

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ანა შოთაძე

გემების ბალასტური და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სისტემების
დამუშავება

საინჟინრო მეცნიერების დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი

დისერტაცია

0407-ტრანსპორტის დარგში ინჟინერიის დოქტორი

სამეცნიერო ხელმძღვანელი
პროფესორი შოთა რუხაძე
თანახელმძღვანელი
ასოც. პროფესორი ნათია კამკამიძე

ქუთაისი 2017

სარჩევი

შესავალი	4
თავი 1. გემებზე ბალასტის წყლის ეკოლოგიური უსაფრთხოების პრობლემები.....	9
1.1. გემებზე ბალასტის წყლებით გადატანილი ორგანიზმების ნაირსახეობა და მათი გავრცელების გზები.....	9
1.2. ბალასტის წყლის მართვის მეთოდები და ტექნოლოგიები.....	15
1.3. ბალასტის წყლის მართვის სტანდარტი.....	16
1.4. ბალასტის წყლის შეცვლა.....	20
1.5. ბალასტის წყლის დამუშავება	24
1.5.1. ფილტრაცია:	25
1.5.2. ციკლონური სეპარაცია.....	26
1.5.3. თერმული დამუშავება.	27
1.5.4. დასხივება.....	28
1.5.5. ულტრა ბგერითი და ფიზიკური კავიტაცია.	30
1.5.6. აქტიური სუბსტანცია ანუ ქიმიური დამუშავება	31
1.5.7. წყალბადის გამოყოფა	33
1.5.8. სხვა ტექნოლოგიები	33
თავი 2. საქართველოს შავი ზღვისპირეთის ეკოლოგიური მდგომარეობა მისი საწყლოსნო სატრანსპორტო საშუალებების ბალასტური და ჩამდინარე წყლებით დაბინძურების თვალსაზრისით.....	34
2.1. გემების ბალასტის წყლის ბიოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სამართლებრივი საფუძვლები.....	34
2.2. საქართველოს პორტების ფიზიკო-გეოგრაფიული მახასიათებლები	42
2.3. ბუნებრივი გარემოს სენსიტიური უბნები	50
2.3.1. სენსიტიურობის ეკოლოგიური კრიტერიუმები.....	50
2.3.2. პრიორიტეტები გარემოს დაცვითი ღონისძიებებისათვის.....	51
2.3.3. რუკები:.....	51
2.3.4. მოკლე კომენტარები გარემოს სენსიტიურუბნებთან დაკავშირებით.	54
თავი 3. კვლევის მასალები და მეთოდები.....	59
3.1. სამუშაოში გამოყენებული მასალები.....	59
3.2. სამუშაოში გამოყენებული მეთოდები.....	62
თავი 4. გემზე ბალასტის წყლის მართვის ხერხების გამოკვლევა.....	63

4.1. გემების კლასიფიკაცია და ბალასტის სისტემების კონსტრუქციის ანალიზი	63
4.2. ბალასტის წყლის სინჯის აღების მეთოდების და საშუალებების შედარებითი ანალიზი.....	68
4.3. საქართველოს საერთაშორისო პორტებში გემების ბალასტის წყლის ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგები	71
4.4. მემბრანული ტექნოლოგიების (ფილტრაციის) თეორიული საფუძვლები და მისი გამოყენება ბალასტური და ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად	88
4.4.1. თხევადი სისტემების გაყოფის მემბრანული მეთოდები.....	88
4.4.2. ბარომემბრანულ პროცესებში გამოყენებული მემბრანები.....	91
4.4.3. ბარომემბრანული პროცესებისათვის გამოყენებული დანადგარები	94
4.4.4. მემბრანული გაყოფის პროცესებზე მოქმედი ფაქტორები	100
4.4.5. მემბრანული გაყოფის მექანიზმი	107
4.4.6. ელექტრომემბრანული პროცესები და აპარატები.....	109
4.5. მემბრანული ტექნოლოგიით ფილტრაციის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა.....	111
4.5.1. პულსირებული დინება მილში.....	111
4.5.2. ექსპერიმენტალური სტენდი პულსირებული წნევის პირობებში მემბრანული გაყოფის პროცესის გამოსაკვლევად	116
4.5.3. მემბრანული გაყოფის პროცესზე პულსირებული წნევის გავლენის ექსპერიმენტალური კვლევა.....	121
4.5.4. მემბრანების გაღწევადობის და სელექციურობის პულსირებულ წნევაზე დამოკიდებულების ექსპერიმენტალური კვლევა.....	123
4.5.5. ელექტროდიალიზის ექსპერიმენტული კვლევა.....	127
4.6. გემებზე ბალასტის წყლის ეკოლოგიური უსაფრთხოების სისტემის პრინციპიალური სქემის დამუშავება	137
4.7. მიმღებ პორტში ბალასტური და ჩამდინარე წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის და ტექნიკური წყლის მისაღები სისტემის პრინციპიალური სქემის დამუშავება.	139
ძირითადი დასკვნები:.....	142
ტერმინოლოგიის განმარტებები.....	144
გამოყენებული ლიტერატურა:.....	147

შესავალი

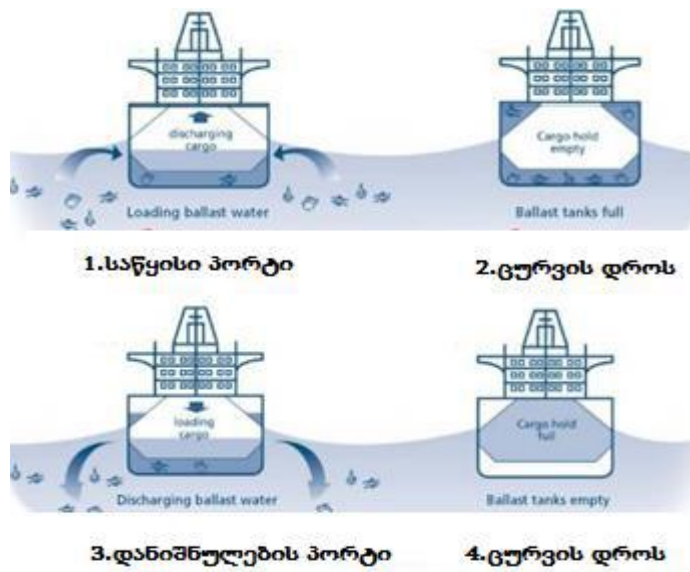
ნაოსნობა მსოფლიო ეკონომიკის განუყოფელი ნაწილია და იძლევა დიდი რაოდენობის ტვირთის შორ მანძილებზე ეკონომიური გადატანის შესაძლებლობას. მსოფლიოს მრეწველობის 90%-ზე მეტი - მათ შორის ნავთობი და ნავთობპროდუქტები, სამშენებლო მასალები, ქიმიკატები, საყოფაცხოვრებო მოწყობილობები და კვების პროდუქტები - გადაიტანება სამრეწველო გემებით, რომელთა რიცხვი მსოფლიო ოკეანეში დაახლოებით 50000 და მათი საერთო ტვირთამწეობა 600 მილიარდი ტონის ფარგლებშია.

გემი სპეციალურადაა კონსტრუირებული და აგებული წყალზე მოძრაობისას ტვირთების უსაფრთხოდ გადასატანად, მაგრამ როცა გემი მოძრაობს უტვირთოდ ან ნაწილობრივ დატვირთული, აუცილებელია ბორტზე დამატებითი ტვირთის გამოყენება, რაც უზრუნველყოფს მის უსაფრთხო და ეფექტურ ექსპლუატაციას, ასეთ დამატებით ტვირთს ეწოდება ბალასტი.

ადრეულ პერიოდში აგებულ გემებზე, ბალასტის სახით გამოიყენებოდა მყარი მასა - ქვა, ქვიშა ან ლითონი. დაახლოებით 1880 წლიდან გემებზე ბალასტის სახით გამოიყენება წყალი, რომელიც მყარ მასასთან შედარებით უფრო მოსახერხებელია ჩატვირთვა-გადმოტვირთვის თვალსაზრისით და შესაბამისად მაღალი ეკონომიური ეფექტით ხასიათდება, როცა გემი დატვირთულია ბალასტის წყალი ჩაიღვრება ოკეანეში.

მიუხედავად იმისა, რომ ბალასტის წყლის გამოყენება უსაფრთხოა გემის ექსპლუატაციისას, კვლევები გვიჩვენებს მასთან დაკავშირებულ გარკვეულ პრობლემას, რაც გამოწვეულია ბალასტის წყალში არსებული ცოცხალი ორგანიზმების მოხვედრით. ბალასტის წყლისათვის განკუთვნილ მოცულობაში რეისის ხანგრძლივობის და სხვა ფაქტორების მიუხედავად უმეტესობა ამ ორგანიზმებისა ეგუებიან პირობებს, განაგრძობენ სიცოცხლეს და ერთი ქვეყნის აკვატორიიდან გადაადგილდებიან მეორე ქვეყნის აკვატორიაში სიცოცხლისუნარიან მდგომარეობაში, ე.ი. ბალასტის წყალი ემსახურება ქვეყნის ერთი ნაწილიდან მეორეში სხვადასხვა სახის ბაქტერიების და

ორგანიზმების გადატანას, რომელთაც ჩვეულებრივ უწოდებენ ახალი რაიონისათვის მავნებელს. თუ ახალ გეოგრაფიულ გარემოში ბუნებრივი პირობები ხალსაყრელია, აღნიშნული მავნე ორგანიზმები აგრძელებენ არა მარტო სიცოცხლეს, არამედ გამრავლებასაც და მყარად იკიდებენ ფეხს არსებულ გარემოში. უმეტეს შემთხვევაში ისინი ზიანს აყენებენ ახალ ბუნებრივ გარემოს, ადამიანის ჯანმრთელობას და ეკონომიკას. ნახ.1-ზე წარმოდგენილია გემზე ბალასტის წყლის მიღება-ჩამოცლის ციკლი.



