამუშავებული მეთოდიკით გაანგარიშებული ნავთობის ლაქას ფართობის გრაფიკები წარმოდგენილია ნახაზებზე 3.16, 3.17., 3.18 და 3.19.



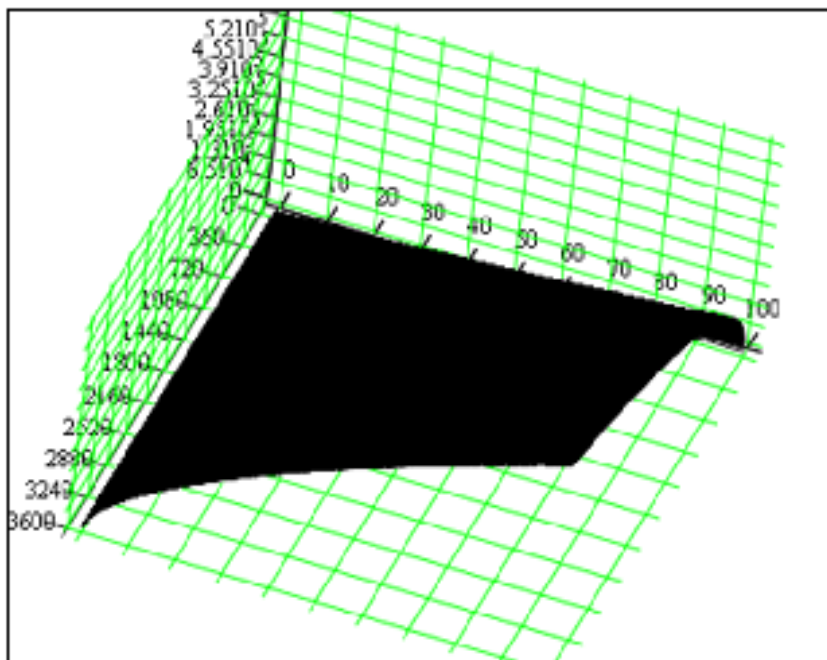
ნახ. 3.16. მაჭუთის ლაქას ფართობის ცვალებადობა დროში 1-დან – 100 მ³-მდე მოცულობის ჩაღვრისას. მეთოდიკა Fay, II ფაზა.



ნახ. 3.17. ბენზინის ლაქას ფართობის ცვალებადობა დროში 1-დან – 100 მ³-მდე მოცულობის ჩაღვრისას. მეთოდიკა Fay, II ფაზა.



ნახ. 3.18. დიზელის საწვავის ლაქას ფართობის ცვალებადობა დროში 1-დან – 100 მ³-მდე მოცულობის ჩაღვრისას. მეთოდიკა Fay, II ფაზა.



ნახ. 3.19. ნავთობის ლაქას ფართობის ცვალებადობა დროში 1-დან – 100 მ³-მდე მოცულობის ჩაღვრისას. მეთოდიკა Fay, II ფაზა.

წარმოდგენილი მოცულობითი გრაფიკებიდან (ზედაპირები) ჩანს, რომ ლაქების ცვალებადობის ხასიათი ყველგან იდენტურია.

პროფესორ ა.ი.ალხიმენკოს კვლევებში [4] მოცემულია სითხის განშლის რადიუსის გაანგარიშებისათვის საჭირო მოდიფიცირებული Fay-ს ფორმულა, რომელშიც გათვალისწინებულია ქარის ზემოქმედება.

$$S(t, V, \rho_{\text{ფ}}, w) = 227 \cdot \left[1 - \frac{\rho_{\text{ფ}}}{\rho_{\text{ფ}_0}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot V^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + 0,04 \cdot \left[1 - \frac{\rho_{\text{ფ}}}{\rho_{\text{ფ}_0}}\right]^{\frac{1}{3}} \cdot V^{\frac{1}{3}} \cdot w^{\frac{3}{4}} \cdot t \quad (3.21)$$

სადაც $S(t, V, \rho_{\text{ფ}}, w)$ – ნავთობის ლაქას ფართობი, მ²; w – ქარის სიჩქარე, მ/წმ.

მაზუთისა (სიმკვრივე 950 კგ/მ³) და დიზელის საწვავის (სიმკვრივე 870 კგ/მ³) ლაქების განშლის ფართობების Fay-ს მეთოდით გაანგარიშების შედეგები, ქარის სიჩქარის ჩათვლით 3.13 და მის ჩაუთვლელად 3.2,1 მოცემულია ცხრილში 3.7.

ცხრილში 3.7 მოცემული გაანგარიშების შედეგები ადასტურებს, რომ ქარის სიჩქარის ლაქას ფართობზე გავლენა არსებითი არ არის.

ადრე ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ ქარის სიჩქარე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნავთობის ლაქას ფართობის ფორმაზე და ნაკლებ გავლენას ახდენს ლაქას ფართობზე, აფსკის სისქეზე და აგრეთვე ემულსიის წარმოქმნის სიჩქარეზე.

მაზუთის და დიზელის საწვავის განშლის ფართობების შედარებითი მონაცემები.

ცხრილი 3.7

დასახელება	ჩალვრის მოცულობა, მ ³	განშლის დრო, წმ	ლაქას ფართობი, მ ²		
			ფორმულა (3.13)	ფორმულა (3.21)	
			ქარის სიჩქარე 0 მ/წმ		
მაზუთი	50	1800	$3,057 \times 10^4$	$2,011 \times 10^4$	
		3600	$4,323 \times 10^4$	$2,844 \times 10^4$	
	100	1800	$4,852 \times 10^4$	$3,192 \times 10^4$	
		3600	$6,862 \times 10^4$	$4,514 \times 10^4$	
				ქარის სიჩქარე 10 მ/წმ	
	50	1800	$3,057 \times 10^4$	$2,069 \times 10^4$	
		3600	$4,323 \times 10^4$	$2,961 \times 10^4$	
	100	1800	$4,852 \times 10^4$	$3,266 \times 10^4$	
		3600	$6,862 \times 10^4$	$4,661 \times 10^4$	
				ქარის სიჩქარე 20 მ/წმ	
	50	1800	$3,057 \times 10^4$	$2,109 \times 10^4$	
		3600	$4,323 \times 10^4$	$3,04 \times 10^4$	
100	1800	$4,852 \times 10^4$	$3,316 \times 10^4$		
	3600	$6,862 \times 10^4$	$4,762 \times 10^4$		
დიზელის საწვავი			ქარის სიჩქარე 0 მ/წმ		
	50	1800	$4,392 \times 10^4$	$4,152 \times 10^4$	
		3600	$6,212 \times 10^4$	$5,872 \times 10^4$	
	100	1800	$6,973 \times 10^4$	$6,591 \times 10^4$	
		3600	$9,861 \times 10^4$	$9,321 \times 10^4$	
				ქარის სიჩქარე 10 მ/წმ	
	50	1800	$4,392 \times 10^4$	$4,236 \times 10^4$	
		3600	$6,212 \times 10^4$	$6,04 \times 10^4$	
	100	1800	$6,973 \times 10^4$	$6,697 \times 10^4$	
		3600	$9,861 \times 10^4$	$9,533 \times 10^4$	
				ქარის სიჩქარე 20 მ/წმ	
	50	1800	$4,392 \times 10^4$	$4,293 \times 10^4$	
3600		$6,212 \times 10^4$	$6,155 \times 10^4$		
100	1800	$6,973 \times 10^4$	$6,769 \times 10^4$		
	3600	$9,861 \times 10^4$	$9,677 \times 10^4$		

თავი 4. საქართველოს აკვატორიაში ნავთობისა და ბავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრების თავიდან აცილების და ლიკვიდაციის ღონისძიებები

4.1. რისკის არსი და საზღვაო ტრანსპორტზე ავარიული ჩაღვრების საშიშროება.

ტექნოლოგიური სფეროს სწრაფმა განვითარებამ ჩვენს პლანეტაზე მიგვიყვანა ორ ურთიერთსაწინააღმდეგო შედეგამდე:

- ერთის მხრივ მიღწეულია უდიდესი წარმატება ელექტრონულ, ატომურ, კოსმოსურ, საავიაციო, ენერგეტიკულ და მრეწველობის სხვა დარგებში, აგრეთვე ბიოლოგიის, გენური ინჟინერიის განვითარებამ კაცობრიობას მისცა არნახული წარმატების შესაძლებლობა ცხოვრებისა და მოღვაწეობის ყველა სფეროში;
- მეორე მხრივ ადამიანს დაემუქრა ჯერ კიდევ უცნობი პოტენციალური საშიშროება, მათ მიერ შექმნილი საცხოვრებელ გარემოში, არა მხოლოდ საომარ, არამედ მშვიდობიან პერიოდშიაც კი;

ყოველწლიური ავარიებით და კატასტროფებით გამოწვეული მატერიალური ზარალი განუხრელად იზრდება. სუპერტანკერების ავარიების შედეგად ნავთობის ჩაღვრა ზღვაში და ოკეანეებში უტოლდება ისეთ უბედურებებს, როგორცაა ვულკანების ამოფრქვევა, ქარიშხლები და მიწისძვრები. სიტუაცია ღრმავდება იმითაც, რომ ბევრი პოტენციალურად საშიში წარმოების ობიექტების ინტენსიური ექსპლუატაცია დაუშვებელია რადგან ზედმიწევნით იზრდება მათი მტყუნებების რიცხვი.

გასული საუკუნის 80-იან წლებში წარმოიშვა გერმანელი მეცნიერის ულრიხ ბენის ახალი თეორია, რომლის თანახმადაც XX ს. ბოლო მესამედში კაცობრიობა შევიდა მისი განვითარების ახალ ფაზაში, რომელსაც შეიძლება ვუწოდოთ რისკის საზოგადოება. ეს უკანასკნელი პოსტინდუსტრიალური ფორმაციაა, რომელიც განსხვავდება ინდუსტრიალიზაციის ეპოქისაგან არა სიკეთის განაწილებაში, არამედ რისკებით დაპირისპირებული საშიში გარემოს ფორმირებაში.

თანამედროვე სამეცნიერო ლიტერატურაში განიხილება რისკების რამდენიმე სახესხვაობა, რომელთაგან თითოეულს გააჩნია თავისი თავისებურებები. რაო კოლურუს აზრით, არსებობს 5 ასეთი სახესხვაობა: უსაფრთხოების რისკები;

ჯანმრთელობის საწინააღმდეგო რისკები; ეკოსისტემის საწინააღმდეგო რისკები; საზოგადოებრივი კეთილდღეობის საწინააღმდეგო და ფინანსური რისკები.

უსაფრთხოების საწინააღმდეგო რისკები, ჩვეულებრივ ხასიათდება მცირე ალბათობებით, მაგრამ უმძიმესი შედეგები გააჩნია. იგი ვრცელდება სწრაფად და საჭიროა ზომების მიღება. ჯანმრთელობის საწინააღმდეგო რისკები პირიქით, ხასიათდება მაღალი ალბათობით და ხშირად არა აქვს მძიმე შედეგები, მაგრამ ბევრი მათგანი გამოვლინდება ხოლმე გარკვეული დროის შემდეგ. ეკოსისტემის საწინააღმდეგო მიკრო და მაკრო რისკები მოქმედებენ გარემოს წინააღმდეგ და აქვთ დიდი მასშტაბები.

საზოგადოებრივი კეთილდღეობის საწინააღმდეგო რისკები, განპირობებულია იმით, რომ საზოგადოებრივობა ღებულობს და აფასებს მას სამრეწველო, სასოფლო-სამეურნეო, სამხედრო და სხვა თვალსაზრისით. იგი მჟღავნდება სწრაფად და ხდება მდგრადი. ფინანსური რისკები დაკავშირებულია საკუთრების ან შემოსავლების დაკარგვის შემთხვევებთან, დაზღვევის პრემიის ან ინვესტიციებიდან მიღებული მოგების მიუღებლობასთან [78;81].

ტერმინის „რისკი“ განსაზღვრაში ვხვდებით გარკვეულ სიძნელეებს, რომელიც განპირობებულია იმით, რომ ლიტერატურაში ამის თაობაზე ვხვდებით ურთიერთსაწინააღმდეგო განაზღვრებებს.

პრინციპულად განსხვავდება ერთმანეთისაგან „რისკი“ და „საშიშროება“. ამ უკანასკნელთან დაკავშირებულია კონკრეტული ფაქტები და პროცესები, ანუ საუბარია ამ ფაქტის წარმოშობის ალბათობაზე და წარმოშობის დროზე. საშიშროებისაგან განსხვავებით რისკები არ შეიძლება განვიხილოთ საშიშროებისაგან შესაძლო მოწყვეტის მეთოდით.

რისკი - საშიშროების რაოდენობრივი მხარეა. საჭიროა შედეგები გავითვალისწინოთ ერთობლივად, რისკთან ერთად როგორც კომპლექსური პრობლემა.

საშიშროების შედეგების გამოვლენას ყოველთვის თან ახლავს ზიანი (სოციალური, ეკონომიკური, ეკოლოგიური და ა.შ.). რაც მეტია მოსალოდნელი ზიანი, მით მეტია რისკი. უფრო მეტიც, რისკი შეიძლება განვიხილოთ როგორც საშიშროებასთან განხილული პროცესის ალბათური გამოვლენა.

$$R = P \cdot Y,$$

სადაც, R - რისკია; P - განხილული საშიში მოვლენის ალბათობა; Y - მოსალოდნელი მაგნიტუდის შედეგი (ზიანი).

ამრიგად „რისკი“-ს გაგება შეიძლება ორი მოვლენის გაერთიანებით: „საშიშროების ალბათობა“ და „ზიანი“. [55].

4.2. გემების ავარიების სტატისტიკა

მიუხედავად ნაოსნობის პრაქტიკაში მეცნიერების და ტექნიკის მოწინავე გამოცდილების დანერგვისა, გემების მშენებლობაში და აღჭურვაში დარგის უახლესი ტექნოლოგიების გამოყენებისა, მსოფლიოში ყოველწლიურად ხდება ტრაგედიები, ათეულობით გემი იძირება, იწვიან, ფეთქდებიან და ზოგჯერ უკვალოდ ქრებიან. ნახაზზე 4.1 მოტანილია ავარიების შედეგების ამსახველი ილუსტრაციები. ილუპება ასობით ადამიანი. რაშია საქმე? რატომ ხდება ეს ტრაგიკული შემთხვევები?

ზღვაზე მომხდარი ტრაგიკული შემთხვევები შეიძლება გავყოთ რამდენიმე ჯგუფად:

- ა) შტორმით, შეზღუდული ხილვადობით და ყინულების ცურვით გამოწვეული;
- ბ) გემის წამყვანების ან ლოცმანების შეცდომებით, განსაკუთრებით მასიური ნაოსნობის რეგიონში;
- გ) უცნობ ობიექტთან შეჯახებით;
- დ) მანევრირება შეზღუდული გარემოს პირობებში (პორტებში, რეიდზე, ღუზაზე დგომის მონაკვეთზე);
- ე) ტვირთების შერევით, თვითაალება და აფეთქება.

გარდა ამისა ავარიული სიტუაციების აღძვრაში თავისი წვლილი შეაქვს აგრეთვე: გემების საჭის მექანიზმის გაუმართაობას; ძრავას დაზიანებას, რადიოშეტყობინების არასწორად აღქმას, ტერორიზმს და მეკობრეთა თავდასხმებს.



ნახ. 4.1. საზღვაო ტრანსპორტით გადატანილი ტვირთების ჩაღვრის პროცესები.

იმ რაიონებში, სადაც მოქმედებს გემების მოძრაობის უსაფრთხოებისა და კონტროლის სამსახური, უბედური შემთხვევები უნდა იყოს მინიმალური, მაგრამ ეს ასე როდია. ნაოსნობაში უსაფრთხოების გაზრდას უზრუნველყოფს ნაოსნობის მთელ სისტემაში SOLAR-ის კონვენციის მოთხოვნების რეალიზაცია, რომელიც მოიცავს ფართო დიაპაზონის საკითხებს: გემების დაპროექტებას, მშენებლობას, ტვირთების გადაზიდვის წესებს, ტექნიკურ სერვისს და ა.შ.

სანაპირო ტრენაჟორებზე ტრენინგებისა და სწავლების დროს გემების ეკიპაჟის წევრები ამუშავებენ ზღვაზე წყალთან და ცეცხლთან ბრძოლის მეთოდებს, როგორ გადაარჩინონ ან ევაკუირება მოახდინონ მგზავრებისა. მიუხედავად ამ მხრივ მიღწეული

წარმატებებისა გემები, მათ რიცხვში ახლებიც, ფეთქდებიან, იძირებიან და შედეგად ილუპებიან ადამიანები.

ავარიების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ხანძრებს მოაქვს ტრაგიკული შედეგები არა მხოლოდ აღნიშნული ტვირთების გადაზიდვისას, არამედ უსაფრთხო ტვირთების დროსაც, როგორცაა შაქარი, ბამბა და სხვა, რომლებსაც ხანძრების გაჩენის პოტენციალური შესაძლებლობა არ გააჩნია. ამ შემთხვევებს ხშირად იწვევს ჩატარებული შედეგების სამუშაოები, მავთულების მოკლე ჩართვები და სხვა, რომელთაც მივყავართ ხანძრის კერებამდე და ცეცხლის სწრაფ გავრცელებამდე ამა თუ იმ გემზე და ა.შ.

უკანასკნელი წლების სტატისტიკა გვარწმუნებს, რომ ყოველდღიურად ინერგება მეცნიერებისა და ტექნიკის მოწინავე გამოცდილების ელემენტები ნაოსნობაში, თუმცა ჯერ კიდევ მაღალია ავარიული შემთხვევები. ძირითადი დაზიანება მაინც მოდის გემების მთავარ და დამხმარე მექანიზმებზე. 2000 წელს დაზიანების 69% სწორედ ამ აქსესუარებზე მოდიოდა. ცდები გვიჩვენებენ, რომ ავარიების მნიშვნელოვანი ნაწილი ხდება გემების ტექნიკური საშუალებების წინასაავარიო მდგომარეობის თავის დროზე აღმოუჩენებლობა, აგრეთვე ავარიულ სიტუაციებში არასწორი მოქმედება, რომლებიც ხშირად გამომდინარეობს მომსახურე პერსონალის არაპროფესიონალიზმიდან. ამ დროს ძნელდება ავარიულ სიტუაციების პროგნოზირება და გემების გადარჩენა (ცხრ. 4.1)

მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში გემების ავარიულობა

ცხრილი 4.1.

ავარიების მიზეზები	მძიმე დაზიანება	გემის დაღუპვა
კორპუსებისა და მექანიზმების დაზიანება	249	22
შეჯახება	126	20
გემის ჩაძირვა და მეჩეთზე დაჯდომა მ	118	121
ხანძარი და აფეთქება	86	75
ჩაძირვა	50	139
გრუნტთან კონტაქტი	31	0
სხვადასხვა	80	21
საბრძოლო მოქმედება	1	17

4.3. ტანკერების ფლოტის ავარიების სტატისტიკა

ყველაზე დიდ საზღვაო ტრანსპორტად დღეს ითვლება ტანკერები. საკმარისია აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი მათგანის სიგრძე „ემპაირ სტიეტ ბილდინგ“ – (ამერიკის ცათამბრჯენის სიმბოლო) სიმაღლეს უდრის, ხოლო წევის ხრახნის სიგრძე 3 სართულიან სახლის სიმაღლეა. ცნობილია, რომ ტანკერებით ტრანსპორტირებული ნავთობი და ნავთობპროდუქტები იკარგება სხვადასხვა მიზეზების გამო. ზღვაში ჩაღვრილი ნავთობი და ნავთობპროდუქტები ფარავს გარკვეულ ფართობს, იხსნება გრუნტის წყალში, ილექება ფსკერზე და ბოლოს გამოდის ნაპირზე.

ნებისმიერი სატანკერო ოპერაციის აუცილებელი თანამგზავრი იყო და რჩება ავარიები (ცხრ. 4.2.).