ნახ.1. გემის განივი ჭრილი ბალასტის წყლის ციკლის ჩვენებით.

სამუშაოს აქტუალობა: თანამედროვე ეტაპზე, ანთროპოგენული საქმიანობის შედეგად, ჩვენს პლანეტაზე ყოველდღიურად გადაადგილდება მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროს ათასობით სახეობა. აღნიშნულის გამო, მათი ახალ რეგიონში გავრცელება და განვითარება იწვევს სერიოზულ ეკოლოგიურ, სოციალურ და ეკონომიკურ გართულებებს, რადგან ამა თუ იმ რეგიონში შემოტანილი სხვა გვარის მიკროორგანიზმები, მცენარეული და ცხოველთა სამყაროს სხვა სახეობები, ადგილობრივთან თანაცხოვრებისას წარმოადგენენ გარემოს ბიოლოგიური დაბინძურების წყაროს. ბიოლოგიური დაბინძურების შედეგებს, სხვა სახის ანთროპოგენური ზემოქმედებისაგან განსხვავებით აქვს შეუქცევადი ხასიათი. ეს კი მიუთითებს აღნიშნული ზემოქმედების განსაკუთრებულ საშიშროებაზე და განსაზღვრავს მასთან ბრძოლის სპეციალური ზომების მიღების ხასიათს.

ნაციონალური და საერთაშორისო კანონმდებლობით ჩატარებული ანალიზი, ბიოლოგიური დაბინძურების შეზღუდვის შეთანხმების შესახებ გვიჩვენებს, რომ დაბინძურების ეს სახე, წარმოადგენს გლობალური ხასიათის ეკოლოგიურ პრობლემას და სერიოზულ საშიშროებას უქმნის მსოფლიო ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას. მნიშვნელოვან წილად პრობლემის ეს სახე გამოწვეულია, გემების მიერ ბალასტის წყლებისა და დანალექი მასებით ორგანიზმების გადატანასთან. რეგიონისათვის საშიში ორგანიზმების გავრცელების გზების გაფართოება განპირობებულია მომავალში ნაოსნობის ინტენსიფიკაციის მატების ტემპით. ამიტომ ყოველი გემი, რომელსაც გადააქვს ბალასტის წყალი, შეიძლება განვიხილოთ როგორც ეკოლოგიური საშიშროების პოტენციალური წყარო.

აღნიშნულთან დაკავშირებით საქართველომ 2015 წელს ხელი მოაწერა საერთაშორისო კონვენციას, გემების ბალასტის წყლებისა და დანალექი მასების კონტროლისა და დამუშავების შესახებ. კონვენციის რეკომენდაცია ბიოლოგიური დაბინძურების შეზღუდვის შესახებ, ითვალისწინებს ბალასტის წყლების შეცვლას ზღვაში არა უმცირეს 200 მ. სიღრმეზე და უახლოესი ნაპირიდან არა უმცირეს 200 საზღვაო მილის დაშორებით. თუმცა ეს რეკომენდაციები მიღებულია ზოგიერთი თავისებური კონსტრუქციისა და საექსპლუატაციო მახასიათებლების გემებისათვის. ამასთან აღნიშნული ხერხი ნაკლებად ეფექტურია, რადგან ბალასტის წყლის სამჯერადი ცვლილების დროსაც კი ავზში წარმოიქმნება ე.წ. დამდგარი ზონები და წყლის სრული ცვლა ვერ ხორციელდება.

აღნიშნულიდან გამომდინარე აქტიურად მიმდინარეობს კვლევები გემებზე ბალასტური წყლების განეიტრალების ახალი ხერხების მოძიების შესახებ. ცნობილია შრომები: საგაილაკი ი.ა.(უკრაინა); ფირმა Mitsui OSK Lines – MOL (იაპონია); გემების ბალასტური წყლების გაუვნეველებლობის სისტემა (რუსეთი); სისტემა SEDNA ფირმა HAMANN AG (გერმანია); წყლის ბალასტის დამუშავების სისტემა და მეთოდი (აშშ); ფირმა Ecochlor. Jnc და Maison Navigation Company, Jnc(აშშ) და სხვა.

აღნიშნულ შრომებში არ არის ჩატარებული სრულყოფილი კვლევები, ბალასტური წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით, გემის კონსტრუქციისა და ექსპლუატაციის პირობების თავისებურებების გათვალისწინებით,

ამიტომ ამ მიმართულებით კვლევის ჩატარება დღეისათვის აქტუალურია.

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს მეცნიერულად დასაბუთებული სისტემის შექმნა, რომელიც უზრუნველყოფს ბალასტის წყლების ეკოლოგიურ უსაფრთხოებას, უშუალოდ გემის ბორტზე ან მიმდებ პორტში მისი გაუვნებლობის მიზნით და ამ სისტემების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრას.

სამუშაოს სამეცნიერო სიახლე მდგომარეობს შემდეგში:

- შესრულდა გემების შემთხვევითი შემადგენლობის ბალასტური და ჩამდინარე წყლების გაუვნებლობის ტექნოლოგიის დამუშავება, მემბრანული პროცესების (ულტრაფილტრაცია, უკუოსმოსი და ელექტროდიალიზი) გამოყენებით, თანდათანობითი მართვით მუდმივი კონტროლის გზით, როგორც გემებზე ისე მიმდებ სტაციონალურ პორტში;

- ჩატარდა კვლევები, ბალასტის და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მიზნით, მისი კონტროლის, გემის რეისის ხანგრძლივობის და ბალასტის წყლის ტემპერატურის ცვლილებაზე დამოკიდებულებით. მიღებულია შედეგები ეკოლოგიურად უსაფრთხო ბალასტის წყლის უზრუნველყოფის მიზნით;

- დამუშავდა მილისებრ მემბრანულ არხში „პულსირებული წნევის მოქმედებით სითხის მოძრაობის მათემატიკური მოდელი;

- დამუშავდა პრინციპიალური სქემა, გემებზე ბალასტის და ჩამდინარე წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით;

- დამუშავდა სქემა, მიმდებ პორტში ბალასტური წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით და ტექნიკური წყლის მისაღებად.

პრაქტიკული შედეგები და დანერგვა:

- შეიქმნა მეთოდის გემის სისტემების ძირითადი მახასიათებლების განსაზღვრის მიზნით, ეკოლოგიურად უსაფრთხო ბალასტის და ჩამდინარე წყლების უზრუნველსაყოფად;

- კვლევის შედეგები სასწავლო პროცესის სრულყოფის მიზნით გამოიყენება დისციპლინაში „საზღვაო გარემოს დაბინძურების პრევენცია და ბრძოლის მეთოდები“, სპეციალობა „საზღვაო ნავიგაცია და გემის მექანიკა“.

კვლევის ობიექტი, საგანი და მეთოდები: კვლევის ობიექტს წარმოადგენს საზღვაო

გემების სისტემა, ბალასტის და ჩამდინარე წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით. კვლევის საგანია დამბინძურებლების ცვალებადი შემადგენლობის, ბალასტური და ჩამდინარე წყლების მემბრანული ტექნოლოგიებით გაუვნებლებლობის პროცესი. მიღებული შედეგების უტყუარობა უზრუნველყოფილია ფუნდამენტური თეორიული და ექსპერიმენტული მეთოდებით, საექსპერტო შეფასებებით და სტატისტიკური ანალიზით.

სამუშაოს აპრობაცია: სამუშაო მოხსენებულია და განხილულია სხვადასხვა დონის სამეცნიერო ფორუმებზე. შედეგები გამოქვეყნებულია ბეჭდური მასალის სახით სამეცნიერო ჟურნალებში და კონფერენციების შრომათა კრებულებში.

თავი 1. გემებზე ბალასტის წყლის ეკოლოგიური უსაფრთხოების პრობლემები.

1.1. გემებზე ბალასტის წყლებით გადატანილი ორგანიზმების ნაირსახეობა და მათი გავრცელების გზები.

წყლის მავნე ორგანიზმებმა და პათოგენურმა მიკრობებმა, რომლებიც ზღვაში ხვდებიან ჩამდინარე მტკნარი წყლის ნაკადით სამრეწველო ნარჩენებთან ერთად, შეუძლიათ საფრთხე შეუქმნან გარემომცველ გარემოს, ადამიანის ჯანმრთელობას, რესურსებს და გააუარესონ ბიოლოგიური მრავალფეროვნება, ე.ი. ასეთი ორგანიზმები დღეისათვის განიხილება როგორც ბიომრავალფეროვნების ერთ-ერთი ძირითადი საშიშროება [1,4]. ისინი ასევე სერიოზულ ზიანს აყენებენ ეკონომიკას, ბუნებრივ გარემოს, ჯანმრთელობას და ქმნიან განვითარების გლობალურ საფრთხეს. ზღვებსა და სანაპირო რაიონებში მავნე ორგანიზმების არსებობა იდენტიფიცირებულია, როგორც ერთ-ერთი საფრთხე, მსოფლიო ოკეანის ოთხი ძირითადი საფრთხიდან. მათ შორისაა სანაპიროების დაბინძურება, ფიზიკური ცვლილება ანუ ზღვის ბინადართა ფიზიკური განადგურება და ზღვის ცოცხალი რესურსების გადახარჯვა.