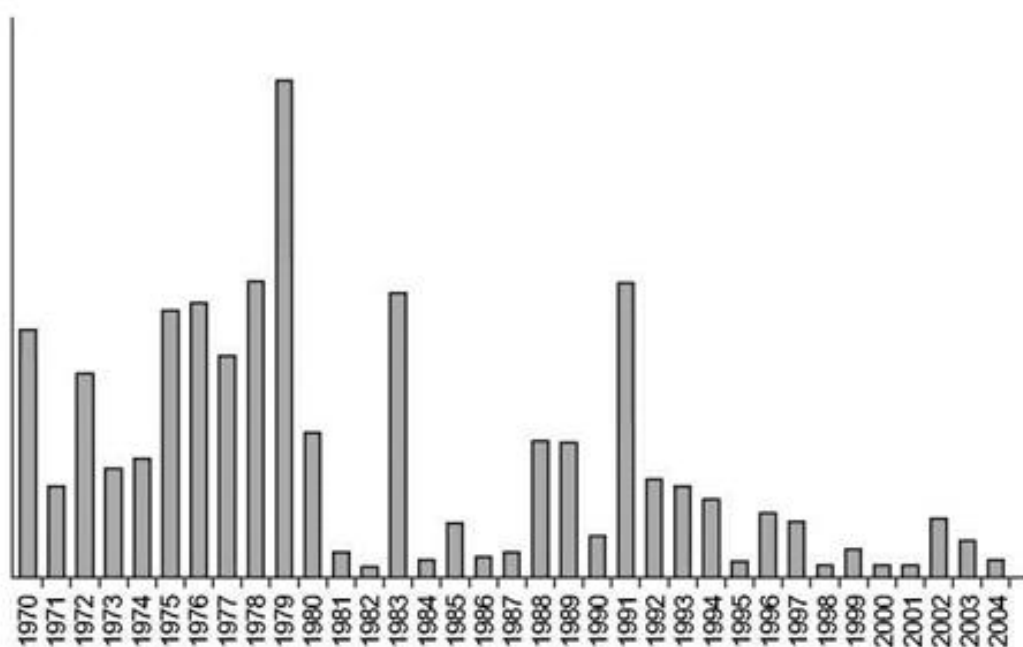
ყველაზე მნიშვნელოვანი ავარიები, რომლებმაც გამოიწვია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრები

ცხრილი 4.2.

თარიღი	ავარიის ადგილი	ჩაღვრები, ათ. ტ.
18.03.1967	ინგლისის სანაპიროსთან	119
28.01.1969	არხი სანტა-ბარბარა. აშშ	898
20.03.1970	ტრალხავეტის სრუტე, შვეცია	От 60 до 100
19.12.1972	სპარსეთის სრუტე	115
12.05.1976	ლა-კორუნია, ესპანეთი	100
16.12.1976	ნანტაკეტი, აშშ	800
25.02.1977	წყნარი ოკეანე	99
16.03.1978	საფრანგეთის სანაპიროსთან	233
03.06.1979	მექსიკის ყურეს სამხრეთით	600
19.07.1979	ტრინიდადას და ტობაგოს სანაპიროები	300
02. 1983	ნოვრუზი	≈ 600
06.08.1983	კეიპტაუნთან ახლოს (სარ)	250
19.12.1989	მაროკოს ნაპირებთან	≈ 20
24.03.1989	ალიასკის სანაპიროსთან	>45

წლიდან წლამდე ვითარდება გადაზიდვების ტექნოლოგია, თუმცა ხშირად ადგილი აქვს გაუთვალისწინებელ შემთხვევებს: მეტეოპირობები; მდგომარეობა ობიექტზე; ტანკერის ტექნიკური მდგომარეობა; ადამიანური ფაქტორები და სხვა. ტრანსპორტირებისას ჩაღვრების მოცულობების შესახებ სტატისტიკური ინფორმაცია მოცემულია ნახაზზე 4.2.

ტანკერების მფლობელთა საერთაშორისო ფედერაციის კლასიფიკაციით, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრები გაჟონვის მიხედვით შეიძლება 3 კატეგორიად დაიყოს: მცირე - 7 ტონაზე ნაკლები; საშუალო - 700 ტონამდე; მაღალი - 700 ტონაზე მეტი.



ნახ. 4.2. ტანკერული ფლოტით ტრანსპორტირებისას ნავთობის ნახშირწყალბადების ჩაღვრის დინამიკა

ცნობილია, რომ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირებისას ავარიული ჩაღვრების მოცულობა 23-26-ჯერ მეტია, ვიდრე ზღვაზე მოპოვების პროცესისას [25]. ამასთან ერთად ნავთობის მოპოვების საერთო რაოდენობის (1,5 მილიარდი ტონა წელიწადში) მხოლოდ 40% გადაიზიდება სატანკერო ფლოტით. საერთაშორისო სტატისტიკით ტანკერების ავარიების 84-88% ხდება „ადამიანური ფაქტორით“ და ნავიგაციის გართულებული პირობებით. მსოფლიო ოკეანეებში ავარიების მრავალრიცხოვანმა მაგალითებმა და კატასტროფებმა დაგვარწმუნეს იმაში,

რომ „ადამიანის ფაქტორის“ გამო ჩაღვრებისაგან არაა დაზღვეული ყველაზე თანამედროვე ტექნოლოგიებით და ტექნიკური საშუალებებით აღჭურვილი გემებიც კი.

ტანკერების კოსტრუქციულმა სრულყოფამ (ორმაგორპუსიანი და ა.შ) აგრეთვე მისი გადაადგილების ნავიგაციის სისტემამ და თანამგზავრულმა მონიტორინგმა, უკანასკნელ 40 წლის მანძილზე მნიშვნელოვნად შეამცირეს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრების მოცულობა. საშუალო ჩაღვრების რაოდენობა (7-10ტ) 2000-2009 წ.წ. 1970-1979 წლებთან შედარებით შემცირდა 3,6-ჯერ, ხოლო მსხვილი ჩაღვრებისას (>700 ტ) – 7,5-ჯერ. უკანასკნელ ნახევარ საუკუნეში 25 ყველაზე მსხვილი ჩაღვრები მოცულობით 70 ტონიდან 287 ათას ტონამდე მოხდა 1967-2002 წ.წ., მათ რიცხვში 4 სპარსეთის ყურეში 1991 წლის ომის დროს (ჯამში 0,5 მილ.ტ. მეტი).



ნახ. 4.3. ნავთობის ავარიული ჩღვრები და კატასტროფები მსოფლიო ზღვებსა და ოკეანეებში (იხ. ილუსტაციები ინტერნეტიდან დანართში 3).

ჩაღვრების რაოდენობების შედარება ადასტურებს იმას, რომ ყველაზე ხშირად იგი ხდება ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების იმპორტიორ ქვეყნების ნაპირებთან (79%)

და უპირველეს ყოვლისა აშშ ნაპირებთან, რაც აიხსნება ტანკერების მოძრაობის მაღალი სიხშირით (ნახ. 4.3.). თუმცა 50 ყველაზე მსხვილი ჩადვრა (35-287 ათ.ტ) მოხდა აშშ ახლოს სულ ორჯერ, მათ რიცხვში ტანკერის Exxon Valaiz კატასტროფა ალიასკის ნაპირებთან (37,4,ათ. ტ) ეს უკანასკნელი ითვლება ყველაზე მსხვილ კატასტროფად ჩრდილოეთ განედზე და შეფასებულია როგორც უდიდესი რეგიონალურ-ეკოლოგიური კატასტროფა. ამ კატასტროფებმა დაამტკიცეს ჩრდილოეთ განედი, როგორც ყველაზე სუსტი ადგილი არქტიკაში.

4.4. ნავთობის გავრცელების თავისებურებები წყლის ზედაპირზე.

ნავთობი, მოპოვების ადგილიდან გადამუშავების ადგილამდე განიცდის ცვლილებებს ენერჯის წყაროსა და მრეწველობის პროდუქტის სახით. ტექნოლოგიური ოპერაციების დაუხვეწელობის, მათი დარღვევის, ავარიებისა და კატასტროფების შემთხვევების გამო სუფთა და უნიკალური ბუნებრივი პროდუქტიდან ნავთობი გადაიქცევა დამაბინძურებელ მასად. უფრო მეტიც, ნავთობი გადაიქცა მსოფლიო ოკეანეების ყველაზე გავრცელებულ დამაბინძურებელ პროდუქტად, რომელიც ზღვის სივრცეში მოძრაობის დროს აბინძურებს და სპობს ცოცხალ ორგანიზმებს. ნავთობი აღმოჩენილია ოკეანეების ზედაპირული წყლების შემოწმებისას 1500 ადგილას. 28 ათასი დაკვირვების დამუშავების შედეგად, რომელიც შესრულდა ოკეანეთმცოდნეობის საერთაშორისო კომისიისა და მსოფლიოს მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მიერ დადგინდა, რომ ნავთობის ფენა მსოფლიოს ოკეანეების ფართობის 8-9%-ზეა გადაკრული. როგორც ჩანს, მსოფლიო ოკეანეში ნავთობით დანაგვიანების დაგროვების პროცესი აჭარბებს ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების გარდაქმნებს.

ზღვის წყლის დაბინძურების წყარო მრავალგვარია, რადგან დაბინძურებაზე მოქმედი ფაქტორები უამრავია, ამიტომ ზღვის წყლის დაცვა უნდა ხდებოდეს კომპლექსური გზით. ჩადვრების რაოდენობის შესაძლო შემცირებისათვის საჭიროა შეიქმნას ახალი ტექნოლოგიური სისტემები, მეთოდები და საშუალებები. ამ

საკითხების აქტუალობა კიდევ უფრო გაიზარდა ზღვის ნავთობსაბადოებიდან ნავთობის ამოღების დანერგვის შემდეგ.

ყოველწლიურად მსოფლიოს ოკეანეებში ხვდება 6 მილ. ტ. ნავთობი და ნავთობპროდუქტები, ანუ წლიური მოპოვების 0,23%. ნავთობით დანაგვიანების ანალიზით დადგინდა, რომ საერთო რაოდენობაში (0,23%) შედის აგრეთვე გემებიდან ჩაღვრილი სარეცხი საშუალებები, ბალასტური წყლები, ანუ ტანკერების ნორმალურ ექსპლუატაციასთან დაკავშირებული დამაბინძურებლები. დაბინძურების ძირითადი ფორმა- ნავთობწყლიანი ემულსიის ფენა, რომელიც მცირე რაოდენობებით შეიცავს ნავთობს გახსნილის, მკვრივისმაგვარის და აფსკის ფორმით,

ჩვეულებრივ დაბინძურება იწყება უშუალოდ ნავთობის ჩაღვრის ადგილიდან ან კიდევ ნაპირიდან შორს, რის გამოც სალიკვიდაციო სამუშაოები გვიანდება და ძნელდება (იხ. მე-5 თავის მასალა).

დაბინძურების ზონა შეიძლება გავრცელდეს ავარიიდან რამდენიმე მილის სიგრძეზე, თანაც დაბინძურებამ შეიძლება მიიღოს მაქსიმალური ზომები და ფორმა, რაც აიხსნება ნავთობ ლაქას გავრცელების პროცესის სიჩქარით, აგრეთვე ასეთ ავარიებთან საბრძოლველი საჭირო არასაკმარისი ტექნიკისა და ორგანიზაციის დაბალი დონის გამო.

სანაპიროს სიახლოვისა და მდინარის დაკლავნილი კალაპოტის გამო ნავთობი სწრაფად აღწევს მცენარეებით დაფარულ ნაპირს და ქმნის ამ მასის დაგროვების საუკეთესო პირობებს. პროცესი კიდევ მეტად მძიმდება, თუ ადგილები ჭაობიანია (მაგალითად ფოთის ყურე+პალიასტომი). პალიასტომი ქმნის უმოძრაო ზონას, რომელშიც არაა დინება, ხოლო ქარები კიდევ მეტად აკვირან გარემოს პერიმეტრებს დაგროვილ ჭუჭყს. აქვე უნდა გავითვალისწინოთ ნავთობპროდუქტის განშლის სიჩქარეები, რომლებიც ბენზინისა და ნავთის შემთხვევაში ბევრჯერ მეტია ვიდრე მაზუთისა, ზეთების, რომ არაფერი ვთქვათ ფისებზე.

დაზიანებული ტანკერიდან ნავთობის გადმოღვრის შემდეგ, როგორც არაერთხელ აღინიშნა ზემოდ, წყლის ზედაპირზე წარმოიქმნება საკმაო სიგრძის ნავთობის ზოლი, რომლის შუა ნაწილში სისქე ნაპირებთან შედარებით მეტია. თუ უქარო ამინდია ლაქას ფორმა მრგვალია, თუ ქარია -ზოლი წაგრძელებულია.

როცა ნავთობის მასა მიაღწევს ნაპირს, ხდება მისი გადაფორმირება. ნავთობის მასა ქარის მოქმედებით მიაწვება ნაპირს ან რომელიმე ობიექტს სოლის სახით. დაბრკოლებასთან ნავთობლექს ფენის სისქე უდიდესია, საქარე მხარეს უმცირესია. სხვა შემთხვევაში, როცა ქარის მოქმედება უმნიშვნელოა ლექს სისქე შედარებით თანაბარია (იხ. ლექს ფორმები მე-3 თავიდან).

4.5. წყლის ზედაპირების ნავთობით დაბინძურების მონიტორინგი

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების წყალში ჩაღვრის მომენტიდან წარმოიქმნება წაბლის ან წაბლ-იას ელფერის მქონე ნავთობის აფსკის ანარეკლი. ნედლ ნავთობს ჩვეულებრივ აქვს უფრო ღია მოყვითალო-მოყავისფრო შეფერილობა, ზოგჯერ კი მოწითალო-მოყავისფრო ფერიც. ასეთი ლექს, აფსკით დაუფარავ ზედაპირთან შედარებით, გამოსახულება უფრო მკვეთრია. შორიდან, მზის სხივების პირდაპირი განათებისას, ეს ზედაპირი ღია სარკისებრი ათინათია.

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრების დისტანციური აღმოჩენის ყველაზე გავრცელებული მეთოდია ვიზუალური (აეროფოტოგადაღება) და ფოტომეტრული.

ნავთობის აფსკის სისქზე, ფართობზე და ლექს გარეგან სახეზე დამოკიდებულებით, წყლის ზედაპირის ნავთობლექით დაბინძურების დონის მიახლოებითი ვიზუალური შეფასებისათვის შეიძლება ვიხელმძღვანელოდ ცნობარით (ცხრ. 4.3).

ჩაღვრილი ნავთობის ვიზუალური შეფასებისათვის საჭიროა გავითვალისწინოთ რიგი ფაქტორებისა: ამინდის პირობები; წყლის ზედაპირული მდგომარეობა; წყალსაცავის სიმაღლე; წყლის ფერი და სხვა.

ჩაღვრილი ნავთობი წარმოშობს სხვადასხვა სისქის აფსკს, რადგან ნავთობი და მისი გადამუშავების პროდუქტი რთული შედგენილობის ნარევიანია. თავისი ფიზიკურ-მექანიკური პარამეტრების არსებობის გამო ნავთობს შეუძლია დიდხანს დარჩეს

ოკეანეში აფსკის, ემულსიის და სხვა აგრეგატების სახითაც. იგი არასოდეს არ იშლება მთლიანად, მონომოლეკულური ფენად, ამიტომ მის აფსკს აქვს განსაზღვრული სისქე. აფსკის გავრცელებაზე გავლენას ახდენს შემდეგი ორი ფაქტორი: ქარის ძალით, ღელვითა და დინებით გადატანა (დრეიფი) და თვითნებური განშლა წყლის ზედაპირზე. ძლიერი ქარის შემთხვევაში ლაქა იშლება და წარმოიშობა ნავთობის ემულსია.

ნავთობპროდუქტებით წყლის ზედაპირის დანაგვიანების ვიზუალური შეფასების კლასიფიკაცია

ცხრილი 4.3

ლაქას გარეგნული სახე	აფსკის სისქე, მმ	ნავთობის მასა 1 მ ² -ზე (სიმკვრივე 850 კგ/მ ³), კგ
ძნელად შესამჩნევი	$3.94 \cdot 10^{-3}$	0.003349
ძნელად შესამჩნევი	$4.64 \cdot 10^{-3}$	0.003944
ვერცხლისფერი ბრწყინვალება	$7.88 \cdot 10^{-3}$	0.006698
ვერცხლისფერი ბრწყინვალება	$11.80 \cdot 10^{-3}$	0.01003
ვერცხლისფერი ბრწყინვალება	$19.70 \cdot 10^{-3}$	0.016745
ვერცხლისფერი ბრწყინვალება	$46.60 \cdot 10^{-3}$	0.03961
ვერცხლისფერი ბრწყინვალება	$50.1 \cdot 10^{-3}$	0.042585
კაშკაშა ზოლი	$78.80 \cdot 10^{-3}$	0.06698
კაშკაშა ზოლი	$93.30 \cdot 10^{-3}$	0.079305
კაშკაშა ზოლი	0.16	0.136
მკრთალი შეფერილობა	0.20	0.170
მუქი შეფერილობა	0.49	0.4165

ნავთობით ოკეანის ზრდადი ანტროპოგენური დანაგვიანება წარმოადგენს საზოგადოებრივი მნიშვნელობის უდიდეს პრობლემას. ანტროპოგენური წარმოშობის ზედაპირული დანაგვიანება კავშირშია არა მარტო ჩაღვრებზე, არამედ სხვა სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო წარმოშობის მქონე სხვადასხვა ნივთიერებებთანაც. ზღვის

ნავთობიანი აფსკური წარმოშობის ლაქებით აღმოჩენისა აღმოჩენისა და კვლევისათვის გამოიყენება ულტრაიისფერ გადამწოდები. დღეისათვის ამ გადამწოდების დამზადება ხდება თვითმფრინავების მრეწველობაში.

ინფრაწითელ გადამწოდებს შეუძლიათ იმუშაონ როგორც ღამით, ასევე დღისით, მაგრამ მისი მაჩვენებლები საკმაოდ ცდომილებადაა ღრუბლიანობისა და წვიმის დროს. სინთეზური აპარატურის მქონე რადიოლოკაციური და გვერდითი ხედვის რადიოლოკატორის (PLCBO) მოწყობილობები გამოიყენება ყოველგვარი ამინდისა და ხილვადობის დროს, თუმცა მისი მაჩვენებლები შეზღუდულია ზღვის ზედაპირული მდგომარეობით. ზღვის ზედაპირის ფონს შეუძლია გამოიწვიოს სხვა პროცესები ოკეანესა და ატმოსფეროში და შექმნას ერთნაირი რადიოლოკაციური გამოსახულება. თუმცა მონიტორინგის დროს რადიოლოკატორების შესაძლებლობები ნებისმიერი ამინდის შემთხვევაში შეუცვლელია ნავთობის ჩაღვრის პროცესში დისტანციური ზონდირებისას.

რადიოლოკაციურის შესაძლებლობები აღმოაჩინოს დაბინძურება ზღვის ზედაპირზე დამოკიდებულია გადაღების გეომეტრიაზე, ქარის სიჩქარეზე (ზღვის ზედაპირულ მდგომარეობაზე), ჭუჭყის სახეზე და სხვა ფაქტორებზე. თხელი აფსკი ჩვეულებრივ შეიმჩნევა 3-6 მ/წმ ქარის სიჩქარისას და ნავთობის ლაქას- 10-12 მ/წმ სიჩქარის დროს. გარდა ამისა, რადიოლოკაციურმა სისტემამ შეიძლება საკმარისი სიზუსტით განისაზღვროს ლაქას მდგომარეობის ფორმა და ზომები. განმეორებითი გადაღებისას - დრეიფის მიმართულება და სიჩქარე.

რადიოლოკაციურის დახმარებით შეიძლება განხორციელდეს ლოკალური მონიტორინგი: შელფზე ნავთობმოპოვების რაიონებში, ნავთობის გადაზიდვის ტრასებზე, ოპერატორული კონტროლი გაუწიოს ტანკერების წყლებში ავარიებს, ეკოლოგიურ მდგომარეობას და ა.შ (ნახ. 4.4)

ზღვის ზედაპირის დაბინძურების აღმოჩენისა და მისი ლოკალიზაციის, აგრეთვე დაბინძურების ტიპის განსაზღვრისათვის აუცილებელია მივიღოთ დამატებითი ინფორმაცია, რომლის საშუალებას რადიოლოკაციური გამოსახულების ვიზუალური ანალიზი არ იძლევა. პრობლემაა აგრეთვე განვასხვავოთ ნავთობის ლაქა,

ორგანულისაგან-ზედაპირზე აქტიური ნივთიერების ბიოლოგიური წარმოშობის ნივთიერებებისაგან.



ნახ. 4.4. ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებული წყლის ჩაღვრა შავ ზღვაში (გადაღებულია ვერტმფრენიდან).

უკანასკნელ წლებში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ე.წ. ნავთობის დაბინძურების ინდიკაციის ინსტრუმენტალური მეთოდები.

ნავთობით დაბინძურების დისტანციური აღმოჩენისათვის არსებობს სხვადასხვა მეთოდი, მაგალითად რადიოფიზიკური მეთოდი, რომელიც დამყარებულია დაბინძურებული და დაუბინძურებული წყლების ზედაპირების ოპტიკური, სითბური და რადიოაქტიური თვისებების გამოკვლევაზე.

დაბინძურებული წყლის ზედაპირის აღმოსაჩენად აქტიური რადიოლოკაციის გამოყენება ემყარება ნავთობის აფსკის სიგნალის ცვლილებას სუფთასთან შედარებით. გადასატანი ტიპის რადიომეტრული კომპლექსის დანიშნულებაა:

- ნავთობის ლაქათი დანაგვიანების პარამეტრების რაოდენობრივი განსაზღვრა;
- ნავთობის ჩაღვრების გავრცელების მიმართულების გაგება;
- დაკვირვების შედეგების რეგისტრაცია მიზნული ნავიგაციურ კომპლექსთან და მონაცემების საბორტო აპარატურზე გამოტანა.