სავარცხელა მედუზა(სურ.2) ენდემური სახეობაა ჩრდილოეთ და სამხრეთ ამერიკის ატლანტიკის ოკეანის სანაპიროებისათვის. შავ ზღვაში იგი პირველად გამოჩნდა 1982 წელს, სადაც მყარად მოიკიდა ფეხი და სწრაფად გამრავლდა. იგი ასევე სწრაფად გავრცელდა აზოვის, მარმარილოს და ხმელთაშუა ზღვების აუზებში. 1999 წლის ბოლოს ასევე დაფიქსირებული იქნა კასპიის ზღვაში, რომლის ბიომასამ ბევრად გადააჭარბა შავ ზღვაში არსებულ დონეს.



სურ.2. სავარცხელა მედუზა.

მედუზა იკვებება ზღვის იგივე ზოოპლანქტინით, რითაც კომერციული თევზის მრავალი სახეობა, რამაც გამოიწვია თევზჭერის ეფექტურობის შემცირება. კერძოდ, თევზჭერა ადრინდელთან შედარებით შემცირდა თითქმის ერთი მესამედით, რამაც გამოიწვია წელიწადში დაახლოებით 500 მილიონი დოლარის დანაკარგები. ასევე შემცირდა შპროტის ტიპის თევზების ბიომასა შავი, აზოვის და კასპიის ზღვის აუზებში. აღნიშნული ორგანიზმების ნაირსახეობების გავრცელება ხორციელდება გემებით ბალასტის წყლის საშუალებით.

კაულერპა (სურ.3) ხმელთაშუა ზღვაში შემოტანილი იქნა დაახლოებით 1984 წელს, სავარაუდოდ ნარჩენებთან ერთად მონაკოს აკვატორიიდან. იგი ტროპიკული წყალმცენარეა, მაგრამ კარგად შეეგუა უფრო ცივი წყლის გარემოს და დამკვიდრდა. კაულერპა, რომელიც ფართოდ გავრცელდა ხმელთაშუა ზღვაში, ტროპიკულ წინამორბედთან შედარებით გამოირჩევა რამდენიმე განსაკუთრებული მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური თავისებურებებით. კერძოდ, აქვს უფრო გრძელი ფოთლები, გამრავლების მაღალი ხარისხი, ადაპტირებულია ტემპერატურის დიდ სპექტრთან, გამოირჩევა მაღალი ტოქსიკური კონცენტრაციით.



სურ.3. კაულერპა

კაულერპას ფართოდ გავრცელებამ აქტიური ზემოქმედება გამოიწვია და მნიშვნელოვნად დააქვეითა ბიოლოგიური მრავალფეროვნება. კერძოდ, ხმელთაშუა ზღვის აუზში წყალმცენარეების პოპულაციის 75% უკვე მოდის კოლონიზირებული

კაულერპას წილზე, ხოლო ზოგიერთი სახის ადგილობრივი წყალმცენარეები გადაშენების პირასაა მისული. კაულერპა მნიშვნელოვან კონკურენციაშია ხმელთაშუა ზღვის ადგილობრივ მკვიდრ წყალმცენარე პოსედონიასთან. კერძოდ, პოსედონიას ზომები, რაოდენობა და სიცოცხლის ხანგრძლიობა მცირდება - ფოთლებზე ჩნდება მომაკვდავი ზონები. უხერხემლო ორგანიზმიან ტაქსოფილასთან შეთანწყობით კაულერპა მნიშვნელოვნად მოქმედებს მიკროფაუნაზე, კერძოდ მნიშვნელოვნად მცირდება თევზების მრავალი სახეობა.

ტაქსოფილა ფართოდაა გავრცელებული ტროპიკულ ზღვებში და ითვლება ბრაზილიის, ვენესუელის, კოსტა-რიკას, გვინეის უბის, წითელი ზღვის, სომალის, კენიის, ტაივანის, მადაგასკარის, პაკისტანის, ინდოეთის, ჩინეთის, ვიეტნამის, ჩრდილოეთ ავსტრალიის და სხვა ადგილობრივ მკვიდრად. ხმელთაშუა ზღვაში აღნიშნული ორგანიზმები გავრცელდა 1980 წლიდან და ამ დროისათვის 4630 ჰექტარზე მეტი ფართობი დაიკავეს. დღეისათვის ისინი ანადგურებენ მონაკოს, საფრანგეთის, იტალიის, ესპანეთის, ხორვატიის და ტუნისის სანაპირო ზოლს. არცთუ დიდი ხნის წინათ ისინი აღმოჩენილი იქნა წყნარ და ატლანტიკის ოკეანეში, ავსტრალიის აღმოსავლეთით, სამხრეთ კალიფორნიის და სამხრეთ ფლორიდის სანაპიროზე. მიკროორგანიზმების გავრცელება ხდება აკვარიუმების, გემების, ნავების, თევზჭერის საშუალებით.

დრეისენა(სურ.4) კასპიის და შავი ზღვების ადგილობრივ სახეობას წარმოადგენს. დღეისათვის იგი დამკვიდრდა დიდი ბრიტანეთის, დასავლეთ ევროპის, კანადის და აშშ სანაპიროებზე. იგი აქტიურად ერევა ადგილობრივი მოლუსკების ეკოლოგიურ ფუნქციებში და იწვევს დიდ ეკონომიკურ დანაკარგს. შეყვანილია 100 ყველაზე მავნე ორგანიზმების სიაში.



სურ.4. დრეისენა.

დრეისენა ზემოქმედების სახით ფილტრავს ორგანულ და არაორგანულ ნაწილაკებს ზომებით 7–400 მიკრონი, რომელიც ადგილობრივი ორგანიზმების ძირითადი საკვებია. უფრო ზუსტად დრეისენას ზემოქმედების შედეგს წარმოადგენს დანალექი შრეების წარმოქმნა ფეკალური მასების სახით, რაც არღვევს კვებით ბალანსს ცალკეულ ზონებში. წყლის სისუფთავე აძლიერებს ფოტოსინთეზის პროცესს წყალმცენარეებში და ნეგატიურად მოქმედებს თევზების ზოგიერთ სახეობაზე, რომლებიც უპირატესობას ანიჭებენ შედარებით მღვრიე გარემოს. დრეისენა დიდი რაოდენობით ფუძნდება ადგილობრივ ნიჟარებზე და იწვევს მათ ე.წ. გაგუდვას და სიკვდილს. ადგილობრივი ნიჟარების გამრავლების შემცირება ძლიერ შესამჩნევია იმ ადგილებში, სადაც არსებობს დრეისენა. კერძოდ მისისიპის და დიდი ტბების რაიონებში. დრეისენას არსებობის მშობლიური რაიონებია შავი, აზოვის და კასპიის ზღვების აუზები. 1700 წლიდან ეს რაიონები გაიზარდა და შეუერთდა დასავლეთ ევროპა, დიდი ბრიტანეთი, ჩრდილოეთ ამერიკა. გავრცელების ძირითადი საშუალებებია აკვარიუმები, გემის ბალასტის წყალი,, გემის გადაადგილებისას კორპუსის ზედაპირზე განთავსება და სხვა. ადგილობრივ გარემოში იგი შეიძლება გავრცელდეს ნავების, ცხოველების და სხვა საშუალებით.

მრგვალშოლტიანები(სურ.5) წარმოადგენენ ადგილობრივს შავი, კასპიის და აზოვის ზღვების აუზებისათვის, თუმცა დღეისათვის ასევე ფართოდ გავრცელდა აშშ და კანადის მიმდებარე ტერიტორიებზე. ამ ტიპის ორგანიზმები ნადირობენ წვრილ თევზებზე და ქვირითზე.



სურ.5. მრგვალ შოლტიანები.

იქ სადაც დიდი რაოდენობითაა გავრცელებული მრგვალ შოლტიანები მნიშვნელოვნად მცირდება ადგილობრივი თევზების სახეობების რაოდენობა. ისინი ნადირობენ წვრილ თევზებზე, ქვირითსა და ლიფსიტებზე. ამ ტიპის შოლტიანები კარგად გავრცელდნენ დიდი ტბების მიდამოებში. აღინიშნა შოლტიანების ძალიან დიდი რაოდენობა მდინარე სენ-კლერში 1994 წელს. შოლტიანების გავრცელების არეალს წარმოადგენს მტკნარი და ზღვის წყლები. წარმოშობის რაიონებს მიეკუთვნება ბრაზილია, შავი, აზოვის და კასპიის ზღვის მდინარეები. დღეისათვის ისინი აღმოჩენილია აშშ შტატებში (ინდიანა, ოტაიო, ნიუ-იორკი) და კანადაში (ონტარიოს და კვებეკი). შოლტიანების საკვებია ზღვის მიკროორგანიზმები.

სანაპიროს კიბორჩხალა (სურ.6) (მწვანე კიბორჩხალა) ადგილობრივ მაცხოვრებლად ითვლება ევროპისა და ჩრდილოეთ ამერიკისათვის, ხოლო შეტანილი იქნა აშშ, ავსტრალიის და სამხრეთ ამერიკის რაიონებში. მას გადააქვს სხვადასხვა სახის მარლი და ითვლება გაუმადლარ მტაცებლად. ის იწვევს სხვა სახის კიბორჩხალას და ორსაგდულიანი ორგანიზმების პოპულაციის შემცირებას. იგი შეტანილია 100 ყველაზე საშიში ორგანიზმების სიაში.