ამ კომპლექსის მუშაობის საფუძვლად ითვლება ნავთობის ლაქას სისქის გაგება პოლარიზებული ორნაწილიანი მეთოდით. ეს უკანასკნელი საშუალებას გვაძლევს აღმოვფხვრათ ლაქას სისქის გაზომვის არაერთგვაროვნება პერიოდულად ინდენტფიცირებული სიგნალების მიღებისას: ჰაერი-აფსკი; აფსკი-წყალი. დამუშავებულია აგრეთვე მეთოდები, რომლებიც დამყარებულია ნავთობის აფსკის არეკვლის თვისებებზე-გრძელტალღოვანი ლაზერული გამოსხივება, რომელიც საერთოდ ითვლება პერსპექტიულ მეთოდად.

ნავთობით დაბინძურების დმოჩენა შეიძლება განვახორციელოთ Ne-N – ლაზერით ($\lambda=633$ ნმ), Gi-As ლაზერით ($\lambda=900$ ნმ), ლაზერ-რუბინით ($\lambda=690$ ნმ). ნავთობჩადვრების ლაზერული რეგისტრატორების დანიშნულებაა წყლის ზედაპირზე აფსკის სისქის დადგენა და შეიძლება მოეწყოს მოძრავ ან უძრავ საშუალებებზე (გემი, ხიდი, პლატფორმა და ა.შ).

ამ მეთოდის საფუძველია ლაზერული ზონდირება ორ გრძელ ტალღაზე. იგი საშუალებას იძლევა დადგინდეს ნავთობის აფსკის ინდიკაცია, გავრცელების საზღვრები და აფსკის სისქე (ათეულობით მიკრონის დიაპაზონში). ორი სიგრძის ტალღის (0,6 და 0,9 მკრ.) გამოყენება აგრეთვე საშუალებას გვაძლევს ჩავახშოთ ქარის, ღელვის გავლენა ხელსაწყოს მუშაობაზე. ლაზერული გამოსხივების სიმძლავრე შეადგენს 1 მვტ, სხივის დიამეტრი - 2-3 მმ.

დღეისათვის ამ პრობლემის მონიტორინგისათვის საუკეთესოა ფლუორესცენციისა და კომბინირებული გაფანტვის მეთოდის გამოყენება, რომლითაც შეიძლება ნავთობით დაბინძურების ტიპის ინდენტფიცირება.

სხვადასხვა ფირმები აწარმოებს ფართო ასორტიმენტის ლიდარულ დანადგარებს, რომლიც შედგება ლაზერის (ჰელიუმი, კადმიუმი, აზოტი, რუბინი ტალღის სიგრძის გადამწყობით), ფოტობლოკის, სიგნალების დამუშავების ბლოკის, ინფორმაციისა და მართვის საშუალებებისაგან. 90-იან წლებში დამუშავდა საავიაციო ლიდარული კომპლექსი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მაღალი საიმედოობით აღმოვაჩინოთ ნავთობის ლაქები ზღვის ზედაპირზე.

ფლუორესცენციის პრინციპებზე მომუშავე ლიდარები განკუთვნილია წყლის მასივების ოპერატიული შემოწმებისათვის, რომლის ორიგინალური თავისებურება

მდგომარეობს ლაზერის სხივით წარმოშობილი ფლუორისცენციის გამოსხივების სპექტრის ანალიზის საშუალება. ლიდარი დამუშავებულია ორ მოდიფიკაციად: საზღვაო და საჰაერო ბაზირებით (ELS და ELS-A შესაბამისად). პირველი იდგმება გემის ბორტზე, რომლის ზონდირების დისტანციაა 10-30 მ-ია, წყლიდან 10 მეტრის სიმაღლეზე, ხოლო მეორე ლიდარი (საჰაერო) შეიძლება დავამონტაჟოთ თვითმფრინავზე ან ვერტმფრენზე ზონდირების დისტანციით 500 მ-მდე და ზღვის ზედაპირამდე 100 მ. ანალოგიურად, საავიაციო ლიდარები გამოიყენება კოსმოსიდან ზონდირებისათვის. ასეთი სისტემის შემადგენლობაში შედიან: ლაზერები; სინათლის დამაკალიბრებული წყარო; მიმღებ-გადამცემი ოპტიკური სისტემა; მიმღები ოპტიკური ტელესკოპი; ნახევარქრომატორი; ფოტომიმღების სისტემა; გამამლიერებლების ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელების სისტემა; საინფორმაციო-გამოთვლითი სისტემა, რომელიც ახდენენ ინფორმაციის შეგროვებას, მათ გადამუშავებას და შედეგების გამოტანას. არსებობენ ისეთი ხელსაწყოები, რომლებიც წყლისა და ნავთობის არეკვლის სხვადასხვა კოეფიციენტით საზღვრავენ ნავთობიანი ლაქას აფსკის სისქეს 0,2 მკრ. დიაპაზონში.

ნავთობის აფსკის ინდიკატორებს ამაგრებენ იალქნიან მარხილებზე საკონტროლო ზედაპირამდე ყოველ 0,5 – 1,5 მ-ზე. ზღვის ზედაპირის ზონდირება სწარმოებს ვიწრო სინათლის სხივით, რომლის უკან დაბრუნების პროცესს არეგულირებს ფოტომიმღები. მიღებული სიგნალის ამპლიტუდა შეიცავს ინფორმაციას ზედაპირიდან არეკვლის კოეფიციენტზე და ა.შ.

4.6. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრების სალიკვიდაციო

ძალების და ბონური ღობურების ზომების განსაზღვრა.

საქართველოს საზღვაო აკვატორიაზე ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემა შექმნილია ნავთობის ჩაღვრების თავიდან აცილების, აღმოჩენის, შეტყობინების და შედეგების ლიკვიდაციის მიზნით.

ეკოლოგიური უსაფრთხოების კომპლექსური სისტემა წარმოადგენს სტრუქტურას, რომლის კომპონენტებია:

- მონიტორინგის ქვესისტემა - ნავთობპროდუქტებით დაბინძურების მასშტაბის აღმოჩენა და პირველადი შეფასება;
- ორგანიზაციული ქვესისტემა-ნავთობპროდუქტების ჩაღვრების სალიკვიდაციო სამუშაოების შესრულებისას საწარმოების, ორგანიზაციებისა და ავარიული სამსახურების ძალებისა და საშუალებების მართვა, აგრეთვე ოპერაციის მსვლელობის ოპერატიული ხელმძღვანელობა;
- მატერიალურ-ტექნიკური უზრუნველყოფის ქვესისტემა-ავარიული ჩაღვრის შედეგებისათვის საჭირო სალიკვიდაციო ძალების და საშუალებების რაოდენობით და შემადგენლობით უზრუნველყოფა;
- ტექნოლოგიური ქვესისტემა-ავარიული ჩაღვრების ლიკვიდაციისათვის, გამოყენებული ძალების ტაქტიკის შემუშავება.

ნავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრების სალიკვიდაციო ძალებისა და საშუალებების გაანგარიშების დროს უნდა გავითვალისწინოთ:

- ჩაღვრილი ნავთობპროდუქტების შესაძლო მაქსიმალური მოცულობა;
- ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები;
- ობიექტის ადგილის გავლენა ჩაღვრების გავრცელების სიჩქარეზე, მათი აკვატორიაში მოხვედრის გათვალისწინებით;
- ჰიდრომეტეოროლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური და სხვა პირობები ობიექტის განლაგებების ადგილზე;
- ობიექტზე არსებული ძალები და საშუალებები, აგრეთვე რეგიონში დისლოცირებული ავარიულ-სამაშველო ძალების ფორმირება;
- ნავთობის ნარჩენების გადამუშავების, შენახვისა და გადატვირთვის ოპერაციებისათვის პოლიგონის არსებობა.

ავარიული ჩაღვრების შედეგების სალიკვიდაციო სამუშაოები შეიძლება შესრულდეს სხვადასხვა დროში, სხვადასხვა რაოდენობის, შემადგენლობის ძალებით და მასში ჩართული გემებით. შესაბამისად, კონკრეტულ ფართობზე ჩაღვრილი ნავთობის ლაქას სალიკვიდაციო სამუშაოს ღირებულება იქნება სხვადასხვა.

ჩაღვრების ლიკვიდაციისათვის ჩასატარებელი სამუშაოს ღირებულება შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით

$$F(n, c, t) = \sum_{i=1}^I n_i \cdot c_i \cdot t_i.$$

ნავთობის ლაქას წარმოშობის ადგილამდე სატრანსპორტო საშუალების მოძრაობის დრო განისაზღვრება

$$t_i = \tau_i + \frac{2 \cdot L}{V_i}.$$

სალიკვიდაციო სამუშაოების შესრულებისათვის მოთხოვნილი ალბათობის მნიშვნელობა α შეიძლება გამოითვალოს გამოსახულებით

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^I S_i \cdot n_i \cdot \tau_i}{S_{max}}.$$

ვექტორის $n = (n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_I)$ ყველა შესაძლო და დასაშვებ $t = (t_1, \dots, t_i, \dots, t_I)$ მნიშვნელობათა შორის აუცილებელია შევირჩიოთ ისეთი n^*, t^* , რომელთათვისაც სალიკვიდაციო სამუშაოების შესრულების ღირებულება $F(n, t)$ იქნება მინიმალური.

ფორმალიზირებული სახით ამოცანა დაიყვანება მრავალპარამეტრული ფუნქციის ექსტრემუმების ძებნის ამოცანამდე, რომელიც გართულებული სტოქასტიკური შეზღუდვებით და არგუმენტის n მთელირიცხოვნებით.

$$\sum_{i=1}^I n_i^* \cdot c_i \cdot t_i^* = \min_{n, t} \sum_{i=1}^I n_i \cdot c_i \cdot t_i,$$

შეზღუდვებისას:

$$P[\sum_{i=1}^I n_i \cdot s_i \cdot t_i \geq S(t_m)] \geq \alpha,$$

$$\sum_{i=1}^I t_i^* \leq T,$$

$$i = 1, 2, \dots, I,$$

$$n_i = 0, 1, 2, \dots, N_i,$$

$$t_i \geq 0, c_i \geq 0,$$

სადაც n_i - i -ური კლასის თბომავლების რაოდენობა, რომლებიც ჩართული არიან ავარიის შედეგების ლიკვიდაციის ამოცანების გადაწყვეტაში; $i = 0, 1, 2, \dots, I$ - განსახილველი კლასის თბომავლების რაოდენობა; c_i - i -ური კლასის თბომავლის მიერ ერთ საათში შესრულებული სამუშაოს ღირებულება; V_i - i -ური კლასის თბომავლის სვლის სიჩქარე ბაზირების ადგილიდან ნავთობის ლაქასკენ გადასვლისას; L -მანძილი

თბომავლების ბაზირების ადგილიდან ნავთობის ლაქამდე; τ_i - i -ური კლასის მიერ ლაქიდან ნავთობპროდუქტების შეგროვებაზე დახარჯული დრო; S_{max} - ნავთობის ლაქის ფართობის მაქსიმალური მნიშვნელობა; S_i - i -ური კლასის თბომავლის მწარმოებლურობა (ერთი საათის განმავლობაში ნავთობპროდუქტების შეგროვების ფართობი); α -ამოცანის გადაწყვეტის მოცემული ალბათობის ზღვარი; $S(t_m)$ - ნავთობმიმღების მოსვლის მომენტში ნავთობის ლაქას ფართობი; N_j - i -ური კლასის თბომავლების დასაშვები რაოდენობა; T -ამოცანის გადაწყვეტის დირექტიული დრო; t_m -გემების ნომენკლატურიდან ამოცანის გადაწყვეტაში ჩართული ყველაზე ნელსვლიანი თბომავლის ნავთობლაქასაკენ მოძრაობის დრო.

ნავთობის ჩაღვრის ფართობის განსაზღვრა-ჩაღვრის მოცულობის, განშლის დროის, ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის სახის მიხედვით მოცემულია მე-3 თავში.

ზემოთგანხილული გზით განსაზღვრული ნავთობის განშლის მეთოდიკა საშუალებას იძლევა შევაფასოთ ლოკალიზაციისათვის მოთხოვნილი საშუალებები, კერძოდ ბანური ღობურების სიგრძეები.

ჩაღვრის მოცემული მოცულობის და განშლის დროის მიხედვით რადიუსი განისაზღვრება შემდეგი ალგორითმის მიხედვით:

ა) თუ თბომავლის მისვლის დრო არ აღემატება t_1 (3.16), მაშინ გაანგარიშება ხდება ფორმულით 3.13;

ბ) თუ განშლის დრო მეტია t_2 (3.17), მაშინ მისი რადიუსი გაიანგარიშება ფორმულით (3.14);

გ) ნავთობჩაღვრის პერიმეტრი განისაზღვრება გამოსახულებით

$$P(r,t)=2 \cdot \pi \cdot R(t)$$

ამ პარამეტრის გამოთვლით ჩვენ ვსაზღვრავთ ბონური ღობურების სიგრძეს, რომელიც აუცილებელია ნავთობლაქას შემდგომი გავრცელების საწინააღმდეგოდ. დღეისათვის სახელმწიფო დაწესებულებების პასუხისმგებლობის ზონის (ბათუმის პორტის საზღვაო ადმინისტრაცია) საქართველოს აკვადორიაში ხორციელდება ნავთობპროდუქტების დატვირთვა-განტვირთვის სამუშაოები და არის ორგანიზაცია, რომლის ამოცანას წარმოადგენს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ავარიული ჩაღვრების თავიდან აცილება და ლიკვიდაცია.

აქ შეიძლება განსაკუთრებით აღინიშნოს ქ. ბათუმის პორტის ქვეგანყოფილება, რომელიც მნიშვნელოვან სამუშაოებს ასრულებს ექსტრემალურ სიტუაციებში.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტა განხორციელდა აკვატორიის კონკრეტულ მონაკვეთზე ჩაღვრილი ნავთობის ლიკვიდაციის ზონისათვის. ამოცანის გადაწყვეტისათვის დამუშავებული იქნა ალგორითმი, რომელიც რეალიზებული იქნა საანგარიშო პროგრამების QBASIC სახით.

განვიხილოთ გაანგარიშების მაგალითი: ბათუმის ტერმინალის პასუხისმგებლობის ზონაში მოხდა ავარია: ტანკერი, რომელიც დატვირთული იყო ნედლი ნავთობით დაეჯახა კონტეინერშიდს სანაპიროს ხაზიდან 10 კმ-ის დაშორებით. ყველაზე საშიშ რეგიონად გამოცხადდა მდ. ჩაქვის წყლის ჩადინების ადგილი ზღვასთან. ამასთან ერთად, ეკოლოგიური უსაფრთხოების სამსახურის რეაქციის დროის გასვლის შემდეგ თბომავალი იწყებს მოძრაობას ჩაღვრის ადგილამდე, რომლის პარამეტრები განისაზღვრება მე-3 თავში ჩატარებული ანგარიშით. კერძოდ, განისაზღვრა ნავთობლაქას პარამეტრები ნავთობშემგროვებელთან შეხვედრის მომენტში (ცხრ. 4.4.).

ცხრილში 4.4. წარმოდგენილია ნავთობის ლაქების რადიუსები, დანაგვიანების პერიმეტრის სიგრძეები, პირველ ნავთობშემგროვებლის გამოჩენის დრო ($t = 0,68$ სთ), ხოლო ამ ჩაღვრების ლოკალიზაციის აკრების სადირექტივო დრო შეადგენს 4 სთ.

სალიკვიდაციო სამუშაოს საანგარიშო პარამეტრები

ცხრილი 4.4.

№	ლაქას რადიუსი R, მ	ლაქას ფართობი S, მ ²	ნავთობის ლაქას პერიმეტრი P, მ	i- ური კლასის თბომავალი			ღირებულება \$ აშშ	დრო t, სთ
				1	2	3		
1	118	43979	743	0	2	3	387	3,82
2	118	43979	743	0	3	0	263	3,77
3	118	43979	743	0	3	1	312	3,48
4	118	43979	743	0	3	2	356	3,24
5	118	43979	743	0	3	3	397	3,03

ცხრილის სვეტებში მოცემულია ნავთობის ლაქას გაფართოების გათვალისწინებით განშლის რადიუსის, ფართობისა და საჭირო ბონების სიგრძის მნიშვნელობები

თბომავლის მისვლის მომენტში ($t=0,68$ სთ) და სალიკვიდაციო სამუშაოებში მონაწილე თბომავლების ტიპები. ბოლოსწინა სვეტში მოცემულია ავარიის შედეგების სალიკვიდაციო სამუშაოს შესრულების ხარჯის მოსალოდნელი ღირებულება (დოლარი), ხოლო ბოლო სვეტში მოცემულია სამუშაოს შესრულებისათვის საჭირო დრო, რომელშიც შედის აგრეთვე თბომავლის ნავთობის ლაქასთან მისვლისა და ბაზირების ადგილზე დაბრუნების დრო (საათი).

დამუშავებული მეთოდიკა საშუალებას იძლევა ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრის სალიკვიდაციო სამუშაოების შესრულებისათვის შეირჩეს ვარიანტი, რომლის დროსაც ნავთობლაქას აღების დრო და ღირებულება იქნება ოპტიმალური. თითოეული კონკრეტული ჩაღვრისას ტექნიკური საშუალებების ნაირსახეობიდან გამომდინარე შეირჩევა ოპტიმალური.

4.7. ჩაღვრების თავიდან აცილებისა და ლიკვიდაციის ანალიზის

საერთაშორისო მონიტორინგი

ნავთობის ბედი, რომელიც ჩაიღვრება ზღვაში ნაპირთან, ან შორს ნაპირიდან სხვადასხვაა. ტანკერის ღია ზღვაში კატასტროფისას არაა საჭირო ნავთობთან ბრძოლა, რადგან ქარისა და ტალღების გამო იგი სწრაფად იშლება ნაწილებად, ხოლო შემდეგ იხრწნება და იკარგება. სხვა საქმეა ნავთობის ჩაღვრა კონტინენტის ახლოს ნაპირებთან. აქ საჭიროა სწრაფად მოქმედება, რათა ნავთობის ლაქა არ გავრცელდეს დიდ ფართობზე. საჭიროა მეორე გემით ჯერ კიდევ ბოლომდე ჩაუღვრელი ნავთობის გადაქაჩვა მაშველ გემზე. თუ ზღვაზე ქარი და შტორმი არაა, მაშინ ავარიულ ტანკერს საჭიროა შემოვარტყათ ბონების სარტყელი მცურავი გაბერილი საჰაერო შლანგებით, რომლებიც განკუთვნილი არიან ლაქების შემდგომი გაფართოების საწინააღმდეგოდ და შეიწოვონ ეს მასა შლანგებით (ჰიდროსისტემით) ან შეაგროვოს ტუმბოთი. არსებობს მთელი რიგი ეფექტური ტექნიკური საშუალებები, რომლებიც გამოიყენებიან მშვიდი ზღვის პირობებში. თუმცა სხვადასხვა კომპანიები და სახელმწიფო უწყებები

(მაგალითად გერმანია) ამუშავებენ ჩაღვრის ლოკალიზაციის თანამედროვე საშუალებებს, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნას შტორმების დროსაც.

ნავთობის ჩაღვრების ლიკვიდაციის ღონისძიებები არის რთული და პრობლემური, რადგან თითოეული მათგანი ხასიათდება ჩაღვრის მოცულობის, გეოგრაფიული და ეკონომიკური მასშტაბებით, ამიტომ თითოეული კონკრეტული ჩაღვრის მიმართ საჭიროა კონკრეტული მიდგომა, განსაკუთრებით ტექნიკური საშუალებების ნაირსახეობიდან გამომდინარე და მათი ოპტიმალურის შერჩევა.

ამიტომ საჭიროა გამოვიყენოთ და განვაზოგადოდ ზოგიერთი გამოცდილება რომლებიც ტარდება პერმანენტულად შავი ზღვის აუზის ქვეყნების ძალებით. ეს ცდები ტარდება ტრენინგების სახით „ძებნა - გადარჩენა და რეაგირება ნავთობპროდუქტების ჩაღვრაზე“.

ქვემოთ შემოგთავაზებთ შავი ზღვის მე-3 ოპერატიული ტრენინგის „GEODELTA – 2011“ ანალიზს. ამასთან დაკავშირებით მიღებული იქნა სპეციალური დადგენილება პილოტური პროექტისა MONINFO-ს შესახებ, რომელიც წარმოადგენს ნავთობის ჩაღვრის ლიკვიდაციის ახალ გეგმას.

ამ მონიტორინგში მონაწილეობდა შავი ზღვის აუზის 5 ქვეყანა: კოორდინაციას უწევდა სახელმწიფოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტრო, საზღვაო ტრანსპორტის დეპარტამენტი შავი ზღვის კომისიის სამდივნოსთან ერთად:

- თურქეთი (მაშველი ბუქსირი „GEMI KURTARAN“);
- შავი ზღვის აუზის დაცვის სამსახური MEKE'LDT, MARE LDT, SEAGULL LDT;
- ნაპირის დაცვის თურქული გემი „TCSG-qs“;
- რუმინეთი, ბულგარეთი და უკრაინა;
- საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაცია (IMO);
- სპეციალური გემი „GSP ORION“ ევროპის დაცვის სააგენტოდან (EMSA).