სურ.6. სანაპიროს (მწვანე) კიბორჩხალა.

ალექსანდრიუმი (სურ.7) არსებობს როგორც მინიმუმ ოთხი სხვადასხვა სახეობის, რომლებიც აღმოჩენილი იქნა ავსტრალიის წყლებში. ორგანიზმების ოთხივე სახეობა წარმოადგენს ყვავილოვანი სახის მცენარეს, რომელთა ყვავილები შეიძლება დანალექის სახით, ეწყოს სანაპიროს ფსკერზე რამდენიმე წლის მანძილზე. ეს ყვავილები წარმოქმნიან თავისუფლად მოძრავ უჯრედებს, რომლებიც მსხვილდებიან სწრაფად

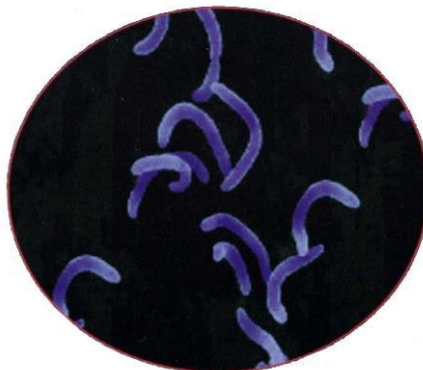
(უჯრედის ორჯერადი გაყოფით). როცა ბუნებრივი პირობები ხელსაყრელია ყვავილებში მრავლდებიან სწრაფად და უჯრედები ფარავენ დიდ ზედაპირს. ყვავილობა გრძელდება 6-10 კვირა.



სურ.7-ა. ალექსანდრიუმი.

ამ ორგანიზმების მიერ გამოყოფილი ტოქსინები აკუმულირებას განიცდიან მოლუსკებზე, რის გამოც ისინი ხდებიან ტოქსიკური და ადამიანის მიერ საკვებად გამოყენებისას იწვევს მოწამვლას და პარალიზებას შემდეგი სიმპტომებით: ხველება, ღებინება, თავბრუსხვევა, შესაძლებელია ნაწლავების პარალიზება და რთულ შემთხვევაში სუნთქვის შეჩერებაც. მათი ყვავილები იწვევს ასევე მოლუსკების და თევზების სიცოცხლის უნარიანობის შემცირებას, გარემოში ჟანგბადის უკმარისობის გამო. ამ ტიპის ორგანიზმების გავრცელება ძირითადად ხორციელდება ბალასტის წყლის საშუალებით ავსტრალიის პორტებიდან.

ქოლერის ეპიდემია დაიწყო 1091 წელს ინდონეზიაში და მსოფლიოში მისი მოგზაურობა გაგრძელდა 1931 წლამდე. სამხრეთ ამერიკაში ქოლერის ეპიდემია დაიწყო პერუს სანაპიროებზე და ცოტა მოგვიანებით დოკუმენტურად დაფიქსირდა ლათინური ამერიკის რამდენიმე პორტში, რაც გამოიწვია საზღვაო გემების მოძრაობამ.



სურ.7-ბ. ქოლერის ჩხირები.

ქოლერის ჩხირებით დაბინძურებულ რაიონებში ათასობით ადამიანს, რომლებიც იკვებებოდნენ ზღვის პროდუქტებით, შეექმნათ ჯანმრთელობის პრობლემები, რაც ხშირ შემთხვევაში სიკვდილით მთავრდებოდა. ქოლერა ნაწლავთა მწვავე ინფექციური დავადებაა. ქოლერის ჩხირები სწრაფად მოძრავი და დაბალი ტემპერატურის ამტანი ჩხირებია. ვერ უძლებს მჟავე არეს და სწრაფად იღუპება მზის სხივების მოქმედებით. ორგანიზმების გავრცელების ძირითადი ხერხია ბალასტის წყლის დაცლა სანაპირო ზოლში.

1.2. ბალასტის წყლის მართვის მეთოდები და ტექნოლოგიები

საოკეანო გემებს მოეთხოვება ბორტზე ბალასტის წყლის მართვის დებულების (წესდება B-1) არსებობა და მათი პრაქტიკულად გამოყენება. ბალასტის წყლის მართვის გეგმა სპეციფიკურია თითოეული გემისათვის და ითვალისწინებს წესდების შესაბამისად მოქმედების დეტალურ აღწერას. გემზე აუცილებლად უნდა იყოს ჟურნალი ბალასტის წყალზე ჩატარებული ოპერაციის შესახებ (წესდება B-2). ჟურნალში რეგისტრირდება როდის იქნა მიღებული ბორტზე ბალასტის წყალი, როდის მოხდა მისი შეცვლა ან დამუშავება და ზღვაში ჩაშვება. ჟურნალში ასევე მითითებული უნდა იყოს ბალასტის წყლის ზღვაში ავარიული ან შემთხვევითი ჩაღვრის შესახებ [6,18].

ბალასტის წყლის შეცვლის შესახებ (წესდება B-4) მოთხოვნების შესაბამისად ყველა გემი ვალდებულია:

- რამდენადაც ეს შესაძლებელია ბალასტის წყლის შეცვლა, უნდა მოხდეს ახლომდებარე სანაპიროდან არაუმცირეს 200 საზღვაო მილისა. ამასთან ამ ადგილებში წყლის სიღრმე არ უნდა იყოს 200 მეტრზე ნაკლები.

- იმ შემთხვევაში, თუ გემს არა აქვს შესაძლებლობა ბალასტის წყალი შეცვალოს

ზემოთ აღნიშნული მოთხოვნების შესაბამისად, მაშინ შეცვლა უნდა განხორციელდეს რაც შეიძლება მოშორებით უახლოესი ნაპირიდან, მაგრამ არაუმცირეს 50 საზღვაო მილისა, იქ სადაც წყლის სიღრმე 200 მეტრზე ნაკლები არაა.

თუ ამ მოთხოვნების შესრულება შეუძლებელია, მაშინ შეიძლება დაინიშნოს სპეციალური ზონები, სადაც გემი შეძლებს ბალასტის წყლის შეცვლას წესდება B-4 მოთხოვნების შესაბამისად.

დამატებითი მოთხოვნები:

მხარეს ინდივიდუალურად ან მეორე მხარესთან შეთანხმებით შეუძლია გემზე შემოიღოს დამატებითი მოთხოვნები, რაც ითვალისწინებს ბალასტის წყლით მავნე ორგანიზმების გადატანის შემცირებას ან საერთოდ უვნებელყოფას. ამ შემთხვევაში მხარე ან მხარეები აუცილებლად უნდა შეთანხმდნენ მეზობელ სახელმწიფოებთან, რომელთაც ასევე შეეხება ეს მოთხოვნები, რადგან მათ როგორც მინიმუმი 6 თვის ვადაში აცნობონ შესაბამის ორგანიზაციებს. აუცილებელ შემთხვევაში მხარეებმა უნდა მიიღონ თანხმობა [19,22].

1.3 ბალასტის წყლის მართვის სტანდარტი

არსებობს სტანდარტი ბალასტის წყლის შეცვლის და ხარისხის შესახებ.

წესდება D -1: ბალასტის წყლის შეცვლის სტანდარტი.

ბალასტის წყლის ცვლილების განხორციელება გემზე უნდა მოხდეს რაც შეიძლება ეფექტურად, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ წყლის არაუმცირეს 95% უნდა ჩაიღვაროს ზღვაში. გემებისთვის, რომლებიც ბალასტის წყლის შეცვლას ახდენენ გადატუმბვის მეთოდით, გადატუმბული წყლის სამჯერადი მოცულობა ითვლება სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამისად. სამჯერად მოცულობაზე ნაკლების გადატუმბვა დასაშვებია მაშინ, თუ მოხდება მთლიანი წყლის მასის 95% შეცვლა.

წესდება D -2: ბალასტის წყლის ხარისხის სტანდარტი.

გემი, რომელიც ახორციელებს ბალასტის წყლის მართვას, ვალდებულია ზღვაში ჩაუშვას არა უმეტეს ათი ცოცხალი ორგანიზმი 1 მ³ წყალზე, რომელთა მინიმალური ზომები 50 მიკრომეტრის ტოლია. ამასთან ინდიკატორული მიკრობების რაოდენობა ჩაღვრილ წყალში არ უნდა აღემატებოდეს დადგენილ კონცენტრაციას.

ინდიკატორული მიკრობები სტანდარტის მიხედვით შემდეგია:

ა) ნაწლავის ჩხირები -100 მილილიტრ წყალში 250 კოლონის ფორმირების ერთეულზე (კფე) ნაკლები;

ბ) ნაწლავის ენტეროკოკი -100 მილილიტრ წყალზე 100 კფე -ზე ნაკლები;

გ) ქოლერის ტოქსიკური ვიბრიონი (O1 და O139) ერთ კფე ნაკლები 100 მილილიტრ წყალში.

წესდება D -3: ბალასტური წყლის მართვის სისტემის მოთხოვნები.

ბალასტის წყლის მართვის სისტემა განხილული და მოწონებული უნდა იყოს საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის ადმინისტრაციის (IMO) მიერ მოთხოვნების შესაბამისად. სისტემამ, რომელიც იყენებს აქტიურ ნაერთებს, უნდა გაიაროს IMO სპეციალური განხილვა.

წესდება D -4: ბალასტის წყლის დამუშავების ტექნოლოგიის პროტოტიპი.

წესდება D -4 მოიცავს ბალასტის წყლის დამუშავების ტექნოლოგიის პროტოტიპს.

წესდება D -5: ორგანიზაციის სტანდარტის მიმოხილვა.

წესდება D-5 შესაბამისად, IMO მოითხოვს გადაიხედოს ბალასტის წყლის ხარისხის სტანდარტი, ყურადღება მიექცეს მთელ რიგ კრიტერიუმებს, მათ შორის გარემოსადმი უსაფრთხო დამოკიდებულებას, რათა უზრუნველყოფილი იქნას ნაკლები ზიანის მიყენება. ეს იმას ნიშნავს, რომ გემის კონსტრუქცია და მუშაობა უნდა იყოს ეკონომიური და ბიოლოგიურად ეფექტური, რაც ითვალისწინებს ბალასტის წყალში მავნე და პათოგენური ორგანიზმების აქტივობის შემცირებას და საერთოდ გაქრობას.

აღსანიშნავია რომ გემები, რომლებიც აგებულია 2009 წლის 1 იანვრამდე და უფრო გვიან, წესდება B-3.3 მოთხოვნების შესაბამისად აგებული ტანკერებით, რომელთა მოცულობაა არა უმცირეს 5000 მ³, უნდა პასუხობდნენ D-ს სტანდარტის პირობებს. თუმცა, ჩატარებული კვლევის საფუძველზე იმის გამო რომ გემებს, რომელთაც პირველ რიგში მოეთხოვებათ წესდება B-3.3 შესრულება ბალასტის წყლის დამუშავების შესახებ,

მაგრამ ვერ აღწევენ ამ ტექნოლოგიებს, მიეცათ გარკვეული შეღავათები.

სტანდარტის გამოყენების პერიოდები 2009 წლამდე აგებული გემებისათვის
(წესი D -1; წესი D -2)

ცხრილი 1.

გემის აგების წელი 2009 წლამდე		სტანდარტის გამოყენების პერიოდები								
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
ბალასტის ტანკის ტევადობა (მ ³)	1500- დან 5000- მდე	D-1 ან D-2						31.12.2014 D-2		31.12.2016
	1500- ზენაკლებ ი ან 5000- ზე მეტი	D-1 ან D-2						D-2		

კერძოდ, 2009 წელს აგებული გემებისათვის IMO ანსამბლეს მიერ, 2007 წლის 29 ნოემბერს მიღებული იქნა რეზოლუცია A.1005(25). ამ მიზნით კონვენციის მიერ D-2 წესდების მიღებული სტანდარტის D-ს თარიღი (2009 წლის 1 იანვარი) იქნა გადატანილი და ახალ ზღვრულ თარიღად მიღებულია 2012 წლის 1 იანვარი. IMO ანსამბლეს რეზოლუციებში, კონვენციაში მონაწილე სახელმწიფოებს მიეცათ რეკომენდაცია მონაწილეობა მიიღონ, კონვენციის რატიფიცირებაში დეკლარაციის წარდგენით ან სხვა შემთხვევაში გენერალურმა მდივანმა განიხილოს და მიიღოს კონვენციის დებულებები შემდეგი მოსაზრებების საფუძველზე: „გემი, რომელიც აგებულია 2009 წელს და უნდა შეესაბამებოდეს წესდება B-3.3 მოთხოვნებს, არ არის ვალდებული პასუხობდეს D-2 მოთხოვნებს, მის მეორე ყოველწლიურ აღიარებამდე. (არა უგვიანეს 2011 წლის 31 დეკემბერი).

წესდება B -3.4 და B -3.5 განკუთვნილია იმ გემებისათვის, რომლებიც აგებულია 2009 წლის 1 იანვარს ან უფრო გვიან და ბალასტის წყლის ტევადობა 5000 მ³ და მეტია. ერთის მხრივ, წესდება B -3.4 შესაბამისად ის გემი, რომელიც აგებულია 2009 წლის 1

იანვრიდან 2011წლის 31 დეკემბრამდე, აუცილებლად უნდა პასუხობდნენ ან D-1 წესდების ან D-2 წესდების სტანდარტს 2016 წლის 31 დეკემბრამდე. ასეთი გემებისათვის, 2017 წლის 1 იანვრიდან წესდება D-2 სტანდარტი იქნება ერთ-ერთი ძირითადი მოთხოვნა. მეორეს მხრივ 2012 წლის 1 იანვრიდან აგებული გემები, ვალდებული არიან დაიცვან წესდება D-2 სტანდარტის მოთხოვნები.

ცხრილში 2. სქემატურადაა წარმოდგენილი წესდება D-1 და წესდება D-2 მიღების პერიოდები იმ გემებისათვის, რომლებიც აგებულია 2009 წლის განმავლობაში ან შემდეგ [23,25].

წესდება D-1 და D-2 მიღების პერიოდები 2009 წელს და მის შემდეგ აგებული გემებისათვის

ცხრილი 2.

2009 წელს ან მის შემდეგ აგებული გემი			სტანდარტის მიღების პერიოდები							
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ბალასტის წყლის ტევადობა(მ³)	5000 ნაკლები	2009 წელს ან გვიან აგებული გემები	D-2							კონცენტ
	5000-ზე მეტი	2009 წლიდან 2012 წლამდე აგებული გემები								D-1 ან D2
		2012 წელს ან გვიან აგებული გემები				D-2				

როგორც ცხრილი 1 და ცხრილი 2 მონაცემებიდან ჩანს 2017 წლის 1 იანვრიდან,

ყველა გემი მიუხედავად აგების თარიღისა და ბალასტის წყლის ტევადობისა, უნდა შეესაბამებოდეს წესდება D-2 სტანდარტის მოთხოვნებს.

ბალასტის წყლის მართვის სხვა მეთოდები, შეიძლება მიღებული იქნას ალტერნატიული სტანდარტის სახით თუ დამტკიცებული იქნება, რომ იგი უზრუნველყოფს ადამიანის ჯანმრთელობას, გარემოს და რესურსების დაცვის იგივე მოთხოვნებს, როგორც ძირითადი სტანდარტის მოთხოვნები.

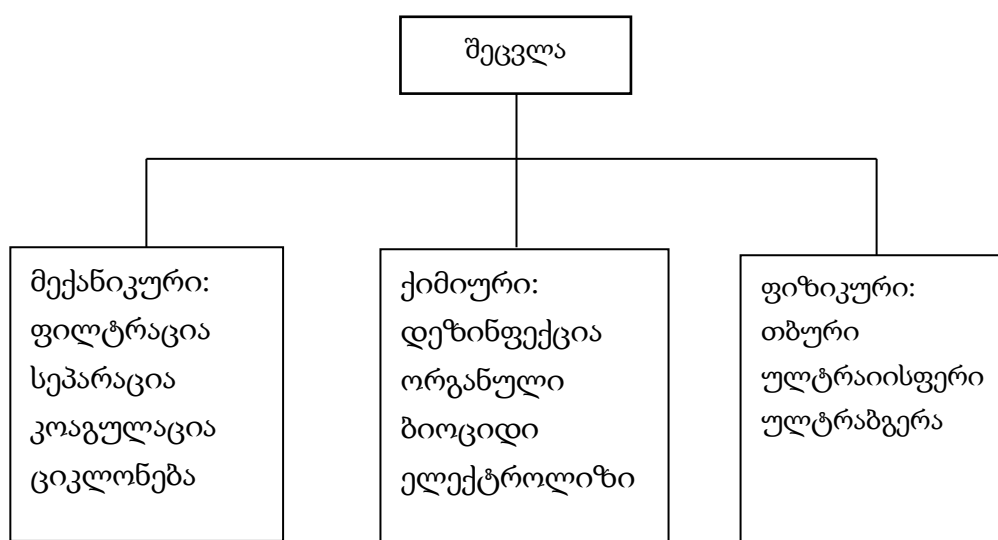
1.4. ბალასტის წყლის შეცვლა

კონვენცია ბჭმ აყალიბებს ბალასტის წყლის მართვის სხვადასხვა მეთოდებს, რომლებიც შეიძლება დაჯგუფდეს სამი სხვადასხვა კატეგორიის სახით:

- ბალასტის წყლის შეცვლა;
- ბალასტის წყლის დამუშავება;
- ბალასტის წყლის იზოლირება ბორტზე.

სქემაზე 8. მოცემულია ბალასტის წყლის მართვის ვარიანტები

ბალასტის წყლის შეცვლა გულისხმობს სანაპიროს წყლის შეცვლას, ოკეანის წყალით [29. არსებობს ორი ძირითადი ბიოლოგიური და ეკოლოგიური პრინციპი, რომელსაც ემყარება შეცვლის ორი ძირითადი მეთოდი:



სურ.8. ბალასტის წყლის მართვის ვარიანტები.

- ოკეანის გარემო პრაქტიკულად არასასურველია მტკნარი წყლების, სანაპიროს და სანაპიროს ზოლში მცხოვრები ორგანიზმებისათვის, რომლებიც სხვადასხვა გზით ხვდებიან ამ გარემოში. ასევე ოკეანის ორგანიზმები, რომლებიც ბალასტის წყალთან ერთად ხვდებიან მტკნარ წყლებში, სანაპირო ან სანაპიროს მიმდებარე ზოლში ვერ ეგუებიან ამ გარემოს და უმეტეს შემთხვევაში იხოცებიან. გამომდინარე აქედან ურთიერთგაცვლის შესაძლებლობები პრაქტიკულად არ არსებობს.

- სიცოცხლისუნარიანი ორგანიზმების გადატანა, ოკეანის წყალში ჩაშვება და დინებებით ისევ სანაპირო წყლებში დაბრუნება პრაქტიკულად არარეალურია.