დრო და ჩატარების პირობები:

ბათუმის საპორტო ტერმინალზე მოხდა ავარია: აზერბაიჯანის ტანკერი „NORDWIND“ უცხოური ნედლი ნავთობით დატვირთული დაეჯახა კონტეინერშიდს „ANNAMARIA“ ნაპირიდან 4,8კ მ მანძილზე.

„ძებნა-გადარჩენის“ ყველა ასპექტი დაიგეგმა. ოპერაციის ორგანიზაციის ჩასატარებად, ჩაღვრის რაიონში სიტუაციის შესაფასებლად, მობილიზებული იქნა მობილური ჩქაროსნული კატერი და ვერტმფრენი

250 მ³ ნავთობის ჩაღვრა მიეკუთვნება ავარიის მე-3 კატეგორიას და საჭირო იყო მისი შეკავება და უგულვებელყოფა ნაპირთან მისვლამდე. სამიშ ობიექტად შერჩეული იქნა ჩაქვის წყლის შესართავი ზღვასთან. აქ მობილიზებული იქნა სამუშაო ჯგუფები:

- გარემოზე ზემოქმედების შეფასების და არეალის მონიტორინგის ჯგუფი;
- ლოგისტიკისა და მოქმედების დაგეგმვის ჯგუფი;
- ფინანსური /შესყიდვების ნებართვების ჯგუფი;
- კომუნიკაციის ჯგუფი;
- პრეტენზიებისა და კომპეტენციების ჯგუფი;
- საზოგადოებასთან ურტიერთობის ჯგუფი.

პრობლემის მოგვარების კომპეტენტური ეროვნული უწყების გადაწყვეტილებით- მხოლოდ საკუთარი რესურსებით ნავთობის ჩაღვრის ლიკვიდაცია შეუძლებელია, რისთვისაც აუცილებელია შავი ზღვის აუზისა და ევროპის უსაფრთხოების (EMSA) ქვეყნების ერთობლივი მოქმედება, რათა დამუშავდეს სწრაფი სამოქმედო გეგმა.

ამ მიზნით ჩაღვრის რაიონში გაგზავნილი იქნა სპეციალიზირებული გემი „GSP ORION“ და თურქეთის სანაპირო უსაფრთხოების ბუქსირი „GEMI KURTARAN“, აგრეთვე თურქეთის სანაპიროს დამცავი ტანკერი „TCSG-qs“.

შედეგები მიღებული და დამუშავებული იქნა სხვადასხვა საინფორმაციო საშუალებებით (იხ. დანართში 4).

4.8. „ძებნა-გადარჩენის“ საჭირო საშუალებები და შესაძლებლობები

საქართველოს საზღვაო სამაშველო საკოორდინაციო ცენტრი (სსსც) არის უწყება, რომელიც სწრაფად და ეფექტურად ახორციელებს და კოორდინაციას უწევს ძებნა-გადარჩენის ოპერაციებს საქართველოს პასუხისმგებლობის საზღვაო რაიონში

დღეისათვის საქართველოს სსსც-ს აქვს ძეგნა-გადარჩენის და ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაღვრაზე რეაგირების შემდეგი საშუალებები და შესაძლებლობები:

- სისტემა GMDSS-ის სტანდარტული რადიოდანადგარები A1 და A2 საზღვაო რაიონებისათვის;
- გემებზე INMARSAT -ს ტერმინალებზე შეტყობინების გაგზავნის შესაძლებლობა;
- ფაქსი, ტელეფონი;
- გემების მონიტორინგის Lloyd'sL.ist, IntelligenceAIS - სისტემა;
- გემებთან მონიტორინგის VT Explorer 6.03- სისტემა;
- ავტომატური საიდენტიფიკაციო სისტემის მიმღები სადგური;
- მონაცემთა წვდომა ყულევის – Nani Harbour VTS-დან;
- ნავიგაციური შეტყობინებების მიმღები;
- ძიების დაგეგმვის კომპიუტერული პროგრამა–SAR – PS;
- დაღვრილი ნავთობის გადაადგილების გაანგარიშების და მოდელირების სისტემა– Black SeaTraskweb-თან წვდომა;
- მე-2 დონის ავარიულად დაღვრილი ნავთობის სალიკვიდაციო აღჭურვილობა და სამუშაო კატარღა;
- ყოველდღიური საზღვაო ამინდის მიღების შესაძლებლობა საქართველოს ჰიდროგრაფიული სამსახურიდან.

თავი 5. ჩატარებული კვლევების ტოქსიკოლოგიური და ეკოლოგიურ-ეკონომიკური შეფასება.

5.1. ნავთობის ჩაღვრების ეკოლოგიურ-ტოქსიკოლოგიური პარამეტრები.

როგორც ცნობილია, ნავთობის ჩაღვრა ზღვაში უპირველეს ყოვლისა ზიანს აყენებს ეკოსისტემას, რომელზეც საკმარისად აღინიშნა ზემო თავებში, თუმცა არ შევხებივართ ტოქსიკოლოგიურ ზიანს, რომელსაც ნავთობი აყენებს ჰიდროეკოსისტემას და კერძოდ ჰიდრობიონტებს (ჰიდრობიოლოგიურ არსებებს). ასეთი შეფასების აუცილებლობა ლოგიკურია, რადგან ჩაღვრების მსხვერპლი ხდება წყლის ზედაპირზე მცხოვრები მრავალი ფრინველი, აგრეთვე წყალში მცხოვრები ფლორა და ფაუნა. ზომიერი ჰავა, პალეარტიკის ტბა, მდინარეები: ჭოროხი; რიონი; ყულევისა და ფოთის უბე და სხვა ადგილები სავსეა სუბტროპიკული ზონისათვის დამახასიათებელი ცოცხალი ორგანიზმებით.

5.2. ნავთობის გავლენა ფრინველებსა და მცენარეებზე.

ფრინველები: ნავთობი გავლენას ახდენს ფრინველებზე, საკვების მიღების, ბუდეებში კვერცხების დაბინძურების, ბინადრობის ადგილის შეცვლაზე და ა.შ. ნავთობი გარეგნულად ხელს უშლის ფრინველების შებუმბვლას, უღიზიანებს თვალს. მსხვილი ჩაღვრები იწვევენ ფრინველების მასიურ განადგურებას, განსაკუთრებით ვინც ძირითადად ცხოვრობს წყლის ზედაპირზე.

განგარიშებულია, რომ ყოველწლიურად ნავთობის ჩაღვრების გამო ჩრდილოეთ ზღვაში და ჩრდილო ატლანტიკაში იღუპება 15-450 ათასი ფრინველი [40]. არსებობს ინფორმაცია სხვა რეგიონებზეც: ბალტიკა (1952-1962 წწ) - ყოველწლიურად 10 000-დან 40 000-მდე ფრინველი [41]; ინგლისის სანაპიროზე 50 000-250 000 (ნაციონალური შემოწმების შედეგები 1951-52 წწ. [51]; შავი ზღვის სანაპიროზე 100-120 ათასი ფრინველი 1990-2000 წწ. [23; 32] და სხვა.

ფრთოსანი ფრინველი განსაკუთრებით მგრძობიარეა ნავთობდაბინძურებასთან, რადგან მათი გადარჩენა ამ შემთხვევაში, ფრთების ელასტიურობის დაკარგვის გამო, შეუძლებელია. მათთვის სავსებით საკმარისია 2-3 სმ³ ნავთობი, რომ ისინი დაილუპნონ. ზოგჯერ ისინი ცდილობენ გაიწმინდონ ტანი ნისკარტით, თუმცა ამ დროს ნავთობი შეიძლება მოხვდეს ფრინველის კუჭში და დალუპვა გარდაუვალია.

ფრინველები ყლაპავენ ნავთობს, როცა იწმინდენ კანს ნისკარტით, სვამენ, მიირთმევენ დანაგვიანებულ საკვებს და სუნთქავენ ნავთობის ორთქლს. მართალია ნავთობის გადაყლაპვა არ იწვევს უეცარ სიკვდილს, მაგრამ იგი ავადმყოფობის გამო სიკვდილის კანდიდატია. ფრინველის კვერცხი ძალიან მგრძობიარეა ნავთობის მიმართ. მათი დაბინძურება და შებუმბლვა სვრიან ნაჭუჭს, რის გამოც ბევრი ილუპება ინკუბაციის პერიოდში.

ნავთობის ჩაღვრები ფრინველებზე მოქმედებს როგორც ხანმოკლე, ასევე ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. ნავთობისაგან დასვრილი გარემო იწვევს მოქცევა-მიქცევის პროცესში ბიოცენოზს (მიკროორგანიზმების ცვალებადობას) მრავალი წლის მანძილზე. ნავთობი უარყოფით გავლენას ახდენს ფრინველთა პოპულაციაზე. სახეობების აღდგენა დამოკიდებულია, თუ რამდენად განერიდებიან ისინი დაბინძურებულ ადგილებს და შეინარჩუნებენ გამრავლების უნარს.

ფრინველების ბუნებრივმა სიკვდილმა, ცხოვრებისეულმა აქტივობამ, ამინდის პირობებმა, კვებამ და მიგრაციამ შეიძლება გავლენა იქონიოს ერთეულ, ზოგჯერ კი პერიოდულად მომხდარი კატასტროფების შედეგებზე. მაგალითად, ზღვის ფრინველები დასავლეთ ევროპაში აგრძელებენ პოპულაციას, მიუხედავად შემთხვევითი ან დაბინძურებით მრავალი ადგილობრივი სახეობის ფრინველების დაღუპვისა.

ძუძუმწოვრები.: ნაკლები ინფორმაცია გაგვაჩნია ზღვის ძუძუმწოვრებზე ნავთობის ჩაღვრების გავლენის შესახებ. ამ მხრივ ყველაზე მეტად ზარალდებიან ზღვის ბეწვოსნები, პოლარული დათვები, ახლადდაბადებული სელაპები, ზღვის კატები და ა.შ. ბეწვის დანაგვიანების შემთხვევაში ისინი კარგავენ ელასტიურობას და წყალში სითბოს შენარჩუნების უნარს. ასეთებია ახალგაზრდა ზღვის კატები, სელაპები, ზღვის ლომები, დელფინები და სხვა. გარდა ამისა ნავთობი იწვევს თვალების და კანის

გალიზიანებას, რის გამოც ისინი კარგავენ ნორმალური ცურვის უნარს. არის შემთხვევები, როცა ნავთობში მთლიანად ამოსვრილია სელაპი ან პოლარული დათვი. ვეშაპებისა და დელფინების კანი ზიანდება ნაკლებად, თუმცა პოლარული დათვი შეიძლება დაილუპოს მის კუჭში ნავთობის მოხვედრის შემდეგ. აღსანიშნავია, რომ სელაპებს და ვეშაპებს შეუძლიათ გადაამუშაონ ნავთობი ზიანის მიყენების გარეშე. ნავთობს შეუძლია გამოიწვიოს სისხლდენა კუჭნაწლავებიდან, თირკმლების უკმარისობა ანუ მისი ინტოკსიკაცია, სისხლის წნევის დარღვევა. აორთქლებული ნავთობი აძნელებს მუცუმწოვრების სუნთქვას, რომლებიც იმყოფებიან ნავთობის ჩაღვრის ადგილებში და მრავალი სხვა.

ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე დაილუპნენ ვირთხები, რომლებმაც გაცურეს ნავთობიანი წყალი. არასასურველ შედეგს იძლევა პერიოდები, როცა გამრავლების მოლოდინში მუცუმწოვრები ნაკლებად მოძრაობენ და შეზღუდული აქვთ კვების არეალი. განსაკუთრებით ზიანდებიან ის მუცუმწოვრები, რომლებიც მუდმივად არიან წყალში და აუცილებელია მათი ბეწვით თბოიზოლაცია.

ქვეწარმავლები. ნავთობთან მათი დამოკიდებულება ცნობილია. ზღვის კუები ჭამენ პლასტმასის ნივთიერებებს და ნავთობის ნარჩენებსაც კი. თუმცა კუები ჩანასახშივე ილუპებიან ან ვითარდებიან არანორმალურად მას შემდეგ, რაც კვერცხები დაფარული იყო სილანარევი ნავთობით. ნავთობი განიცდის ატმოსფერული ნალექების გავლენას, რის გამოც იგი ნაკლებად აზიანებს ემბრიონებს, ვიდრე ნედლი ნავთობი. უკანასკელ პერიოდში ნავთობით დანაგვიანებული პლაჟები ქმნიან პრობლემებს, რადგან კუმ უნდა გადაიაროს გაჭუჭყიანებული პლაჟი, რათა შევიდეს ზღვებსა და ოკეანეში.

წყლის სხვადასხვა მატლები, ბაყაყები აგრეთვე განიცდიან ნავთობჩაღვრების ზემოქმედებას და მათი ქცევა ნავთობის დოზის მიღების შემდეგ ანორმალურია. ტყის ბაყაყებისა და სალამანდრების (ჩანთოსნების) მოძრაობა იზღუდება ნავთობისა და მაზუთის ზემოქმედების გამო.

თევზები. ნავთობის ჩაღვრები მოქმედებს თევზებზე, რადგან ისინი მიირთმევენ დანაგვიანებულ საჭმელსა და წყალს ან კიდევ ქვირითის მოძრაობის დროს ეხებიან

ნავთობს. მათი სიკვდილი ძირითადად ხდება სერიოზული ჩაღვრების დროს, შესაბამისად დიდი თევზების უმრავლესობა დიდ წყალსაცავებში არ ილუპებიან. თუმცა ნედლი ნავთობი და ნავთობპროდუქტები სხვადასხვანაირად მოქმედებენ თევზების ტოქსიკურობაზე. წყალში ნავთობის 0,5 მეგილიონედი წილი ან უფრო ნაკლები კონცენტრაცია ღუპავს ორაგულს, მოქმედებს თევზის სასუნთქ ორგანოებზე, ადიდებს თირკმლებს, ამცირებს ზრდას, მოქმედებს ქმედებებზე და ა.შ.

ლიფსიტების და თევზის ქვირითები ყველაზე მგრძობიარე არიან ნავთობის მიმართ, რომლის ჩაღვრამ შეიძლება დიდი ზიანი მიაყენოს მათ.

დაბინძურების დამახასიათებელი ფაქტორებია: ტოქსიკურობა, ნავთობის პროცენტული შემცველობა წყალში, ჩაღვრის ადგილმდებარეობა, წელი და დრო.

ნავთობით დაბინძურების რამოდენიმე ადგილმდებარეობისა და საკონტროლო ადგილების გამოკვლევის შედეგებით (1971 წ.) აღმოჩენილი იქნა, რომ თევზების პოპულაცია და ასაკობრივი განვითარება, ზრდა, ორგანიზმის მდგომარეობა მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. რადგან ასეთი კვლევები არ ჩატარებულა, ავტორებს არ შეეძლოთ განესაზღვრათ შეიცვალა თუ არა თევზების პოპულაცია ბოლო ორი წლის განმავლობაში. ამიტომ ნავთობის გავლენა თევზების პოპულაციაზე შეიძლება განისაზღვროს ადგილებზე, ვიდრე რეგიონალურ დონეზე ან ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

უხერხემლოები. უხერხემლოები მოძრაობის შეზღუდულობის გამო არიან კარგი ინდიკატორები დანაგვიანებასთან მიმართებაში. გამოქვეყნებული მასალები უფრო მიუთითებენ ჩაღვრების მომაკვდინებელ გავლენას უხერხემლოებზე, ვიდრე მათ ზრდა-განვითარებაზე. უხერხემლოებზე ჩაღვრების ზემოქმედების პროცესი შეიძლება გაგრძელდეს 1 კვირიდან 10 წლის განმავლობაში და დამოკიდებულია ნავთობის სახეზე.

ბევრი კვლევაა ჩატარებული ნავთობის უხერხემლოებზე გავლენის შესახებ ლაბორატორიულ პირობებში, ექსპერიმენტულ დახურულ ეკოსისტემაში, საველე პირობებში და ა.შ. მცირე სამუშაოები ჩატარდა ახალ წყლებში. ჩატარებული კვლევების შედეგები წარმოადგენენ დოკუმენტს ნედლი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გავლენის შესახებ უხერხემლოთა ცხოვრებაზე, მათ ფიზიოლოგიურ ფუნქციებზე,

გამრავლებაზე, მოქმედებაზე, კოლონების პოპულაციასა და შემადგენლობაზე როგორც მცირე, აგრეთვე ხანგრძლივი დაკვირვებების დროს.

მცენარეები, რომელთა მოძრაობა შეზღუდულია, წარმოადგენს მოხერხებულ ობიექტს ნავთობის ჩაღვრებისა და გარემოს დაბინძურების გავლენის შესასწავლად. გამოქვეყნებულ მასალებში მოტანილია ზღვის ბალახების, წყალმცენარეების უმრავლესობის და ა.შ. განადგურების ფაქტები. ბიომასისა და მისი აქტივობის შემცირებისა თუ გადიდების შესახებ ფოტოსინთეზთან კავშირში. ჩაღვრების ზემოქმედება წყლის მცენარეების ადგილობრივ სახეობებზე გრძელდება რამდენიმე კვირიდან 5 წლამდე პერიოდში. წყლებზე ჩატარებული მექანიკური გაწმენდის სამუშაოები დადებითად მოქმედებენ წყლის მცენარეების გადარჩენაზე (25-50%-ით). წყლის ტყის სრული აღდგენა თითქმის 15-20 წელი გრძელდება. წყლის დიდი მასის მცენარეები უფრო ადრე (ჩაღვრამდე) უბრუნდებიან თავიანთ ბუნებრივ მდგომარეობას, ვიდრე მცირე წყალსატევების მცენარეები. თუმცა არსებობენ მცენარეთა მდგრადი სახეები, რომლებიც იყენებენ ნავთობს, როგორც საკვებს.

ჩაღვრების სხვადასხვა პირობებისათვის მიკრობების გავლენა ნახშირწყლებზე შესწავლილი იქნა ექსპერიმენტულ ეკოსისტემების პირობებში [57; 60] საველე გამოცდების დროს. ზოგადად, ნავთობმა შეიძლება სტიმულირება მისცეს ან შეეწინააღმდეგოს მიკრობების აქტივობას, რომელიც დამოკიდებულია ნავთობის რაოდენობაზე და მარკაზე, აგრეთვე მიკრობების მდგომარეობაზე. მხოლოდ მდგრადმა წყალმა შეიძლება გამოიყენოს ნავთობი როგორც საკვები, ამიტომ მათი რაოდენობა და აქტიურობა შეიძლება გაიზარდოს.

ნავთობის გავლენა ზღვის ზოგიერთ მცენარეებზე შესწავლილი იქნა საველე გამოცდებით. კვლევები ჩატარდა ლაბორატორიულ და ექსპერიმენტულ ეკოსისტემებში [57; 60]. კვლევებით დადგინდა, რომ ნავთობი ანადგურებს დიდ მცენარეებს, ამცირებს მათ ზრდასა და კვლავ აღმოცენებას.

მტკნარი წყლის ფიტოპლანქტონზე (პერიფიტონი) ნავთობის გავლენა შესწავლილი იქნა აგრეთვე ლაბორატორიულ და საველე პირობებში. ნავთობი აქაც იგივეს აკეთებს, რასაც ზღვის წყალმცენარეების შემთხვევაში.

5.3. ეკოსისტემის რეაქცია გარეგან ზემოქმედებაზე.

ჩვენს მიერ განხილული ეკოსისტემები საშუალებას გვაძლევს ნებისმიერი ეკოსისტემისათვის განვსაზღვროთ უსაფრთხოების საძიებო კრიტერიუმები: თვისებები და კანონზომიერებები; ჰიგიენური მიდგომის ანალოგიურად მათი ფუნქციონირების მართვა. მათი ზღვრული სიდიდეებით განისაზღვრა ნებისმიერ ადამიანზე ნავთობის ჩაღვრების ზემოქმედების დონე. ეკოსისტემაზე მოქმედი საშიში ფაქტორები და ზოგადი პრინციპები საფუძვლია, რომ ეკოლოგო-ფიზიოლოგიური თვისებები გამოყენებული იქნას ეკოსისტემის ორგანიზმის ფორმირებაში და ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორების-გარემომცველ გარემოში. [59]. ნებისმიერი ეკოსისტემა, როგორც ერთიანი ორგანიზმი ფლობს რიგ საერთო თვისებებს, რომელიც შეიძლება გავითვალისწინოთ უსაფრთხოების კრიტერიუმის მიღებაში [6; 66]:

ა) ნებისმიერ ორგანიზმს და მის თანასაზოგადოებას მთლიანობაში შეუძლია გარეგანი მავნებლური ზემოქმედების კომპენსაცია, თუ იგი არ აღემატება განსაზღვრულ სიდიდეს და არაა ხანგრძლივი;

ბ) ერთი ტროფიკული დონის ცოცხალ ორგანიზმებს შორის მიმდინარეობს განუწყვეტელი კონკურენცია სიცოცხლისათვის საჭირო რესურსებისა და ცხოვრების გარემოში დამკვიდრების მიზნით. (ეკოსისტემის მდგრადი არსებობის პრინციპი);

გ) ცოცხალ ორგანიზმში ნივთიერების ცვლილებაა მიმდინარეობს თითოეული ცოცხალი ორგანიზმის შიგნით მეტაბოლისტური რეაქციის საშუალებით მიღებული ნივთიერებების უტილიზაციის და ენერჯიის წყალობით (ფერმინტალური ბიომასის წარმოება).