ბალასტის წყლის შეცვლა შესაძლებელია მოხდეს შემდეგი სამი მეთოდიდან ერთი ნებისმიერით:

- თანმიმდევრული მეთოდი;
- გამოტუმბვის მეთოდი;
- განზავების მეთოდი.

თანმიმდევრული მეთოდი გულისხმობს მდინარეებში, პორტებში ან ტერიტორიულ წყლებში შევსებული წყლებით გემის სრულად დაცლას და შემდგომ მისი ოკეანის წყლით შევსებას მინიმუმ 95%-მდე ზღვრებში. ამავდროულად გემი უნდა დაიცალოს ტუმბოს მოწყვეტამდე, ამიტომ ასეთ შემთხვევაში სასურველია გამოყენებული იქნას ჩამრეცხი ტუმბოები. გამომდინარე აქედან პროცესი მოითხოვს გემიდან დინამიკურ რეჟიმში დიდი მასის მოცულობას და შემდეგ ამ დანაკარგის შევსებას. ამ მეთოდის გამოყენებისას იცვლება გემის დატვირთვის საწყისი მდგომარეობა, რაც მნიშვნელოვნად მოქმედებს გემის მდგრადობაზე, კონსტრუქციულ სიმტკიცეზე და მანევრირების მახასიათებლებზე. ამ პროცედურაში ზღვაში გემის მოძრაობისას, შეიძლება გამოიწვიოს მის კონსტრუქციაზე დამატებითი დატვირთვები ზღვის მდგომარეობიდან გამომდინარე. სურათზე სქემატურად წარმოდგენილია ბალასტის წყლის თანმიმდევრული შეცვლის მეთოდი.

გამოტუმბვის მეთოდი ითვალისწინებს ბალასტის წყლის ე.წ. გამორეცხვას ღია ოკეანეში, გემის ზედა ნაწილიდან გადატუმბვით ქვედა ნაწილში, მანამ სანამ

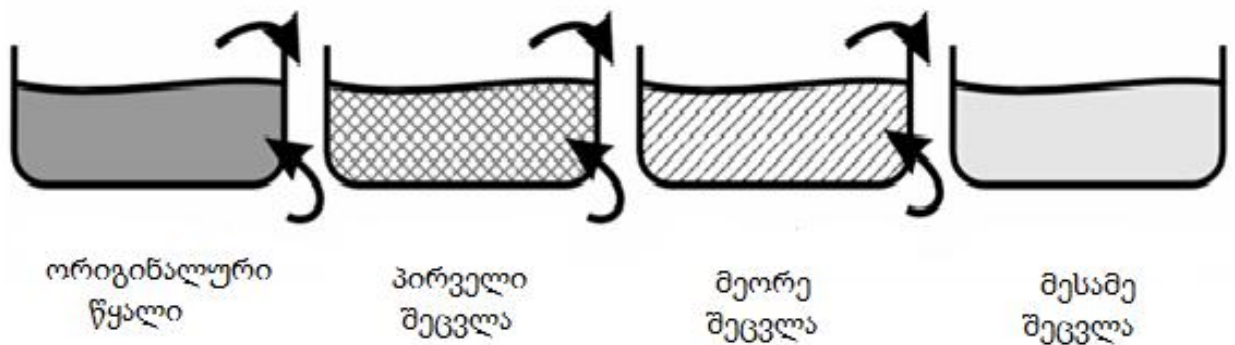
მინიმუმამდე არ იქნება დაყვანილი მავნე ორგანიზმების რაოდენობა ტანკში (ავზში). პროცესი შეიძლება შესრულდეს ბალასტის წყლის გადასხმის ან სხვა მეთოდით. YBB კონვენციის მიხედვით უმეტესი სახელმწიფოების პორტების ხელმძღვანელები რეკომენდაციას იძლევიან არა ნაკლებ ტანკის სამჯერადი მოცულობის წყალი იქნას გადატვირთული ბალასტის წყლის 95% შეცვლის მიზნით.

გამოტუმბვის მეთოდის დადებითი მხარეა ის რომ იგი შეიძლება გამოყენებული იქნას იმ ბუნებრივ პირობებში, რომლის დროსაც შეუძლებელია თანმიმდევრული მეთოდის გამოყენება, რადგან ეს მეთოდი სუსტად მოქმედებს გემის მდგომარეობაზე. მაგრამ ამ მეთოდს გააჩნია განსაზღვრული რისკები და პრობლემები, რაც გათვალისწინებული უნდა იქნას ამ პროცედურის გამოყენებამდე.

სურათზე 10. წარმოდგენილია გამოტუმბვის მეთოდის სქემა.



სურ.9. ბალასტის წყლის შეცვლის თანმიმდევრული მეთოდის სქემა



სურ.10. გადატუმბვის მეთოდის სქემა.

განზავების მეთოდი მდგომარეობს იმაში, რომ ბალასტის ტანკის ზედა ნაწილში ტუმბოს საშუალებით მიეწოდება „სუფთა“ ოკეანის წყალი და იმავდროულად

ბალასტის წყალი ჩამოიცლება ტანკის ქვედა ნაწილიდან იმავე ინტენსივობით მანამ, სანამ არ მოხდება ტანკის სამჯერადი მოცულობის წყლის ცირკულაცია. გემების უმეტესობა დღეისათვის არ არიან აღჭურვილი ასეთი მეთოდის გამოსაყენებლად. განზავების მეთოდისათვის გამოყენებულია მილგაყვანილობის სისტემა (წრიული სისტემა) ცალკეული შემშვები და გამომშვები სისტემებით თითოეული ტანკისათვის [27,32].

როგორც წესი ასეთ შემთხვევაში გამოყენებულია ე.წ. ბალასტის ორი ტუმბო, ერთი დამჭირხნი, ხოლო მეორე ჩამომცლელი. მათი მუშაობა ხორციელდება თანხდენილად, რადგან აუცილებელია ტანკში წყლის დონე იყოს ერთი და იგივე და შესაბამისად ტუმბოების მწარმოებლობა კონტროლდება მუდმივად.

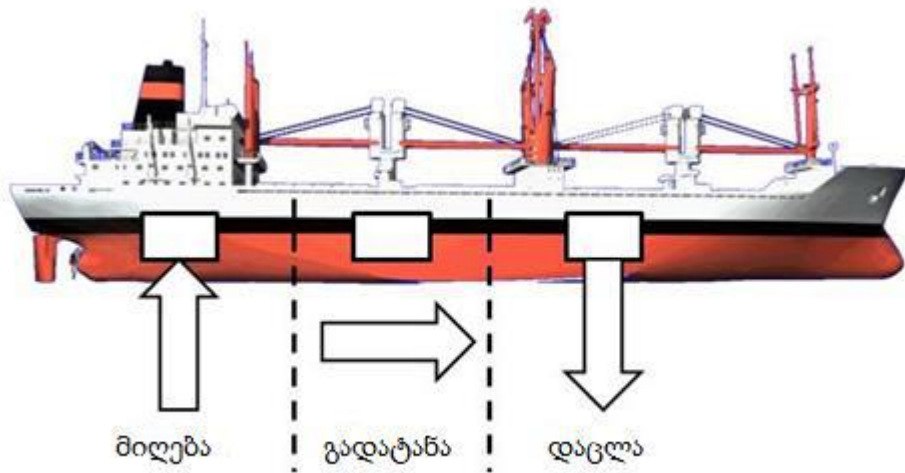
ბალასტის წყლის შეცვლის აუცილებლობა დამოკიდებულია ზოგიერთ ლოკალურ პირობებთან, კერძოდ ისეთთან როგორცაა ბიოლოგიური პირობები, წყლის მიწოდება - ჩამოცლის ნახვრეტების განლაგება და სხვა. უნდა აღინიშნოს, რომ ბალასტის წყლის შეცვლის აუცილებელი განხორციელება, დამოკიდებულია მიმღები პორტის ხელმძღვანელობის ნაციონალურ წესებთან, რის გამოც საჭიროების შემთხვევაში რეკომენდირებულია მათთან დაკავშირება.

ბალასტის წყლის მართვის ტექნოლოგია შეიძლება განვიხილოთ როგორც პროცედურა, მუშაობა ან მექანიზმი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ზღვაში ბალასტის წყლის ჩაღვრისას მავნე ორგანიზმების შემცირება ან საერთოდ მოსპობა. ბალასტის წყლის მართვა შესაძლებელია როგორც გემის ბორტზე, ასევე სანაპიროს მიდამოებში. ამიტომ ამ თავში ძირითადი ყურადღება მიექცევა ბორტზე ბალასტის წყლის მართვის ტექნოლოგიას.

ნორმალური ექსპლუატაციის დროს ყველა გემი:

- მიიღებს ბალასტის წყალს;
- გადაიტანს ბალასტის წყალს;
- ზღვაში ჩაღვრის ბალასტის წყალს.

ბალასტის წყლის ეფექტური მართვა შეიძლება განხორციელდეს რამდენიმე ოპერაციის ერთობლივი შესრულებით, რომელიც მოცემულია სურათზე 11.



სურ.11. ბალასტის წყლის მართვის ოპერაციები.

1.5. ბალასტის წყლის დამუშავება

დამუშავების ტექნოლოგია:

სასმელი წყლის დამუშავება ითვლის ასწლეულებს არსებობს სხვადასხვა ტექნოლოგიები, რომლებიც ძირითადად მიმართულია მიკრობების საწინააღმდეგოდ. ზღვის წყლების დამუშავება ამ ტექნოლოგიებით ახალი გამოწვევაა [34,37].

ბალასტის წყლის დამუშავება ბიოლოგიურ კონტექსტში მოითხოვს მოცილებას, დეზაქტივაციას ან საერთოდ განადგურებას იმ ჯგუფის ორგანიზმების რომელთაც წარმოადგენენ: სხვადასხვა სახის თევზები, ზოოპლანქტონი, ფოტოპლანქტონი, ბაქტერია და ვირუსი. მათი კლასიფიკაცია ასევე შეიძლება მოხდეს მინიმალური ზომების მიხედვით D-2 წესდების მოთხოვნების შესაბამისად. განსაზღვრული ტექნოლოგიის დამუშავება შეიძლება ეფექტური იყოს ერთი ან ორი ორგანიზმის საწინააღმდეგოდ. ტექნოლოგიების კომბინირება აუცილებელია ბალასტის წყლის მასისთვის სისტემის დამუშავების მიზნით. ექსპერიმენტი და გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ სხვადასხვა ტექნოლოგიების კომბინაცია აუცილებელია IMO

კონვენციის სტანდარტის მოთხოვნების მიღწევის მიზნით. ზოგიერთი ტექნოლოგია უკვე დამუშავებული და გასულია ბაზარზე, ზოგიერთი კი გადის გამოცდას, ზოგიერთი დამუშავების საწყის სტადიაშია.

1.5.1. ფილტრაცია:

ფილტრაცია წარმოადგენს მექანიკური სეპარაციის ტექნოლოგიას, რომელიც გემის ბორტზე გამოიყენება სხვადასხვა ვარიანტის სახით (სურ.12). უხეშად მწმენდი ფილტრები გემებზე როგორც წესი გამოიყენება კინგსტონის ტიპის კოლოფებში, რათა არ მოხდეს მასში დიდი ორგანიზმების მოხვედრა თევზების სახით. ფილტრების კლასიფიკაცია ხდება მფილტრავი ელემენტის ბადურას, გამტარი ნახვრეტების ზომების მიხედვით და არსებობს: უხეშად მწმენდი ფილტრი, სუფთად მწმენდი ფილტრი და მიკროფილტრი. მუშაობის ხასიათის მიხედვით ფილტრები არსებობს აქტიური და პასიური, ხოლო გამოყენების მიხედვით ორგანული და არაორგანული ფილტრები. სანაპირო ზოლში გამოყენებული სამრეწველო ფილტრები ძირითადად დაპროექტებულია არაორგანული ნაწილაკების ან სითხეში შეწონილი მყარი ნაწილაკების მოსაცილებლად. დადგენილია, რომ ორგანული ნაწილაკების ამ ფილტრებით მოცილება ძალიან შეზღუდულია. ფილტრების გამოყენება ძირითადად განპირობებულია ორგანიზმების სხვადასხვა სახეობებთან კავშირში. კინგსტონის კოლოფის ფილტრებს შეუძლიათ დააკავონ დიდი ორგანიზმები და მათ შორის თევზები. ტექნიკურად შესაძლებელია მფილტრავი ელემენტის იმ ზომამდე შემცირება, რომ მარილის მოცილებაც კი შესაძლებელი იყოს წყლიდან [39,43].

მფილტრავი ელემენტის ზომების შემცირებით:

- შესაძლებელია წყლის უფრო ეფექტური დამუშავება დიდი ზომის ორგანიზმების და ნარჩენების მოცილების გზით;

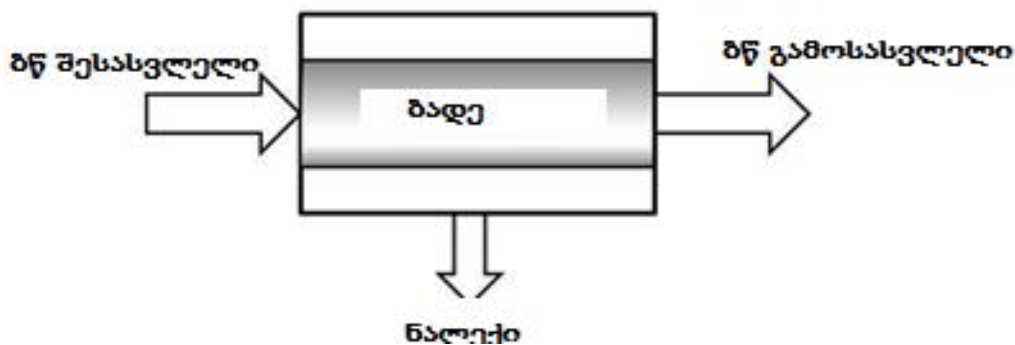
- შესაძლებელია ფილტრის ზედაპირის გადიდება, ბალასტის წყლის ნაკადის დიდი სიჩქარეების შესაბამისად;

- ფილტრის შემდეგ მიიღწევა წნევის დიდი ვარდნა, რის გამოც ტუმბოს მწარმოებლობის გაზრდა აუცილებელია;

- მიიღწევა ღირებულების გაზრდა, საექსპლუატაციო და მომსახურების ხარჯების გაზრდა;

- დიდი ალბათობით შესაძლებელია მფილტრავი ელემენტების დაბინძურება (გაბიძგნა), რაც აუცილებელს ხდის იგი გაირეცხოს ან გაიწმინდოს ხშირად;

სურ.12-ზე ნაჩვენებია ბალასტის წყლის გაწმენდის სქემა ფილტრაციის მეთოდით.



სურ.12. ბალასტის წყლის გაწმენდა ფილტრაციის მეთოდით.

ბალასტის წყლის დამუშავების სისტემაში ძირითადად გამოიყენება ფილტრების შემდეგი ძირითადი ტიპები:

- ეკრანული ფილტრები (თვითგამწმენდი);
- დისკური ფილტრები.

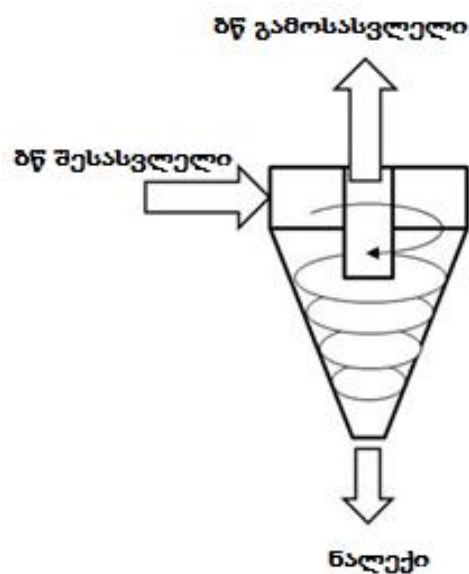
ფილტრებმა შეიძლება ვერ უზრუნველყონ ისეთი მცირე ორგანიზმების მოცილება როგორცაა: მიკრობები, ბაქტერიები და ვირუსები, თუმცა ისინი ითვლებიან სისტემის დამუშავების აუცილებელ ნაწილად.

1.5.2. ციკლონური სეპარაცია.

ციკლონური სეპარაცია ანუ ჰიდროციკლონირება ხორციელდება ცენტრიდანული ძალების გამოყენებით, შეწონილი ნაწილაკების და ორგანიზმების მოსაცილებლად თუ მათი სიმკვრივე წყლის სიმკვრივეზე მეტია (სურ.13). ასევე როგორც ფილტრებში, მათი მუშაობაც დამოკიდებულია შესასვლელში და გამოსასვლელში წნევის ცვალებადობაზე. ციკლონებს არ გააჩნიათ ფორები, რის გამოც გამორიცხულია მათი გაბიძგნა და შედარებით მძიმე ნაწილაკები გამოიდევენება ნარჩენებთან ერთად [46,53].

ჰიდროციკლონების ეფექტურობა დამოკიდებულია:

- ნაკადის სიჩქარეზე;
- ნალექის მოცულობაზე;
- ტუმბოს მწარმოებლობასა და წნევის ცვალებადობაზე;
- მოწყობილობის განლაგებაზე (ყველაზე ეფექტურია ვერტიკალური განლაგება).



სურ.13. ბალასტის წყლის გაწმენდა ციკლონური ცირკულაციით.

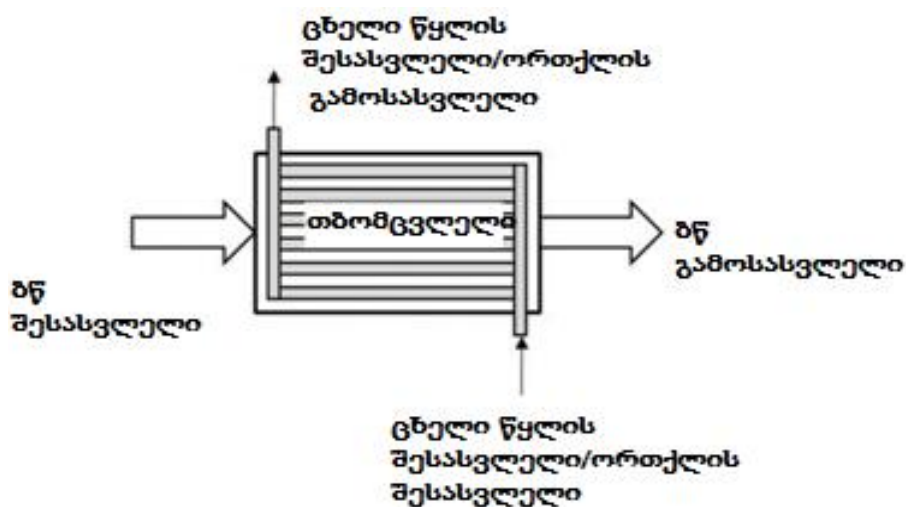
1.5.3. თერმული დამუშავება.