საერთოდ, ეკოსისტემის რეაქცია გარემოს არასასურველი ზემოქმედების წინააღმდეგ შეიძლება დავახასიათოდ მოვლენების შემდეგი თანმიმდევრებით: „საკომპენსაციო შესაძლებლობების ცვალებადობა → სტრუქტურული ცვალებადობა → შემადგენლობის ცვალებადობა → ახალი ეკოსისტემის ახალი შესაძლებლობების გამოჩენა → ეკოსისტემის დაღუპვა.

რისკის შეფასების ერთ-ერთი შესაძლო ვარიანტად მიღებულია მიდგომა, რომელიც დაფუძნებულია მათ ადაპტაციურ მახასიათებლებთან [23]. ეკოსისტემაში

ქიმიური ნივთიერებების ჩაღვრის საშიშროების რისკის შეფასება ხდება შემდეგნაირად: [72;45]

- დაბინძურებული ნივთიერებების გარდაქმნა ბუნებრივ ეკოსისტემაში;
- ტოქსიკური ნივთიერებების გადატანა ბუნებრივ გარემოსა და ეკოსისტემებში;
- ტოქსიკური ნივთიერებების ზემოქმედების ეფექტი.

ეფექტი ფასდება ძირითადად სტანდარტული ლაბორატორიული ტესტებით, მიღებული შედეგების ექსტაპოლიაციით, პროგნოზის ეფექტურობის ბიოცენოზის დონეზე და ეკოსისტემაზე. რისკის (საშიშროების) აღმოჩენასა და შეფასებაში დიდ როლს თამაშობს გარემომცველ სივრცეში ქიმიკატების ქმედების მოდელირება და მათი ტოქსიკური თვისებების ექსპერიმენტალური გამოვლენა ეკოსისტემის სხვადასხვა რგოლში. შესაძლო მიდგომები ამ ამოცანის გადაწყვეტაში მოცემულია კვლევებში [97].

პროფილაქტიკა და ეკოსისტემაზე ანტროპოგენური ზემოქმედების თავიდან აცილება მიზანშეწონილია დავიწყოთ რეალური ეკოსისტემების ნორმების განსაზღვრით, რომელიც შეზღუდულია სუბიექტური საექსპერტო შეფასებისაგან და ამ დროს დასაყრდენია მხოლოდ რაოდენობრივი შეფასებები [59].

ბუნებრივ პირობებში გარემოზე გავლენა შეუძლია მოახდინოს დაბინძურების იშვიათად დაფიქსირებული დაკვირვებების ფაქტორებმა. ჩვეულებრივ, ადეკვატური გაზომვების ჩატარება ამ თანმხლები ფაქტორების გათვალისწინებით შეუძლებელია, რადგან შეტყობინებები ხშირად არასრულია და ზემეტი.

ყველაზე საშიში დეტერგენტების (ზედაპირულად აქტიური ნივთიერება) კომპონენტი, როგორც ჩანს, არის მისი გახსნადი ნაწილი, რომელიც წარმოადგენს ნახშირწყალბადების ნარევეს მაღალი შემცველობის დაბალ არომატული შენაერთით [45]. ნათქვამს შეიძლება დავუმატოთ ის, რომ ნავთობგამწმენდი ნივთიერებების ტოქსიკურობა გამოკვლელულია არასაკმარისად და არ შეიძლება ადვილად განვსაზღვროთ ცალკეული კომპონენტების ტოქსიკურობის საფუძველზე. ანალოგიურად, ემულგატორის მოქმედების მიმართულებაზე დამოკიდებულებით ნავთობმა ემულგატორებთან ერთად შეიძლება მოახდინოს ტოლი, მეტი ან ნაკლები გავლენა ნავთობის ორგანიზმთან შეხების დროს.

ტანკერების ავარიების შემთხვევაში რისკების შეფასებას თან სდევს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრა ზღვაში, რისთვისაც საჭირო ოპერაციას წარმოადგენს ეკოლოგიური რისკების გაანგარიშების ალგორითმის დამუშავება. სამწუხაროდ დღემდე ამ საქმეში არ არის სრული კონსენსუსი.

5.4. ეკონომიკური ფაქტორების გათვალისწინებით ნავთობჩაღვრებისას რისკების შეფასების მეთოდოლოგიის დამუშავება.

5.4.1. ზარალის შეფასება.

რისკების რაოდენობრივი შეფასების მრავალრიცხოვან მეთოდებს შორის ყურადღებას იმსახურებს ორი მეთოდი: მიზნის ფუნქციის მეთოდი [78]; მულტიპლიკაციური მიდგომა [55].

განვიხილოთ მეორე მიდგომა. მულტიპლიკაციური მიდგომის დროს რისკის ზომა R განისაზღვრება როგორც ავარიის რეალიზაციის ალბათობის P ნამრავლი ფარდობითი ზარალის ალბათობასთან Y შემდეგი ფორმულით:

$$R = P \cdot Y, \quad (5.1.)$$

სადაც R - რაოდენობრივი ზომა (რისკის ხარისხი); P - ავარიის წარმოშობის ალბათობა; Y - ავარიით მიღებული ზარალი.

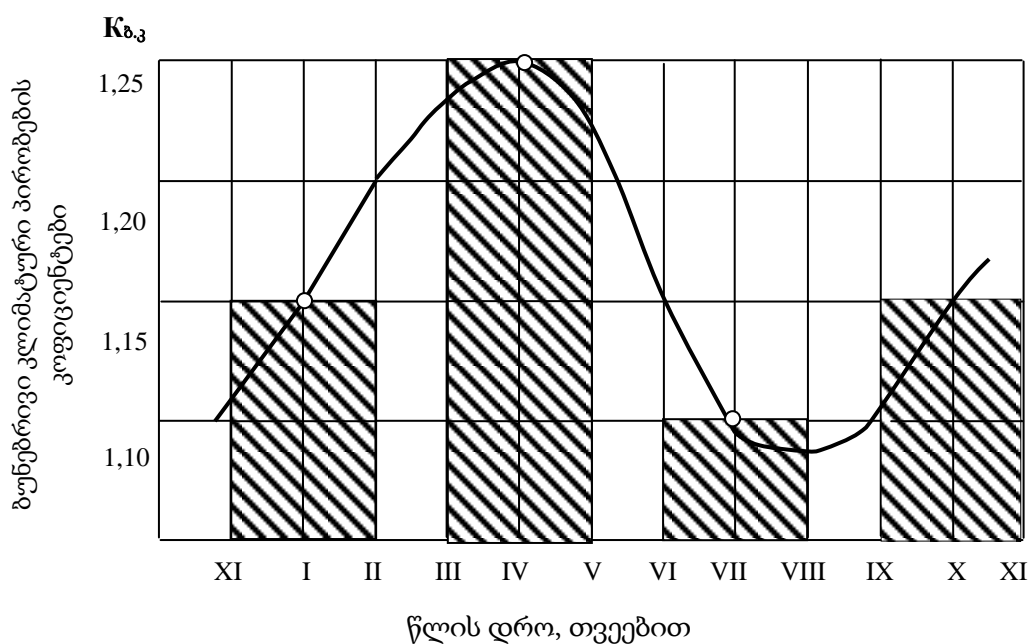
P განისაზღვრება ობიექტის ექსპლუატაციის პირობების ან ტექნიკური სისტემების საფუძველზე ავარიის სტატისტიკური მონაცემების დამუშავებით.

არსებული მეთოდის თანახმად რისკის ზარალის რაოდენობის გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$Y = K_{\ell} \cdot K_{\beta, \gamma} \cdot K_{\eta} \cdot K_{\text{ინ}} \cdot K_{\text{ლ}} \cdot H, \quad (5.2)$$

სადაც Y - ზარალის ზომა, აშშ დოლარი; K_{ℓ} - ერთი ბარელი ნავთობის ღირებულების ცვალებადობისა და მისგან ნავთობპროდუქტების გამოსავლიანობის კოეფიციენტი, აიღება $K_{\ell}=10^{-3}$; $K_{\beta, \gamma}$ - ბუნებრივ-კლიმატური პირობების გათვალისწინების კოეფიციენტი, წელიწადის დროს მიხედვით, აიღება: ზამთარისათვის $K_{\beta, \gamma} = 1,15$;

გაზაფხულისათვის $K_{ბ,კ} = 1,25$; ზაფხულისათვის $K_{ბ,კ} = 1,1$; შემოდგომისათვის $K_{ბ,კ} = 1,15$ (ნახ.5.1); $K_{გ}$ - ეკოლოგიური ფაქტორის გათვალისწინების კოეფიციენტი. (წყლის ავზების მდგომარეობით); აიღება შავი ზღვის აუზისათვის: ნაპირიდან 10კმ-მდე $K_{გ} = 1,15$, ნაპირიდან 10 კმ-ზე მეტ შემთხვევაში $K_{გ} = 1,05$ [32; 61; 83]; $K_{იფ}$ - ინდექსაციის კოეფიციენტი, ეკონომიკური განვითარების ინფლაციური შემადგენელი და გულისხმობს საერთაშორისო და ნაციონალური ვალუტის ფარდობას, რომელიც ძნელად პროგნოზირებადია, აიღება $K_{იფ} = 1$. H - ტაქსა, მილ. აშშ-ს დოლარი, რომელიც განისაზღვრება ჩაღვრილი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მასით V ტონეში. (ცხრილი 5.1.) $K_{ლ}$ - კოეფიციენტია და ითვალისწინებს ავარიული ჩაღვრების ლიკვიდაციისათვის დაგვიანებული დროის ხანგრძლივობას. ცხრილში 5.2 მოცემულია $K_{ლ}$ მნიშვნელობები დაგვიანების საათების ან დღეღამეების მიხედვით.



ნახ. 5.1. $K_{ბ,კ} = f(t)$ ბუნებრივ-კლიმატური პირობების ფაქტორების დამოკიდებულება წელიწადის დროსთან.

მოცულობაზე დამოკიდებულებით, ჩალვრილი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის,
ტაქსას მნიშვნელობები

ცხრილი 5.1.

V, ტ.	H, მილ. აშშ-ს დოლარი	V, ტ.	H, მილ. აშშ-ს დოლარი	V, ტ.	H, მილ. აშშ-ს დოლარი
0,1 - 0,2	0,0085 - 0,011	5.5 - 9,0	0,145 - 0,25	200 - 350	4,75 - 8,05
0,2 - 0,4	0,011 - 0,017	9 - 13	0,25 - 0,364	350 - 600	8,05 - 13,05
0,4 - 0,9	0,017 - 0,03	13 - 25	0,364 - 0,675	600 - 800	13,05 - 17,5
0,9 - 1,6	0,03 - 0,055	25 - 40	0,675 - 1,05	800 - 1300	17,5 - 27,75
1,6 - 3,0	0,055 - 0,09	40 - 90	1,05 - 2,25	1300 - 2500	27,75 - 51,35
3,0 - 5,5	0,09 - 0,145	90 - 200	2,25 - 5,0	2500 - 5000	51,35 - 98,5

ცხრილი 5.1-ით შეიძლება დავადგინოდ დამოკიდებულება $H = f(V)$ ჩალვრების რაოდენობასა (V , ტ.) და დასახელებულ თანხებს შორის (H , მილ. აშშ-ს დოლარი) (ცხრ. 5.2.). ეს დამოკიდებულება არის წრფე, რომლის განტოლება ზოგადი სახით ასეთია $H = aV + b$; ზემოდ, მე-2 თავში გამოყენებული უმცირეს კვადრატთა ჯამის მეთოდით (იხ. აგრეთვე დანართი 5) მიღებულია შემდეგი სახის კორელაციური დამოკიდებულება

$$H = 4,308V - 0,06, \text{ მილ.აშშ-ს დოლარი} \quad (5.3)$$

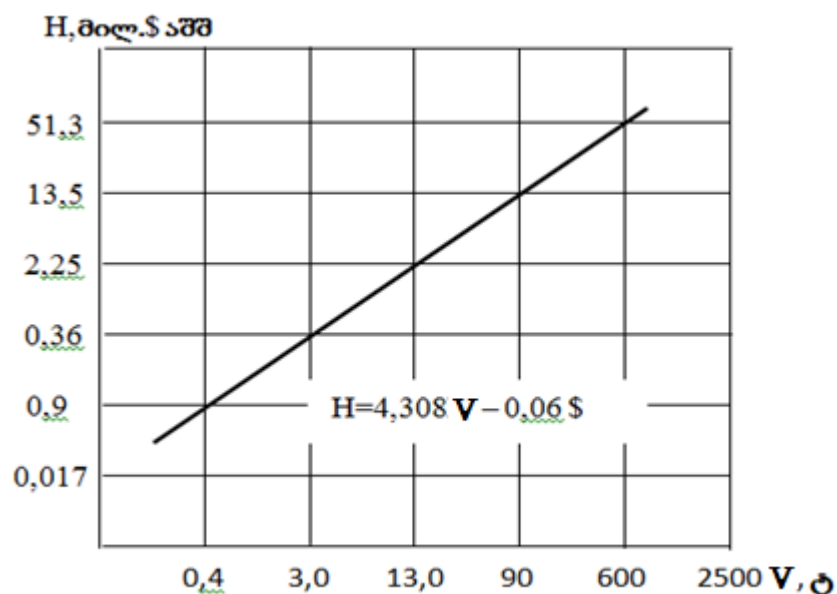
მაშინ 5.2 - ში 5.3 - ის გათვალისწინებით მივიღებთ

$$Y = K_{\text{ლ}} \cdot K_{\text{ბკ}} \cdot K_{\text{გ}} \cdot K_{\text{ონ}} \cdot K_{\text{ლ}} \cdot (4,308V - 0,06), \text{ მილ.აშშ დოლარი} \quad (5.4)$$

სალიკვიდაციო ღონისძიებების დაგვიანების ხანგრძლივობზე დამოკიდებულების
კოეფიციენტის მნიშვნელობები

ცხრილი 5.2.

$K_{\text{ლ}}$	1,0	1,05	2,0	2,05	3,0	3,05	4,0	4,05	5,0	5,05
დღე-ღამე	1	3	5	7	9	11	13	15	17	20
სთ	24	72	120	144	216	240	312	360	408	480



ნახ. 5.2. ტაქსას ჩალვრილი ნავთობის მოცულობაზე დამოკიდებულების გრაფიკი

რისკების R რაოდენობრივი შეფასებისათვის მიზანშეწონილად მიგვაჩნია Y -ის გარდაქმნა უგანზომილებო სიდიდედ [83]. ამ მიზნით, ჩვენს მიერ შემოტანილი იქნა მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა $Y_{\text{მაქს}}$, რომელიც დამოკიდებულია აკვატორიის გეოგრაფიულ მდებარეობაზე, რომელშიც მოხდა ავარია.

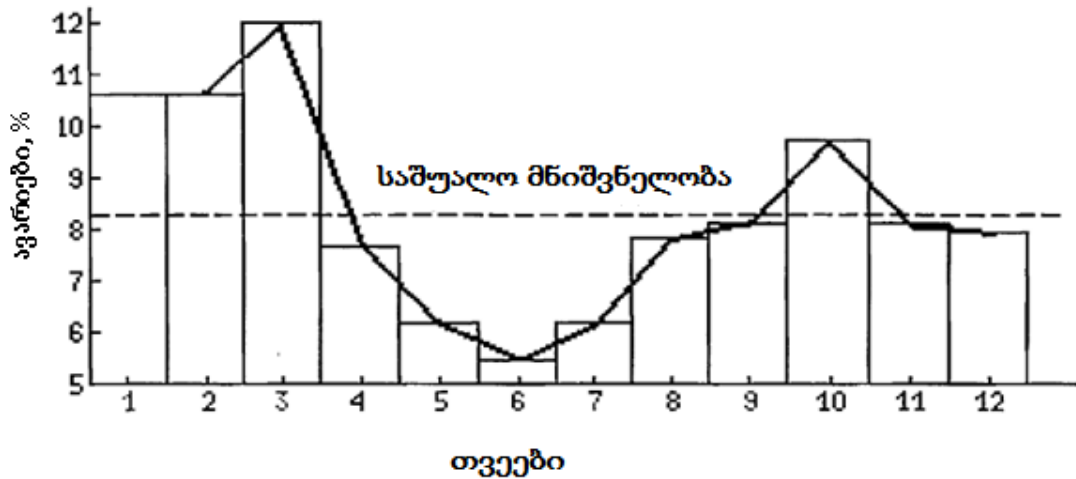
ზარალის ახალ მნიშვნელობას დაერქვა ალბათური ფარდობითი ზარალი და გამოსახულებამ (5.1) მიიღო შემდეგი სახე

$$R = P \cdot Y_{\text{ფარ}} \quad , \quad (5.5)$$

სადაც $Y_{\text{ფარ}}$ -ალბათური ფარდობითი ზარალი.

მსგავსი ანგარიშების ჩატარებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს ორი მდგომარეობა:

1. წელიწადის დროის განმავლობაში საზღვაო ჩალვრების სიხშირე (ნახ. 5.3);
2. სხვადასხვა აუზში ჩალვრების მოცულობა (ცხრ. 5.3.)



ნახ. 5.3. საზღვაო ავარიების რაოდენობის განაწილება (3000-მდე) თვეში.

- მზადმყოფი გემი საგანგაშო სიგნალის მიღების შემდეგ უნდა გავიდეს ბაზირების ადგილიდან 2 საათის განმავლობაში;
- პირველი ნავთობშემკრები გემი მიაღწევს ჩაღვრის ადგილს 6 საათში;
- სრულმასშტაბიანი და კარგად ორგანიზებული მოქმედება ჩაღვრების ლოკალიზაციისათვის უნდა შესრულდეს ინფორმაციის მიღების მომენტიდან 12 საათში;
- ჩაღვრის ლიკვიდაცია უნდა მოხდეს, თუ ჰიდრომეტეოსდგური გასცემს ინფორმაციას, ორი დღელამის განმავლობაში.

ზარალის $Y_{ფარ}$ -ის სიდიდის დინამიკა აუზების მიხედვით [25]

ცხრილი 5.3.

აუზი	ჩაღვრის მაქსიმალური ალბათური ზომა, V	$Y_{ფარ}$, მილ. აშშ-ს დოლარი	ფორმულა
ბალტიის	2500	75,75	$R=PY/75,75$
შავი ზღვის	2500	82,9	$R=PY/82,9$
აზოვის	2083	75,15	$R=PY/75,15$
კასპიის	625	23,15	$R=PY/23,15$
შორეული ადმოსავლეთის	3125	90,9	$R=PY/90,9$

ცხრილის 5.3 მონაცემები მიღებულია მრავალრიცხოვანი დაკვირვებებისა და იძულებითი გამოთვლების საფუძველზე, მსოფლიოს სხვადასხვა ზღვებისა და ოკეანების აუზებიდან. ის შეიძლება გამოვიყენოთ ზარალის ზომის ფულად განზომილებებში დასადგენად. 5.2 გამოსახულებაში შემავალი კლიმატური ფაქტორის კოეფიციენტი $K_{g,j}$, ნიშნავს, რომ ჩაღვრების დანაგვიანებლობა ცუდ კლიმატურ პირობებში გაცილებით მეტია, ვიდრე კარგ ამინდში, რაც მოცემულია (5.2) ფორმულის ლეგენდაში.

განვიხილოთ მაგალითით ნავთობჩაღვრის შედეგად გამოწვეული ზარალის შესახებ. დავუშვათ ჩაღვრა მოხდა ზაფხულში ნაპირიდან 10 კმ-ზე მეტ მანძილზე, რომლისთვისაც შესაბამისი კოეფიციენტები $K_{g,j}=1,15$ და $K_j = 1,05$ (იხ. 5.2 ფორმულის ლეგენდა). ვთქვათ სალიკვიდაციო სამუშაოების დაწყება მოხდა ინფორმაციის მიღებიდან 5 დღის შემდეგ, რომლისთვისაც კოეფიციენტი $K_{\infty} = 2,0$ (ცხ.5.1.) ჩაღვრის მოცულობა შეადგენს $V=10$ ტ. ბენზინს $H=0,25-0,364$ მილ. აშშ. დოლარი, მაშინ „ძებნა-გადარჩენის“ ორგანიზაციის მიერ ჩატარებული სამუშაოს ღირებულება ფორმულიდან 5.4 შეადგენს

$$Y=10^{-3} \cdot 1,15 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 2 \cdot (4,308 \cdot 10^{-0,06}) = 0.099376 \text{ მილ. აშშ. დოლარი,}$$

დღეისათვის სულ უფრო ვრცელდება აზრი იმის შესახებ, რომ უპირატესობა ეძლევა ჩაღვრების შეფასების რაოდენობრივ კრიტერიუმებს. ეს ნიშნავს, რომ ხარჯების მართვა სწარმოებს სქემით, რომელიც ითვალისწინებს ორ კომპონენტს: მოვლენის საშიშროების ალბათობა (P) და მისი შედეგი $Y(Y_{\text{ფარ}})$. ამისათვის კი განიხილება ზოგიერთი კატეგორიის ალბათობა და თითოეულ კატეგორიას მიეკუთვნება განსაზღვრული რეიტინგი [92; 81]. რისკის სიდიდე როგორც $P \cdot Y_{\text{ფარ}}$ ნამრავლი პირობითად შეიძლება გაიყოს 5 კატეგორიად, ზემოდ მოტანილის გათვალისწინებით, როცა $R \leq 0,25$ (ცხრ. 5.4)

ასეთ შემთხვევაში მაქსიმალური მაღალი რისკები ჩვეულებრივად დაუშვებლად მიაჩნიათ. საშუალო და დაბალი რისკები-შეზღუდულია დასაშვებით, ხოლო მინიმალური რისკი განიხილება როგორც უსიტყვოდ დასაშვები (რისკის მისაღები დონე), ანუ თუ რისკი არის 0,05 ნაკლები განხილულია, როგორც მისაღები. ეს პირობები

შეიძლება მიღწეულ იქნას იმ შემთხვევაში, როცა $Y_{\text{ვარ}} < 0,20$. ჩვენი შემთხვევისათვის ეს პირობა სრულდება $Y < 15,15$ მლ. აშშ. დოლარი (1000 რეისზე). (ნახ. 5.4.).

ჩაღვრების კლასიფიკაცია ზღვის ეკოსისტემებისათვის 1000 რეისზე ფაქტიური
ჩაღვრების პირობებში.

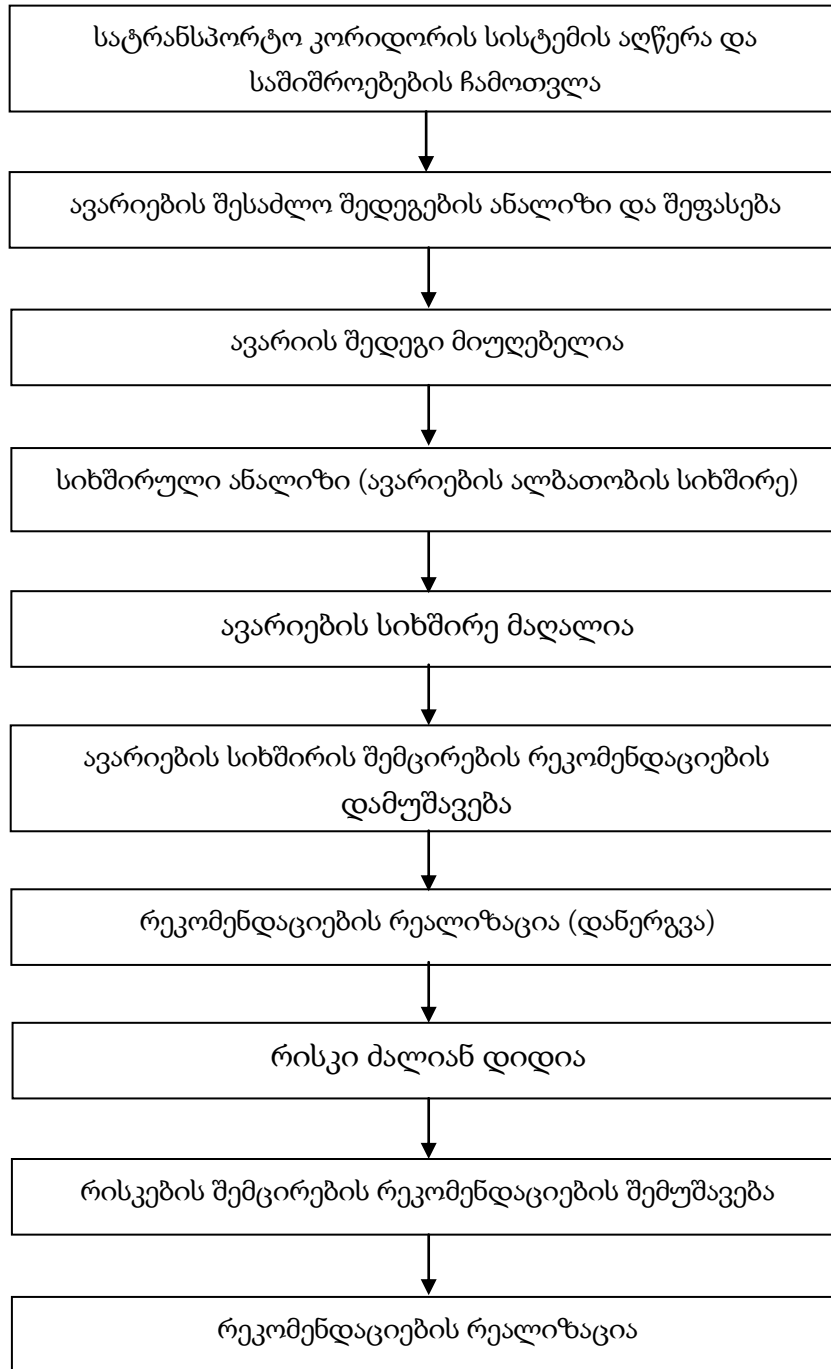
ცხრილი 5.4

რისკის დონე	რაოდენობრივი შეფასება ($R = P \cdot Y_{\text{ვარ}}$)
მაქსიმალური	$0,20 < R \leq 0,25$
მაღალი	$0,15 < R < 0,20$
საშუალო	$0,10 < R < 0,15$
დაბალი	$0,05 < R < 0,10$
მინიმალური	$R < 0,05$

რეგიონალური მნიშვნელობების ჩაღვრა - ისეთი მოვლენაა, რომელიც საჭიროებს ძალებისა და საშუალებების მობილიზაციას მთელი რეგიონის მასშტაბით. ჩვეულებრივ ეს ჩაღვრები 5 ათას ტონას არ აღემატება. მათ სალიკვიდაციოდ შესაბამისი სამსახურების ხელმძღვანელობა ვალდებულია (თუ ჩაღვრები მის ტერიტორიაზე არის) აცნობოს აუზის „სახელმწიფო საზღვაო სამაშველო სამსახურებს“, რომელიც ვალდებულია საკუთარი ძალებითა და საშუალებებით მოახდინოს ჩაღვრების ლიკვიდაცია.

ფედერალური დანიშნულების ჩაღვრა - ისეთი მოვლენაა (5 ათას ტ-ზე მეტი), რომელსაც სჭირდება არა მხოლოდ საკუთარი და მეზობელი ორგანიზაციების დახმარება ნავთობის ჩაღვრის საწინააღმდეგოდ, არამედ უფრო მაღალი ინსტიტუტების ჩართვა ამ პროცესში, როგორებიცაა რუსეთის, თურქეთის საზღვაო და სამდინარო ტრანსპორტის სამინისტროების დახმარება, რადგან ზღვაზე გამოკვეთილი სახელმწიფო არ არსებობს.

როგორც საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის კვლევებმა გვიჩვენეს გემების ან ტანკერების ავარიების ძირითადი მიზეზებია (84-88%), შესაბამისად ნავთობის ჩაღვრა ზღვის სივრცეში, ადამიანური ფაქტორი და ნავიგაციის პირობები.



ნახ. 5.4. ეკონომიკური, სოციალური და ეკოლოგიური რისკების ანალიზი

სატრანსპორტო კორიდორისათვის შეზღუდვების ანალიზზე.

ნავთობის მოპოვებისა და ტრანსპორტირების დროს წარმოშობილმა ავარიებისა და კატასტროფების მრავალრიცხოვანმა მაგალითებმა გვიჩვენეს, რომ მათი უგუბელყოფა და დამშვიდება ყველაზე მოწინავე ტექნოლოგიისა თუ ტექნიკური საშუალებების დროსაც კი შეუძლებელია. აქედან გამომდინარე საქართველოში

რუსეთში, თურქეთში და სხვაგან მიღებულია ზომები ავარიებისაგან ადამიანური ფაქტორის გავლენის გამორიცხვისათვის. ამ ქვეყნების ყველა მსხვილ საზღვაო ნავსადგურებში დანერგილია გემების მოძრაობის სისტემების მართვა, რომელიც საშუალებას იძლევა მუდმივად აკონტროლოს გემების ადგილსამყოფელი.

ნავთობის ჩაღვრების ალბათობის შესამცირებლად ყველა აუზში ორგანიზებულია ავარიულ-სამაშველო მზადყოფნა. როგორც წინა თავში ავლინებით, საქართველოს საზღვაო სამაშველო საკოორდინაციო ცენტრი (სსსც) არის უწყება, რომელიც სწრაფად და ეფექტურად ახორციელებს და კოორდინაციას უწევს „მებნა-გადარჩენის“ ოპერაციებს საქართველოს პასუხისმგებლობის საზღვაო რაიონში. დღეისათვის საქართველოს სსსც-ს აქვს მებნა-გადარჩენის და ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების დაღვრაზე რეაგირების საშუალებები და შესაძლებლობები. მიუხედავად ამ ზომების მიღებისა ავარიების მთლიანად გამორიცხვა შეუძლებელია.

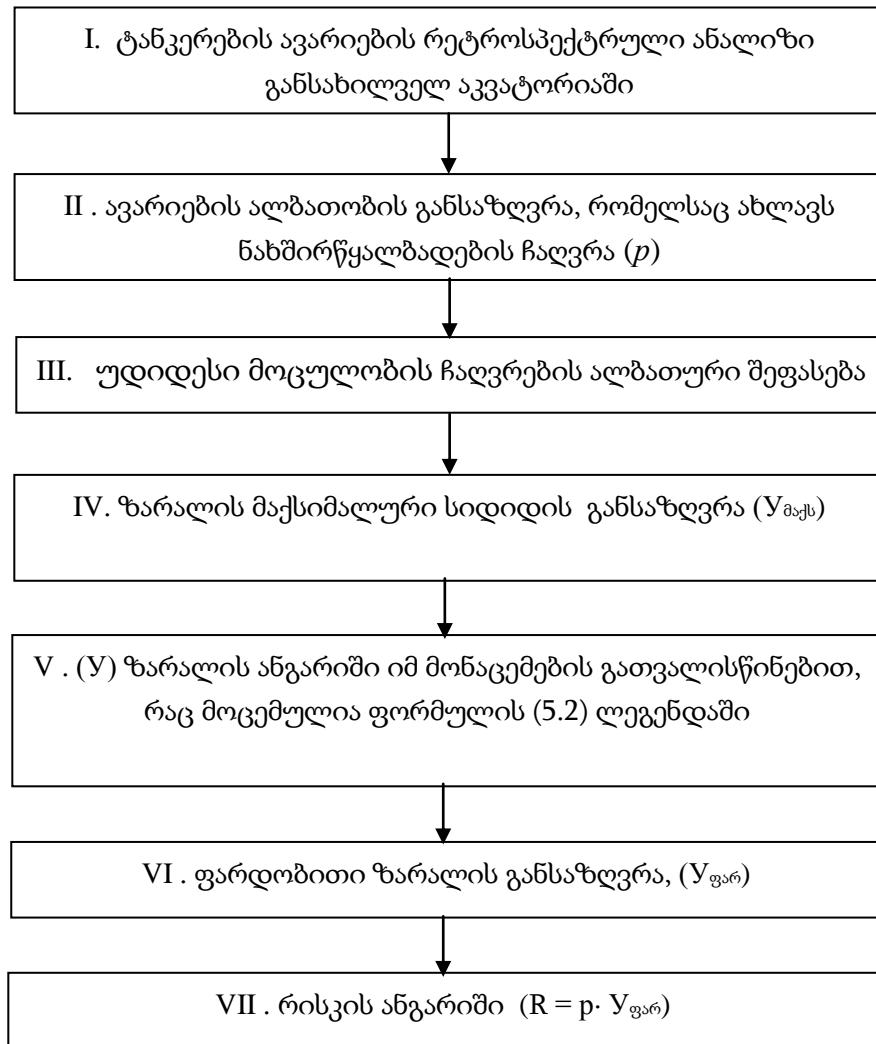
5.4.2. რისკების შეფასების მეთოდოლოგია

ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ზღვაში ჩაღვრების რისკების შეფასების ქვეშ იგულისხმება:

- ა) ჩაღვრების პოტენციური ადგილის გამოვლენა;
- ბ) ჩაღვრების მოცულობისა და მათი სიხშირის გაანგარიშება;
- გ) ბუნებრივი რესურსებისა და სამეურნეო ობიექტების განსაზღვრა, რომელიც შეიძლება მოექცნენ ჩაღვრების შედეგად დაზინძურების არეში;
- დ) წყლის ზედაპირზე ნავთობის მოქმედების სცენარის დამუშავება, რომელთა ქვეშ იგულისხმება ნავთობის განშლა ჰიდრომეტეოროლოგიური პირობების გათვალისწინებით და სანაპირო ხაზის დანაგვიანების სიგრძის განსაზღვრა;

რისკების შეფასების შედეგები წარმოადგენს ავარიების რაოდენობისა და მათი შედეგების შემცირებისათვის ღონისძიებების დამუშავების ბაზას და მისი განხორციელებისათვის სამოქმედო გეგმის შემუშავების საფუძველს. აქ განიხილება

რისკის შეფასების მხოლოდ ერთი შემადგენელი-ჩაღვრების მოცულობა და მათი სიხშირე. ეს პარამეტრები წარმოადგენს ძირითად საგანგებო სიტუაციების კლასიფიკაციაში ზღვაზე, რათა გაანგარიშებული იქნას ჩაღვრის შედეგების ლიკვიდაციისათვის საჭირო ძალები და საშუალებები.



ნახ. 5.5. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების საზღვაო აკვატორიაში ჩაღვრების რისკების გაანგარიშების ალგორითმი.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დამუშავდა რისკების გაანგარიშების მეთოდიკა, რომელიც (ნახ. 5.5) წარმოდგენილია 5 ეტაპად:

პირველ ეტაპზე საჭიროა ლიტერატურული მასალებიდან აღებული რეტროსპექტრული მონაცემების ანალიზი საკვლევ აკვატორიაში ტანკერებიდან ჩაღვრების შესახებ, იგულისხმება (წიგნების, ჟურნალების მასალების და კონფერენციის შედეგების მონაცემები).

მეორე ეტაპზე ტარდება ტანკერების ავარიების ალბათობის განსაზღვრა ჩაღვრების გათვალისწინებით. ნავთობის ნახშირწყალბადების ჩაღვრების ალბათობა დამოკიდებულია რიგ ფაქტორებზე, რომელთაგან ძირითადია ნაოსნობის ინტენსიურობა, ტანკერის კონსტრუქციები და ნავიგაციის პირობები. მაგალითად ტანკერის მეჩქრზე დაჯდომისას, როცა მისი კორპუსის ფსკერი გაიხვრიტა დაზიანებული ტანკებიდან 5% ტვირთის გადმოღვრის ალბათობა არის 0,5, ხოლო 95% ტვირთის გადმოღვრის ალბათობა არის 0,002. თუ ტანკერი რაიმეს შეეჯახა 95% ტვირთის გადმოღვრის ალბათობა შეადგენს კიდევ უფრო მცირე სიდიდეს და დამოკიდებულია მის ადგილმდებარეობაზე ვატერლინიასთან (გემის კორპუსი ჰორიზონტალური კვეთა) მიმართებაში. ნახშირწყალბადების ჩაღვრის ანგარიში ეყრდნობა საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის სტატისტიკას, რომლის თანახმადაც ავარიის სიხშირე (ინტენსიური ნაოსნობის ზღვებისათვის) შეადგენს: მეჩქრზე დაჯდომისას 106 მილის მანძილზე - 5,4; იგივე მანძილზე შეჯახება - 1,9; იგივე მანძილზე კონსტრუქციის დაზიანებაზე 0,48, იგივე მანძილზე ხანძარსა და აფეთქებაზე - 0,063;

ამ მონაცემების გამოყენება და ავარიების წილის გათვალისწინება საშუალებას მოგვცემს გავიანგარიშოთ სიდიდე P - ანუ ტანკერის ავარიის ალბათობა ნავთობის ნახშირწყალბადების ჩაღვრით.

მესამე ეტაპის რისკის ანალიზი მდგომარეობს უდიდესი მოცულობის (M_{max} , ტონა) ჩაღვრების ალბათობის შეფასება. როგორც აღინიშნა ზემოთ, ტანკერის მეჩქრზე დაჯდომისას ფსკერის გახვრეტით ჩაღვრის ალბათობამ შეიძლება მიაღწიოს ტვირთის 5%-მა. გამოკვლევაში [25] ნაჩვენებია, რომ 1ტ-ზე მეტი ჩაღვრების სიხშირემ, მათი ტერმინალში შესვლისას, შეიძლება მიაღწიოს $5 \cdot 10^{-4}$. ამასთან ერთად ჩაღვრის წილი 1-დან 10 ტ-მდე ინტერვალში შეადგენს 0,79; 10-100 ტ-მდე ინტერვალში - 0,17; 100-1000 ტ-მდე ინტერვალში - 0,008, ე.ი. ტერმინალზე ყველა ჩაღვრების 96% არ აჭარბებს 100

ტონას. ამრიგად, სტატისტიკის თანახმად ტერმინალში ტანკერების შესვლის 100 ათას სიხშირეზე, შეიძლება მოხდეს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ორი ჩაღვრა მასით 100 ტ. და მეტი.

მეოთხე ეტაპი მდგომარეობს მაქსიმალური ზარალის გამოთვლაში ($Y_{მაქს}$, მილ. აშშ დოლარი). ამ ანგარიშისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ცხრილი 5.3.

მეხუთე ეტაპზე განსახილველი აკვატორიის პირობებისათვის გამოითვლება ზარალი (Y , მილ. აშშ დოლარი) გამოწვეული ნავთობის ნახშირწყალბადების ჩაღვრით, სადაც გათვალისწინებული იქნება სეზონის ბუნებრივ-კლიმატური პირობები, ნეგატიური მოქმედების დრო (τ), მანძილი სანაპირო ზოლამდე (L), ტაქსას სიდიდე (H , მილ. აშშ დოლარი). გაანგარიშების შედეგები მოტანილია ცხრილში 5.1.

ანალიზის მეექვსე ეტაპზე ფასდება ფარდობითი ზარალი ($Y_{ფარ}$), რომელიც წარმოადგენს ფარდობას $Y_{ფარ} = Y_{ფარ} / Y_{მაქს}$.

ბოლო დასკვნით ეტაპზე გამოითვლება მულტიპლიკატიური რისკი ფორმულით

$$R = P \cdot Y_{ფარ}.$$

და ბოლოს შეიძლება ვისარგებლოთ (5.4) მოდელით

$$Y = K_{\ell} \cdot K_{ბ,კ} \cdot K_{\mathcal{J}} \cdot K_{\sigma\delta} \cdot K_{\ell} \cdot (4,308M - 0,06), \text{ მილ. აშშ დოლარი}$$

ძირითადი დასკვნები

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოდ შემდეგი დასკვნები:

1. მას შემდეგ, რაც საქართველო გახდა დამოუკიდებელი და დაეუფლა თავის კანონიერ პერიმეტრს შავ ზღვაზე, სატრანსპორტო შემოსავლები გახდა ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების ძლიერი ბერკეტები;
2. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ჩაღვრის პროცესზე ადამიანის ფაქტორის პარალელურად გავლენას ახდენენ ზღვის წყლის ჰიდროქიმიური მაჩვენებლები - მარილიანობა და ტემპერატურა, სწორედ ამ ფაქტორზეა დამოკიდებული წყლის მახასიათებლის სტრუქტურა: სიმკვრივე, ხვედრითი მოცულობა, ფენების მდგრადობა, დინამიკური სიმაღლის განაწილება და სხვა;
3. ნავთობის ნახშირწყალბადებით საქართველოს შავი ზღვის სექტორის დაბინძურების ძირითადი წყაროები (ჩამონადენი ტონა წელიწადში): 1-სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო; 2-სამრეწველო; 3-თავსხმა წვიმა; 4-სამდინარო; 5-ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტრანსპორტირება; 6-ატმოსფერული ნალექები; 7-გრუნტის დამპინგი. საქართველოს საზღვაო აკვატორიაში გავრცელებულია ანალიტიკურ-ლიუმისცენციურ თვისებით ერთმანეთისაგან განსხვავებული ნავთობპროდუქტების ორი ტიპი, რომელიც ხასიათდება დიდი რაოდენობის ჩამონადენებით მდ. რიონისა და ჭოროხის შესართავებში;
4. წელიწადის სხვადასხვა დროს სამ ეტაპად ჩატარებულმა ექსპერიმენტალურმა კვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების განშლა არის ურთულესი პროცესი, როგორც ვიზუალურად, ასევე მათემატიკურ-ანალიზური თვალსაზრისითაც, რადგან მათზე მოქმედებენ მრავალრიცხოვანი ფაქტორები: წყლის სახე (საზღვაო და სამდინარო); ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის მარკა; კლიმატური პირობები; ჩაღვრილი მასის დაცილება სანაპიროდან და სხვა ანტროპოგენური მოვლენები;
5. ნავთობლაქას განშლის საწყისი სტადიის პროგნოზირების მოდიფიცირებული მათემატიკური მოდელით განისაზღვრა: ნავთობის ლაქას განშლის პროცესის პირველი ფაზიდან მეორეში, მეორე ფაზიდან მესამეში გადასვლის დრო და ასევე მესამე ფაზის ხანგრძლივობა; ნავთობლაქას განშლის რადიუსი, ფართობი და

- ლაქას ფენის სისქე ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის სიმკვრივეზე (ρ_H), ჩაღვრის მოცულობებზე (V) და განშლის დროზე (t) დამოკიდებულებით;
6. დამუშავებული მეთოდიკა ითვალისწინებს ჩაღვრილი ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების წყლის ზედაპირზე ქმედების სცენარს, ნავთობის განშლისა და მისი სანაპიროს პერიმეტრზე გავრცელების საწინააღმდეგო საშუალებების, კერძოდ ნავთობლაქების ლიკვიდაციისათვის საჭირო ბონური ღობურების სიგრძისა და რაციონალური შემადგენლობის განსაზღვრას;
 7. საზღვაო ეკოსისტემის მიმართ რისკების შეფასებაში კორელაციური მიდგომა საშუალებას გვაძლევს გავითვალისწინოთ ტანკერების ავარიების, სალიკვიდაციო ღონისძიებების დაგვიანების, საწყლოსნო ობიექტების, ბუნებრივ-კლიმატური პირობების, სანაპიროდან დაცილების; ჩაღვრის მოცულობების და სხვა ფაქტორების ალბათობა - წელიწადის დროის გათვალისწინებით;
 8. ეკოლოგიურ გარემოში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის ავარიული ჩაღვრის რისკების კომპლექსური ანალიზის დროს აუცილებელია ხუთი განსაკუთრებული ასპექტის გათვალისწინება (მათემატიკურ-სტატისტიკური, ფიზიკურ-ქიმიური, ტოქსიკოლოგიური, ეკოლოგიურ-ტოქსიკოლოგიური და ეკოლოგიურ-ეკონომიკური), რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ ჩავატაროთ წელიწადის სხვადასხვა დროს შესაბამისი მოსალოდნელი ზარალის პროგნოზირება;
 9. ჩვენს მიერ კორექტირებულია ნავთობისა და ნავთობპროდუქტის ჩაღვრების შედეგად მიყენებული ზარალის გამოსათვლელი ფორმულა (5.4), რომელშიც ბუნებრივ-კლიმატური, ეკოლოგიური, ინდექსაციის (ვალუტასთან ფარდობა) და ჩაღვრების ლიკვიდაციისათვის დაგვიანებული დროის კოეფიციენტების გარდა შეტანილია ექსპერიმენტების შედეგების მაჩვენებლები რეგრესული განტოლებების სახით.

ლიტერატურა

1. საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს საზღვაო ტრანსპორტის სააგენტოს დირექტორის ბრძანება № 019, ბათუმი. 2012
2. საქართველოს საზღვაო კოდექსი. თბილისი, 1997
3. Алимов В.Т. Техногенный риск. Анализ и оценка.-М.: ИКЦ «Академкнига», 2004.- 118 с.
4. Альхименко А.И. Аварийные разливы нефти в море и борьба с ними.-СПб.: ОМ-Пресс, 2004.-229 с.
5. Айбулатов Н.А., Артюхин Ю.В. Геоэкология шельфа и берегов мирового океана /- СПб.: „Гидрометеоиздат“, 1993.-304 с.
6. Антониади Д.Г., Валуйский А.А., Гарушев А.Р. Состояние добычи нефти методами повышения нефтеизвлечения в общем объеме мировой добычи „Нефтяное хозяйство“.-1999.-№1.-С.16-23.
7. Архипов В.В. Математическое моделирование распространения нефтяных разливов в морской среде. М.: Изд. ВЦ РАН, 2001.- 55 с.
8. Гамзаев Х.М. Моделирование растекания нефтяной пленки по Балтийского моря. Изд. НП „Стратегия Будущего“, 2006.- 476 с.
9. Батуева И.Ю., Гайле А.А., Поконова Ю.В. и др. Химия нефти. Ленинград: „Химия“, - 1984. – 360 с.
10. Башкин В.А. Экологические риски.-М.: Высшая школа 2007. – 360 с.
11. Батоян В.В. Принципы районирования Территории СССР по устойчивости поверхностных вод к загрязнению при нефтедобычи; Вопросы географии. Сборник 120. Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. М: „Мысль“, 1983.- С.118-130 .
12. Березин И.К., Дмитриев А.Ф., Крупнов О.Р. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на Неве и в Финском заливе. „Жизнь и безопасность“ –СПб.: 2004. – С. 133-138.
13. Беляева О.И. О загрязнении ливневых стоков, поступающих в прибрежную зону Черного моря (обзор). Серия „География“. Том 25(64) - №4.-2012. –С. 20-27.
14. Бедрицкий А.И., Асмус В.В., Кровотынцев В.А., Лаврова О.Ю., Островский А.Г. Спутниковый мониторинг загрязнения российского сектора Черного и Азовского морей в 2003 – 2007 гг. „ Метеорология и гидрология“ – 2007. - №11. – С. 5-13.

15. Березин И.К., Крупнов О.Р., Яковлев В.В. Система обеспечения экологической безопасности при аварийных разливах нефтепродуктов на территориях Санкт-Петербурга. // Международный форум „Инновационные технологии XXI века для рационального природопользования, экологии и устойчивого развития“. М.: 2004.
16. Биненко В.И. Чрезвычайные ситуации в современном мире и проблемы безопасности жизнедеятельности. – СПб.: „Интеграция“, 2004 – 400 с.
17. Богдашкина В.И. Экологические аспекты загрязнения водной среды нефтяными углеводородами, пестицидами и фенолами. Мат. 2-ой Всесоюзной школы, Ереван, 11 – 1992
18. ბენაშვილი ნ. შავი ზღვის საქართველოს ეკოგეოქიმიის საკითხები. დისერტაცია ეკოლოგიის დოქტორი აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი, 2012.
19. Ваганов П.А. Экологические риски. – СПб.: изд. СПб. ГУ, 2001. – 152 с.
20. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1973. – 376 с.
21. Вылкован А.И., Венцюлис Л.С. и др. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти. СПб, Центр-Техинформ, 2000.
22. Владимиров А.М. Охрана окружающей среды. Ленинград: „Гидрометеоиздат“, 1991.- 424 с.
23. Виноградов М.Е. Современные тенденции изменения экосистемы Черного моря. М. „Наука“. – 1987. – 389 с.
24. Виноградова О.К. Наступление на Черное море „ Политика и управление“ – 2011. - №9. – С. 70-74.
25. Воробьев Ю.Л. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов М.: „Ин-октаво“, 2005. – 368 с.
26. Герлах С.А. Загрязнение морей. Диагноз и терапия. Ленинград Л.: „Гидрометеоиздат“, 1985. – 264 с.
27. Гидрометеорологические риски. Под ред. Проф. Л.Н. Карлина. – СПб.: Изд. РГТМУ, 2008. – 282 с.
28. Гнеденко Б.В. Математика и теория надежности. – М.: „знание“, 1981. - 64с.
29. Гнатюк В.И. Закон Оптимального построения техноценозов. – М.:изд. ТГУ „Центр системных исследований“, 2005. – 384 с.
30. Глумов И.Ф., Кочетков М.В. Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря. М.: „Недра“, - 1996. – 502 с.

31. Дембицкий С.И., Лаврентьев А.В., Ларионов А.В., Уртенев М.Х. Динамика нефтяного пятна с учетом процессов деструкции. Математические модели; Изв. вузов. Сев.-Кав. регион. „Естественные науки“, 2004. №1. С. 6-10.
32. Деньга Ю.М., Лисовский Р.И., Михайлов В.И. Нефтяное загрязнение в экосистемах Черного моря. Одесса: ЦНТПИОНЮА, - 2003. – С.123-134.
33. Журбас В.М. Основные особенности распространения нефти в море. М.: ВИНТИ, 1978. – Т.12 – С.144-159 .
34. Карлин Л.Н. Управление энвиронментальными и экологическими рисками.-СПб.: Изд. РГГМУ, 2006. – 332 с.
35. Кацман Ф.М. Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства. „Транспорт Российской Федерации“. – 2006.-№5. –С. 82-84 .
36. Комаров А.В., Кочетков М.В. Комплексное исследование техногенного загрязнения в прибрежной зоне Кавказского шельфа Черного моря. Геленджик, 1994.
37. Коротенко К.А. Моделирование процесса распространения пятен нефти в прибрежной зоне Каспийского моря. „Океанология“-2001. Т.41, №1.- С.42-52 .
38. Крупнов О.Р. Аварийные разливы нефтепродуктов на акватории Санкт-Петербурга: Изд-о НПО „профессиональ“, 2008-822с.
39. Кудрявцев А. 100 великих катастроф XX века. – М.: Мартин, 2000. - 463 с.
40. Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А. Нефтяное загрязнение в водных экосистемах. Саарбрюккен: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. - 196 с.
41. Кузнецов А.Н. Закономерности трансформации нефтяного загрязнения в водных экосистемах: дис. канд. геогр. наук – Ростов-на-Дону – 2005. – 175 с.
42. Иванов А.Ю., Евтушенко Н.В. Естественные нефтепроявления в юго-восточной части Черного моря по данным космической радиолокации „ Земля из космоса“ – 2012.- №12. – С.64-71.
43. Ильин И.Е. Изучение опасности перераспределения загрязнителей химической и биологической природы в водной среде. „Гигиена и санитария“. – 1986. - №6.-С. 8-11.
44. Измалков В.И. техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – СПб.: изд. НИЦЭБ РАН, 1998. – 482 с.
45. Исидоров В.А. Введение в химическую. – СПб.: Химиздат, 1999. – 144 с.
46. Леонов А.В., Пищальник В.М. Анализ условий трансформации нефтяных углеводородов в морских водах и моделирование процесса в заливе Анива „Водные ресурсы“. – 2005. Т 32. - №6. – С. 712-726.

47. Leo, A. Partition Coefficients and Their Uses [Text] / A. Leo, C. Hansh, D. Elkins // Chtm. Rew. – 1971. – 71. – P.525.
48. Люблина, И.А., Голоконцев, В.А., Филов. – М. : „Медицина“, 1973. – 246 с.
49. Лукин А.Е. Основные закономерности формирования залежей нефти и газа в Черноморском регионе „Геология и полезные ископаемые Мирового океана“. – 2006. №3. – С.10-21.
50. Ландау М. А. Молекулярные механизмы действия физиологически активных соединений. М. „Наука“,: 1981,-262 с.
51. Лыков И.Н. Техногенные системы и экологический риск: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: изд. ИПЦ „Глобус“, 2005. – 262 с.
52. Мазур И.И. Экономика должна быть экологичной. „ Нефть России“. – 1997. №10. – С.31-36.
53. Матишов Г.Г., Бердигов С.В., Савицкий Р.М. Экосистемный мониторинг и оценка воздействия разливов нефтепродуктов в Керченском проливе. Изд-во ЮНЦ РАН. – 2008. – 78 с.
54. Маркизова Н.Ф. Токсикология нефтепродуктов: методическое пособие. – СПб.: „Невский диалект“, 2003. – 128 с.
55. Методологическое указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов: РД 08-120-96. Утв. Постановлением Госгортехнадзора от 12.7.96 №29. –М., 2000.
56. Мерициди И.А. Техника и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: Справочник. – СПб.: НПО „Профессионал“, 2008. – 824 с.:
57. Миронов О.Г. К вопросу о роли нефтеокисляющих микроорганизмов в самоочищении и индикации нефтяного загрязнения в море „ Океанология“. – 1970. – 10 вып.5. – С. 820-827.
58. Мохсен А.М.А. Физико-химический аспект анализа риска при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов: мат. междунар. науч. кон. Ростов-на-Дону: южный научный центр. Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН (2008). – С.187-189 .
59. Микробиология загрязненных вод.- М.: „Медицина“, 1976. -323 с.
60. Мохсен А.М.А. Фруммин Г.Т. Токсикологические аспекты анализа риска для водных экосистем при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания

- Географического института в Петрограде и 90-летию отечественного высшего географического образования (3-4 декабря 2008 года). СПб.: ВВМ, – С.672-678.
61. Мохсен А.М.А. Оценка риска для водных экосистем при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов. – СПб. – 2008.-Т.61. – С. 307-315.
 62. Монин А.С. Явления на поверхности океана. – Л.: „Гидрометеиздат“, 1985. – 376 с.
 63. Никаноров А.М., Стародомская А.Г. Роль Биогенных углеводов в оценке нефтяного загрязнения пресноводных объектов, „Водные ресурсы“, 2009. – Т.36. – С. 61-67.
 64. Никаноров А.М., Стародомская А.Г. Идентификация источников нефтяного загрязнения водных объектов, „Водные ресурсы“, 2009. – Т.36. – С. 175-181.
 65. Никаноров А.М., Стародомская А.Г. Загрязнение водных объектов в районах воздействия топливно-энергетического комплекса, „Метеорология и гидрология“. – 2003. – №4. – С.81-90.
 66. Никаноров А.М., Стародомская А.Г. Проблемы нефтяного загрязнения пресноводных экосистем. Ростов-на-Дону: НОК, - 2008. – 222 с.
 67. Никаноров А.М., Стародомская А.Г. Нефтепродукты в донных отложениях пресноводных объектов. „Водные ресурсы“. – 2003. – Т.30. - №1.- С. 106-110.
 68. Немировская И.А. Нефтяные углеводороды в океане. „Природа“ – 2008. - №3.
 69. Нельсон-Смит А. Нефть и экология моря. – М.: „Прогресс“, 1977. – 302 с.
 70. Нестерова М.П., Мамаев А.Б., Матвейко П.Е. Процессы деструкции нефтяных агрегатов на поверхности моря. „Океанология“. – 1984. - №2. – С. 289-294.
 71. ნიქარბე ე., მამულაშვილი ბ. ნავთობისა და გაზის ქობია. ბათუმი, 2010. გვ. 148.
 72. Платпира В. Биологические последствия нефтяного загрязнения. – Л.: „Гидрометеиздат“, 1988. – С. 210-219.
 73. Purcell, W.P. Strategy of drug deign. A guide to biological activity [Text] / W.P. Purcell, G.E. Bass, J.M. Clayton. – New York: Wiley-Interscience, 1973. – 194 p.
 74. Семанов Г.Н., березин И.К., Куликов Р.В. План по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Санкт-Петербурга на 2004-2008 годы // СПб.: 2005.
 75. Семанов Г.Н. Разлиивы нефти в море и обеспечение готовности к реагированию на них . „Транспортная безопасность и технологии“: журнал-каталог. – 2005. - №2.
 76. Стародубцев Е.Г., Родионов Н.А. Влияние нефтяного загрязнения на морские организмы „ Комплексные исследования проблемы антропогенного загрязнения океана“. Владивосток. – 1981. – С. 74-93.

77. Stroop, D.V. Behavior of fuel oil on the surface of the sea [Text]: Report on oil pollution experiments / U.S. House of representatives committer on rivers and Harbors (doct. 10525). – Washington, 1930. – P.41-49.
78. Спицын Ю.Г. Оценка риска в социально-экономической и техногенной сферах. – СПб., 2000. – 60 с.
79. Сынзыныс Б.И. Экологический риск: учебное пособие для вузов. – М.: „Логос“, 2005. – 168 с.
80. Tanis, J.J.C. The impact of oil pollution on sea birds in Europe [Text] / J.J.C. Tanis, M.F. Morzer Bruijns // Proc. Int. conf. oil. Pollut. Sea. – Rome, 1968. – P.67-74.
81. Тихомиров Н.П. Методы анализа и управление эколого-экономическими рисками. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 350 с.
82. The Control of Oil Pollution / Edited by J.Wardley-Smith. Graham and Trotman Publishers. – London, 1983. 285 p.
83. Царев В.А. Методика краткосрочного прогноза последствий аварийного разлива нефти в Азовском море „ Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа“: сб.науч. трудов. Вып. 14.- Севастополь, 2006. – С. 225-229.
84. Часовников В.К., Гицба Я.В., Эуба Я.А., Чжу В.П. Уровень загрязнения нефтепродуктами в российском и грузинском секторе Черного моря // Материалы XXIV Международной береговой конференции „Морские берега – эволюция, экология, экономика”. – Т.2. – 2012. – С.99-103.
85. Фащук Д.Я. Шапоренко С.И. Загрязнение прибрежных вод Черного моря: источники, современный уровень, межгодовая изменчивость. „Водные ресурсы“, - 1995. – том 22. - №3. – С.271-281.
86. Фащук Д.Я., Овсиенко С.Н., Леонов А.В. и др. Геоэкологические последствия аварийных морских разливов нефти. Известия РАН. Серия географическая. – 2003. - №5. – С. 57-73.
87. Флудгейт Дж.Д. Биологический распад углеводов в морской воде. – М.: „Медицина“, 1976. – С.135-150.
88. Фрумин Г.Т. Анализ риска при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов. – СПб.: изд. „Макси-Принт“, 2009. – С.67-69.
89. Фрумин Г.Т. Токсикологический аспект анализа рисков при аварийных разливах нефтепродуктов: мат.международ. научн.-прак. конф. Т.1 – М.: изд. РУДН. 2009. – С.219-223.

90. Шехтер Ю.Н. Маслорастворимые поверхностно-активные вещества. – М.: „Химия“, 1978. – 304 с.
91. Щеголев В.И. Типичные аварийные случаи с морскими судами. – СПб.: изд. ЗАО „ЦНИИМФ“, 1994. – 144 с.
92. Яйли Е.А. Риск: анализ, оценка, управление. – СПб.: изд. РРГМУ, ВВМ, 2005. – 234 с.
93. Яковлев В.В. Экологическая безопасность, оценка риска. Монография - СПб.: СПбГПУ, 2007. - 399с.
94. Wang, K. Filamin, a new high-molecular-weight and non-muscle cells. -PNAS.- 1975.-72.
95. Mackay, D. Oil Spill Process and Models. -Ottava, Canada: Ed. Enviroment Canada, 1980.
96. Venkatesh, S. The oil Spill Behaviour Model of the Canadien Atmosferic Enviroment Service. Part I: Theory and model Evaluation / S. Venkatesh-Atmosferic Enviroment Service 4905 Dufferin Street. Downsview, Ontario
97. Oil Tanker Spill Statistics 2012, ИТОПФ, 2012, 12 p.с м
98. [Key World Energy Statistics 2014](#) . OECD, IEA 2014
99. <http://www.mta.gov.ge>

Труды опубликованные автором:

100. Assoc. Prof. Dr. Chogovadze J. T./ Full Prof., Dr. Kochadze T., Dr. eng. Tsetskhladze R. THE PROBLEMS OF OIL TRANSPORTATION SAFETY. MACHINES, TECHNOLOGIES, MATERIALS /International virtual journal Varna-Bulgaria, 2013, p. 69–70
101. ჩოგოვაძე ჯ. ცეცხლაძე რ., ჭაბუკიანი რ. საქართველოს საზღვაო პორტების პერსპექტივა ტვირთების გადაზიდვის ლოჯისტიკურ ჯაჭვში. მე-2 საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „ენერჯეტიკა: რეგიონალური პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ ქუთაისი. 2013, გვ.310–313
102. Цецхладзе Р., Чоговадзе Дж., Чабукиани Р. Анализ системы перемещения нефтепродуктов по акватории грузинского побережья. Международная научно-практическая конференция наука и инновационные технологии / Сборник трудов. Кутаиси, 2014, 403-405 с.
103. Dr. eng. Tsetskhladze R., Assoc. Prof. Chogovadze J. Emeritus R. Chabikiani. A MATHEMATICAL MODEL OF OIL SPILL DIFFUSION IN NEAR-SHORE ZONE OF

GEORGIA. MACHINES, TECHNOLOGIES, MATERIALS / International virtual journal. Issue 7. Sofia, Bulgaria. 2014, P. 20-22.

104. Dr. eng.Tsetskhladze R., Assoc.Prof. Chogovadze J.,Assoc.Prof.Lomidze A., Assoc.Prof.Mardaleishvili N. Determination of Oil Spill Parameters in the Process of Oil and Oil Products Spreading on the Water Surface. MACHINES, TECHNOLOGIES, MATERIALS /International journal. Issue 9. Sofia, Bulgaria. 2015, P. 3-5.
105. Цецхладзе Р., Чоговадзе Дж., Чабукиани Р. Экспериментальное исследование процесса растекания при аварийных разливах нефтепродуктов / Сборник трудов. Кутаиси, 2015.

დანართები

დანართი 1 (3.2.1)

იხ. ცხრ. 3.1. და ნახ. 3.2

F, ϑ^2	0,5	0,7	1,2	1,5
$T, \text{საათო}$	0,7	1,0	2,0	3,0

$$\begin{cases} 4t + \sum_{i=1}^n t_i = \sum F_i \\ a \sum_{i=1}^n t_i + b \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum t_i F_i \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^4 t = 0,7 + 1,0 + 1,2 + 1,5 = 2,4$$

$$\sum_{i=1}^4 t^2 = 0,49 + 1,0 + 1,44 + 2,25 = 5,18$$

$$\sum_{i=1}^4 t_i F_i = 0,7 \cdot 0,5 + 1,0 \cdot 0,7 + 1,2 \cdot 1,2 + 1,5 \cdot 1,5 = 4,74$$

$$\begin{cases} 4a + 2,4b = 3,9 \\ 2,4a + 5,18 = 4,74 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 \cdot 2,4 \\ 2,4 \cdot 4,74 \end{vmatrix} = 3 \cdot 4,74 - 2,4 \cdot 2,4 = 14,37 - 5,76 = 8,67$$

$$\Delta a = \begin{vmatrix} 3,9 \cdot 2,4 \\ 4,74 \cdot 3,9 \end{vmatrix} = 3,9 \cdot 3,9 - 4,74 \cdot 2,4 = 3,84$$

$$\Delta b = \begin{vmatrix} 3 \cdot 3,9 \\ 2,4 \cdot 4,74 \end{vmatrix} = 3 \cdot 4,74 - 2,4 \cdot 3,9 = 14,22 - 9,36 = 4,84$$

$$a = \frac{\Delta a}{\Delta} = \frac{3,84}{8,67} = 0,44; \quad b = \frac{\Delta b}{\Delta} = \frac{4,84}{8,67} = 0,55; \quad F = 0,44 \cdot t - 0,55, \quad \text{მ}^2$$

დანართი 2 (3.4)

$$\begin{aligned} \rho_H &:= 870 & \rho_B &:= 1011 & g_{\text{კვ}} &:= 9,81 & kt &:= 2,1 & kv &:= 1,4 \\ ki &:= 1,1 & \delta_{\text{კვ}} &:= 1 - \frac{\rho_H}{\rho_B} & \sigma &:= 0,02 & \nu &:= 1,3 \cdot 10^{-6} \\ V_4 &:= 200 \text{ მ}^3 & V_5 &:= 300 \text{ მ}^3 & V_1 &:= 250 \text{ მ}^3 \\ V_2 &:= 50 \text{ მ}^3 & V_3 &:= 100 \text{ მ}^3 & W_1 &:= C \text{ მ}^3/\text{წმ} \\ W_2 &:= 10 \text{ მ}^3/\text{წმ} & W_3 &:= 20 \text{ მ}^3/\text{წმ} \end{aligned}$$

$$S11(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V1^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V1^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W1^{\frac{3}{4}}$$

$$S21(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V2^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V2^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W1^{\frac{3}{4}}$$

$$S22(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V2^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V2^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W2^{\frac{3}{4}}$$

$$S23(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V2^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V2^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W3^{\frac{3}{4}}$$

$$S12(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V1^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V1^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W2^{\frac{3}{4}}$$

$$S13(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V1^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V1^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W3^{\frac{3}{4}}$$

$$S31(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V3^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V3^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W1^{\frac{3}{4}}$$

$$S32(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V3^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V3^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W2^{\frac{3}{4}}$$

$$S33(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V3^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V3^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W3^{\frac{3}{4}}$$

$$S41(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V4^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V4^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W1^{\frac{3}{4}}$$

$$S42(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V4^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V4^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W2^{\frac{3}{4}}$$

$$S43(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V4^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V4^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W3^{\frac{3}{4}}$$

$$S51(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V5^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V5^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W1^{\frac{3}{4}}$$

$$S52(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V5^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V5^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W2^{\frac{3}{4}}$$

$$S53(t) := 227\delta^{\frac{2}{3}} \cdot V5^{\frac{2}{3}} \cdot t^{\frac{1}{2}} + \delta^{\frac{1}{3}} \cdot V5^{\frac{1}{3}} \cdot t \cdot W3^{\frac{3}{4}}$$

$$t_{21} := \left(\frac{kv}{kt}\right)^2 \cdot g^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{\rho_B \cdot V1^{\frac{2}{3}} \cdot v^{\frac{1}{3}} \cdot \delta^{\frac{1}{3}}}{\sigma}$$

$$t_{12} := \left(\frac{kv}{ki}\right)^4 \cdot V2^{\frac{1}{3}} \cdot (g \cdot \delta)^{\frac{-1}{3}} \cdot v^{\frac{-1}{3}}$$

$$t_{22} := \left(\frac{kv}{kt}\right)^2 \cdot g^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{\rho_B \cdot V2^{\frac{2}{3}} \cdot v^{\frac{1}{3}} \cdot \delta^{\frac{1}{3}}}{\sigma}$$

$$t_{11} := \left(\frac{kv}{ki}\right)^4 \cdot V1^{\frac{1}{3}} \cdot (g \cdot \delta)^{\frac{-1}{3}} \cdot v^{\frac{-1}{3}} \quad t_{13} := \left(\frac{kv}{ki}\right)^4 \cdot V3^{\frac{1}{3}} \cdot (g \cdot \delta)^{\frac{-1}{3}} \cdot v^{\frac{-1}{3}}$$

$$t_{23} := \left(\frac{kv}{kt}\right)^2 \cdot g^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{\rho_B \cdot V3^{\frac{2}{3}} \cdot v^{\frac{1}{3}} \cdot \delta^{\frac{1}{3}}}{\sigma}$$

$$t_{14} := \left(\frac{kv}{ki}\right)^4 \cdot V4^{\frac{1}{3}} \cdot (g \cdot \delta)^{\frac{-1}{3}} \cdot v^{\frac{-1}{3}}$$

$$t_{24} := \left(\frac{kv}{kt}\right)^2 \cdot g^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{\rho_B \cdot V4^{\frac{2}{3}} \cdot v^{\frac{1}{3}} \cdot \delta^{\frac{1}{3}}}{\sigma}$$

$$R1_{i,j} := ki \left[g \cdot V_j \cdot \delta \cdot (t_i)^2 \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$R2_{i,j} := kv \cdot \left[g \cdot (V_j)^2 \cdot \delta \cdot (t_i)^2 \cdot \frac{1}{v^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{1}{6}}$$

უდიდესი კატასტროფები და ისტორიები

ნავთობი ითვლება ყველაზე რეალიზებად პროდუქტად მსოფლიოში. ნავთობის გლობალურმა მსოფლიო ბაზარმა XX საუკუნის შუა პერიოდში აიძულა კომპანიები ნავთობის გადასაზიდად გამოეყენებინათ სუპერტანკერები და გაეზარდათ მისი მოპოვება ღია ზღვებში ყოველგვარი რისკების იგნორირების გარეშე.

კატასტროფების შედეგად (ცხრ. 1) ნავთობის მრავალკილომეტრიანმა ლაქებმა ათეული წლების განმავლობაში გაანადგურა ათასობით ფრინველი და თევზის სახეობა, მიაყენეს დიდი ზარალი ველურ ბუნებას ნავთობის ლოკალიზაციის შემდეგაც კი.

ნავთობის ჩაღვრასთან დაკავშირებული უდიდესი კატასტროფები

ცხრილი 1

გემების სახელწოდება	კატასტროფის წელი	კატასტროფის ადგილი	ნავთობის ჩაღვრა (ათ. ტ)
Torrej Canyon	1967	დიდი ბრიტანეთის კუნძულების ზონაში	119
Wafra	1971	აგულიანსის კონცხის ახლოს (სარ)	40
Metula	1974	მაგელანის სრუტეში	50
Jakob Maersk	1975	პორტუგალია	88
Urguiola	1976	ლა-კარუნია, ესპანეთი	100
Hawaiian Patrol	1977	წყნარი ოკეანე, 300 მილი გონოლულის (ჰავაი) დასავლეთით.	95
Amoco Cadiz	1978	ბრეტანიის ახლოს (საფრანგეთი)	223
Independenta	1979	ბოსფორის სრუტეში (თურქეთი)	95
Atlantic Empress	1979	ვენესუელას ჩრდილოეთით 40 კმ-ზე	287
Assimi	1983	ომანის სრუტე, მასკატადან 55 საზღვაო მილი	53
Castillo de Bellver	1983	ატლანტიკა, სალდანიის სრუტეს ახლოს (სარ)	252
Odyssey	1988	ატლანტიკა, 700 საზღვაო მილი აღმოსავლეთით ახალ შოტლანდიასთან (კანადა)	132
Exxon Valdez	1989	ალიასკის ნაპირებთან (აშშ)	37
Klark 5	1989	ატლანტიკა, 120 საზღვაო მილი	80

		მაროკოს დასავლეთით	
Haven	1991	გენუა (იტალია)	144
ABT Summer	1991	ატლანტიკა, 700 საზღვაო მილი ანგოლის დასავლეთით	260
Katina P.	1992	პორტ მატუზუს (მოზამბიკა) ახლოს	72
Aegean Sea	1992	ლა-კორუნია (ესპანეთი)	74
Braer	1993	შოტლანდიის კუნძულები (დიდი ბრიტანეთი)	85
Sea Empress	1996	მილფორდი ხეივანის პორტი (დიდი ბრიტანეთი)	72
Erika	1999	ბრესტი (საფრანგეთი)	20
Nakhodka	1999	ოკის კუნძული (იაპონია)	17,5
Prestige	2002	ლა-კორუნა (ესპანეთი)	77
Tasman Spirit	2003	კარაჩი (პაკისტანი)	28
Волгонефть-139	2007	ქერჩის სრუტე	2
Hebaei Spirit	2007	ყვითელი ზღვა, სამხრეთ კორეა	

თანამედროვე ისტორიაში „ტორი კანიონი“ იყო პირველი ახლად აგებული სუპერ ტანკერი, რომლიდანაც ზღვაში ჩაიღვარა პირველი მასშტაბური რაოდენობის ნავთობი. ნაცვლად 60 ათასი ტონა წყალწყვისა, მისმა მფლობელმა ჩატვირთა 120 ათასი ტონა, რაც გახდა მისი კატასტროფის ძირითადი მიზეზი 1967 წ. (ნახ.1).



ნახ. 1. ტანკერ „ტორი კანიონის“ (დიდი ბრიტანეთი) კატასტროფა.

ამ გემის სილას არქიპელაგის რიფებთან შეჯახების გამო (სამხრეთ ბრიტანეთი) ზღვაში ჩაიღვარა 110 ათასი ტ. ნავთობი, ხოლო ნავთობის ლაქა გაიშალა 270 კვ. მილზე. დაბინძურდა 180 მილის სიგრძის სანაპირო ხაზი. სანამ ნავთობის ლაქა ამოიღეს დაილუპა 15 ათასი ფრინველი და დიდი რაოდენობით ცხოველი. ასეთი ზარალი გამოიწვია იმან, რომ ლიკვიდაციისათვის გამოყენებული იქნა ტოქსიკური გამხსნელი, რომელიც არ გამოდგა ეფექტური.

სამხრეთ კორეის სუპერტანკერი Sea Star შეეჯახა ბრაზილიის ტანკერს Horta Barbosa -ს. შეჯახების (ნახ.2) შედეგად გემის ბაქანზე გაჩნდა ხანძარი და ეკიპაჟი იძულებული გახდა დაეტოვებინა გემბანი. ხანძარი ჩააქრეს მთელი დღის განმავლობაში, თუმცა მეორე ტანკერი Sea Star ჩაიძირა 24 დეკემბერს აფეთქებების სერიის შემდეგ.



ნახ.2. სამხრეთ კორეის სუპერტანკერის Sea Star შეეჯახა ბრაზილიის ტანკერს Horta Barbosa -ს.

1988 წ. 10 ნოემბერს 1300 კმ-ზე ახალი შოტლანდიის (კანადა) ნაპირებიდან ტანკერმა „Odessey“ განიცადა კატასტროფა (ნახ.3). ზღვაში ჩაიღვარა 132 157 ტ. ნავთობი.



ნახ. 3. ლიბერიის ტანკერის „Odyssey“ (კანადა) კატასტროფა.

ეს ტანკერი ეკუთვნოდა მილიონერს სტელიოსე ხაჯი-იონას. იგი მოულოდნელად აფეთქდა გენუის ახლოს. დაიღუპა ეკიპაჟის 5 წევრი, ხოლო ზღვაში ჩაიღვარა 126 ტ. ნავთობი. ტანკერის დაღუპვის მიზეზი იყო მისი გაუმართაობა (ნახ.4).



ნახ. 4. M/T Haven (გენუა) ტანკერის კატასტროფა.



ნახ. 5. ART Summer (ანგოლა) დაღუპვა.

1991 წ. 28 მაისს ინგლისის ახლოს აფეთქდა ტანკერი, რომელზეც იყო 260 ათასი ტ. ნავთობი. ტანკერი იწვოდა 3 დღეღამის განმავლობაში, თუმცა ეკოგარემოს მნიშვნელოვანი ზარალი არ განუცდია. ნახ. 5.



ნახ. 6. Amoco Cadiz (საფრანგეთი) ტანკერის კატასტროფა

1978 წ. ტანკერი Amoco Cadiz დაჯდა რიფზე საფრანგეთის სანაპიროსთან (ნახ. 6). ნავთობის სწრაფი ლოკალიზაცია ვერ მოხერხდა შტორმული ამინდის გამო. შედეგად დაიღუპა 20 ათასი ფრინველი. გადარჩენაში მონაწილეობდა 7000 კაცი, ზღვაში ჩაიღვარა 223 ათასი ტ. ნავთობი. ნავთობის ლაქა გაიჭიმა 200 კვ. კილომეტრზე, მათგან 360 კმ-ის სანაპირო ხაზზე (საფრანგეთის სანაპიროზე). ეს კატასტროფა იყო უმსხვილესი მთელი ევროპის ისტორიაში.

შემთხვევა მოხდა (ნახ.7) ქ. კეიპტაუნიდან 100 კმ-ზე, ტანკერი დაიწვა და გაიხლიჩა შუაზე. ინდოეთის ოკეანეში ჩაიღვარა 250 ათასი ტონაზე მეტი ნავთობი. დინებამ ნავთობის ლაქა წაიღო ოკეანეში, და სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკის (სარ) სანაპირო არ დაბინძურებულა.



ნახ. 7. ტანკერ Castillo de Bellver (სარ) კატასტროფა.



ნახ. 8. ნავთობის ტანკერის შეეჯახება პლატფორმასთან Novrur (ირანის სრუტეში)

1983 წელს ირანსა და ერყას შორის ომის დროს სანავთობო ტანკერი (ნახ.8) შეეჯახა ირანის სრუტეში არსებულ ბაქანს Nowruz, დააზიანა მის ქვეშ არსებული ჭაბურღილი. რამოდენიმე თვის განმავლობაში ვერ მოხერხდა გაჟონვის აღმოფხვრა. ზღვაში ჩაიღვარა 250 ათასი ტონა ნავთობი.

ორი ტანკერი შეეჯახეს ერთმანეთს ტრინდადო და ტაბოგოს სანაპიროსთან ახლოს (ნახ.9). შეეჯახების შედეგად ორივე გემი დაიწვა და ზღვაში ჩაიღვარა 290 ათასი ტონა ნავთობი. ერთერთი ტანკერი ჩაიძირა. კატასტროფა მოხდა ღია ზღვაში და არც ერთი კუნძულების სანაპირო არ დაზარალებულა.



ნახ.9. Atlantic Empress და Aegean Captain ტანკერები შეეჯახა ერთმანეთს.

2007 წ. 11 ნოემბერს აზოვისა და შავი ზღვის საზღვარზე შტორმის შედეგად უპრეცედენტო კატასტროფა განიცადა ტანკერმა „Волгонефть-139“, რომელიც მოძრაობდა სამარადან. ზღვაში ჩაიღვარა 2 ათასი ტ. მაზუთი. (ნახ. 10).



ნახ.10. ქერჩის სრუტეში ტანკერის „Волгонефть-139“ კატასტროფა.



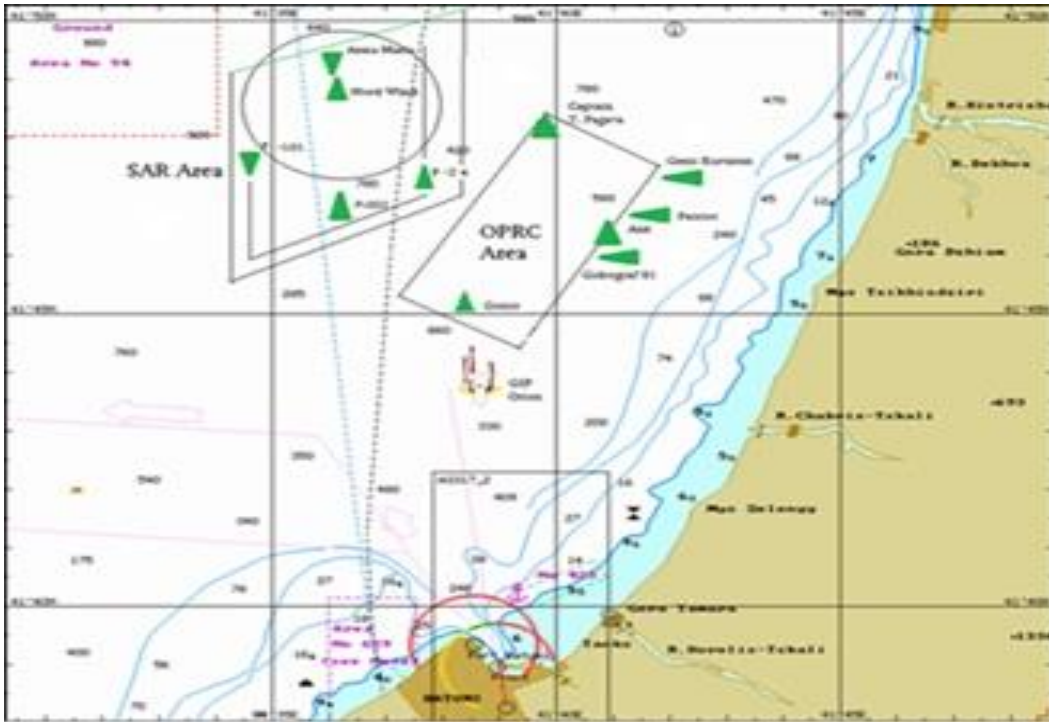
ნახ. 11. ნავთობის ტანკერისა და ბუქსირის შეჯახება აშშ-ში.

2010 წ. 23 ნოემბერს დილის 9 სთ-ზე აშშ-ს სანაპიროზე მოხდა ტანკერის შეჯახება ბუქსირთან (ნახ. 11). ეს მოხდა პორტ-არტურის ახლოს (ტეხასის შტატი). შედეგად გარემომცველ გარემოში ჩაიღვარა 1,5 ათასი ტ. ნედლი ნავთობი.

დანართი 4 (4.7)



ნავთობის პოტენციური დაღვრების არეალი საჰაერო სურათებზე და ზღვაში გრაფიკებზე



ზღვის დინების მიმართულების/სიჩქარის განსაზღვრა და დაღვრის მოდელირება სისტემის, Block Sea trask Web საშუალებით.





ობ.ნახ.5.2 და ცხრ.5.1

V, ტონა	0,4	3,0	13,0	90,0	600,0	2500,0
H, მილ. აშშ დოლარი	0,017	0,04	0,364	2,25	13,05	51,35

$$\begin{cases} 6V + b \sum_{i=1}^6 V = \sum H \\ a \sum_{i=1}^6 V + b \sum_{i=1}^6 V^2 = \sum V \cdot H \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^6 M = 0,4 + 3,0 + 13,0 + 90,0 + 600,0 + 2500,0 = 32064$$

$$\sum_{i=1}^n M^2 = 0,4^2 + 3,0^2 + 13,0^2 + 90,0^2 + 600^2 + 2500^2 = 441173,13$$

$$\sum_{i=1}^n H = 0,017 + 0,04 + 364 + 2,25 + 13,05 + 51,35 = 76,48$$

$$\sum_{i=1}^n MH = 0,4 \cdot 0,017 + 3 \cdot 0,04 + 13 \cdot 364 + 90 \cdot 2,25 + 600 \cdot 13,05 + 2500 \cdot 51,35 = 135507$$

$$\begin{cases} 6a + 320,4b = 76,48 \\ 3206,4a + 441173 = 135425 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 \cdot 3206,4 \\ 3206,4 \cdot 441173 \end{vmatrix} = 6 \cdot 441173 - 3206,4^2 = -9465394$$

$$\Delta a = \begin{vmatrix} 76,48 \cdot 3206,4 \\ 135507 \cdot 441173 \end{vmatrix} = 76,48 \cdot 441173 - 135507 \cdot 3206,4 = -40786294$$

$$\Delta b = \begin{vmatrix} 6 \cdot 76,48 \\ 3206 \cdot 135507 \end{vmatrix} = 813094 - 243656 = 569376$$

$$a = \frac{\Delta a}{\Delta} = \frac{-40786294}{-9465394} = 4,308; \quad b = \frac{\Delta b}{\Delta} = \frac{569376}{-9465394} = -0,06$$

$$H = 4,308M - 0,06$$