თერმული დამუშავება, ისევე როგორც ფილტრაცია, გამოიყენება კვების პროდუქტების და სასმელების (რძე) დასამუშავებლად. დღეისათვის გემებზე გამოიყენება თბომცვლელები სხვადასხვა მიზნით, ძირითადად როგორც გაგრილების საშუალება. გამაცხელებელი სისტემების გემზე გამოყენების გამოცდილების საფუძველზე შესაძლებელი გახდა ბალასტის წყლის თერმული დამუშავების პროცესის დანერგვა (სურ.14).

თერმულ დამუშავებასთან დაკავშირებულია შემდეგი ძირითადი ტექნიკური კითხვები:

- ტანკის შიგნით არსებულ თბილ წყალში გარკვეული ორგანიზმები შეიძლება სწრაფად განვითარდნენ. ორგანიზმების უმეტესი ნაწილი ბალასტის წყალში იხოცებიან, თუ წყალი თბება განსაზღვრულ ტემპერატურამდე ადეკვატური დროის მანძილზე.

- მოითხოვება ენერჯის დიდი რაოდენობა, რისთვისაც საჭიროა განსაზღვრული რაოდენობის სათბობი, რაც მოითხოვს დამატებით ეკონომიკურ ხარჯებს და მნიშვნელოვნად მოქმედებს გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე.



სურ.14. ბალასტის წყლის გაწმენდა თერმული დამუშავებით.

გემზე ბალასტის წყლის მიღება შესაძლებელია თვითდინებით ან კინგსტონის და ტუმბოების გამოყენებით. კინგსტონის კოლოფები შეიძლება განლაგებული იყოს გემის ქვევით ან ბორტზე. ძირითადად ისინი განლაგებული არიან ბორტის ორივე მხარეს სიმეტრიულად. ბალასტის სისტემა მუშაობს რევერსიულ რეჟიმში დაბალასტირების დროს, რადგან წყალი ჩამომშვები სარქველის გავლით გადაედინება ბორტის გარეთ. ბალასტის წყლის მიღების და ჩაღვრის ოპერაციები კონტროლირდება მონიტორინგის ცენტრალური სადგურის მიერ და ბალასტის წყალი თვითდინებით შეერევა ერთი ტანკიდან მეორეში. დიდი ნაწილი კი გადაიტუმბება ბალასტის ტუმბოებით. ზოგიერთ შემთხვევაში გამოიყენება ცალკეული გამწმენდი ტუმბოები, რომლებიც უფრო სრულყოფილად ახდენენ ბალასტის წყლის გაწმენდას.

1.5.4. დასხივება

ელექტრომაგნიტური დასხივება, რომელიც საერთოდ იყოფა სამ კატეგორიად (გამა, მიკროტალღური და ულტრაიისფერი) მრეწველობის ბევრ დარგებში გამოიყენება როგორც დეზინფექციის საშუალება [39,50,51,52]. გამა და მიკროტალღური გამოსხივება

მართალია ძალიან ეფექტურია, მაგრამ მათი ენერგომოთხოვნილება ძალიან დიდია, რის გამოც დიდი რაოდენობის ბალასტის წყლის დასამუშავებლად ისინი ფაქტიურად არ გამოიყენებიან. ულტრაისფერი გამოსხივება კი პირიქით საკმაოდ ეფექტურია 20 მიკრონი და უფრო მცირე ზომის მიკროორგანიზმების განადგურების მიზნით. ულტრაისფერი (სურ.15) დამუშავების სისტემა თავის მხრივ იყოფა დაბალი,საშუალო და მაღალი წნევის სისტემებად.ულტრაისფერი დამუშავების სისტემის მუშაობა დამოკიდებული არ არის ზღვის წყლის ტემპერატურაზე, მაგრამ შეიძლება დამოკიდებული იყოს შემდეგ ფაქტორებზე:

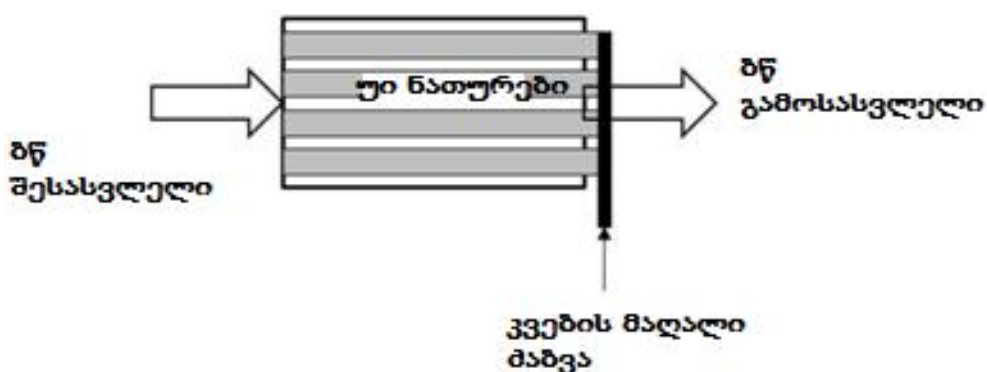
- ულტრაისფერის დოზა, რომელიც გაიანგარიშება ულტრაისფერი ენერგიის სიმკვრივით დასხივების ფართზე;

- ორგანიზმებზე დასხივების ხანგრძლივობის დრო, რომელიც განსაზღვრავს ულტრაისფერი სისტემის ზომებს;

- ორგანიზმების ზომები. რაც მეტია ორგანიზმების ზომები, მით ნაკლებია მათ უჯრედებში გამოსხივების შეღწევის ალბათობა, რაც აქვეითებს სისტემის ეფექტურობას;

- ულტრაისფერი ნათურები ზღვის წყალში ჩაშვების დროს შესაძლებელია იოლად დაიფაროს ლორწოვანი ფენით ან ზღვის წყალმცენარეებით მაშინ,როცა ისინი არამუშა მდგომარეობაში არიან. შედეგად, საჭიროა ნათურების პერიოდული გაწმენდა სისტემის ოპტიმალური მუშაობის მიზნით.

- ზღვის წყალი უნდა გაიწმინდოს მძიმე ლითონების იონებისა და ნავთობის ნარჩენებისაგან.

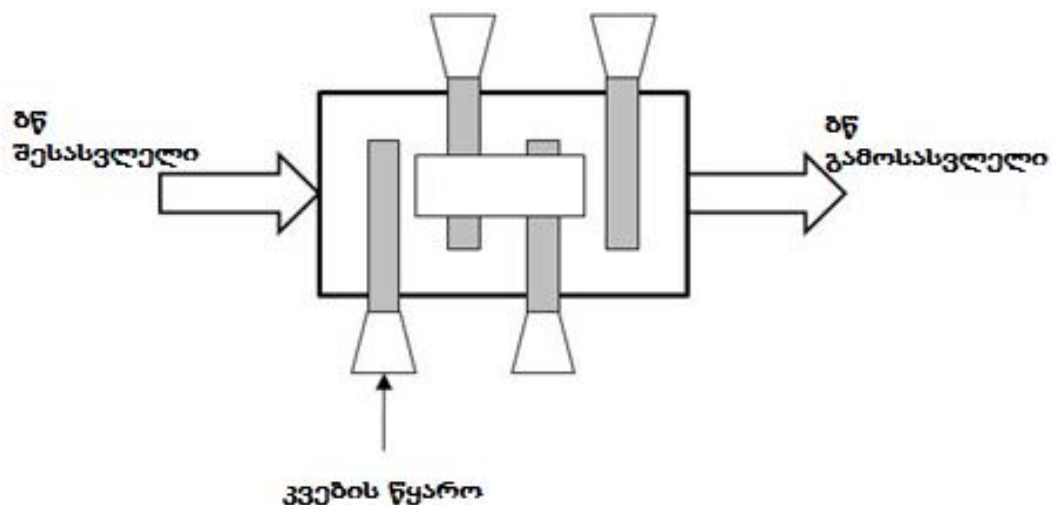


სურ.15. ბალასტის წყლის გაწმენდა ულტრაისფერი გამოსხივებით.

ულტრაიისფერი სისტემის უმეტესი რაოდენობა ექსპერიმენტალურად გამოკვლეულია ლაბორატორიულ პირობებში და უშუალოდ გემებზე, რის შედეგადაც დადგინდა, რომ აღნიშნული სისტემები მოითხოვენ დიდი რაოდენობის ელექტრულ ენერგიას, რის გამოც მათი ექსპლუატაციისას აუცილებელია დამხმარე ძრავების არსებობა. ულტრაიისფერი სისტემით დამუშავებამ შეიძლება შეცვალოს წყლის ხარისხი ან წარმოქმნას ახალი თანამდევო პროდუქტი. აღნიშნული სისტემა შედის წესდება G9 მოთხოვნების მოქმედ სისტემაში.

1.5.5. ულტრა ბგერითი და ფიზიკური კავიტაცია.

კავიტაცია ეს არის აირის ბუშტულების ფორმირების პროცესი, იმ პირობებში როცა მნიშვნელოვანია სხვაობა სითხის და ორთქლის წნევებს შორის. ეს პროცესი წარმოიქმნება მაშინ, როცა წყალი განიცდის წნევის სწრაფ ცვალებადობას, რაც იწვევს ბუშტულების წარმოქმას უფრო დაბალი წნევის მხარეს (სურ.16). მაღალი წნევის ტალღები წყალში გავრცელებისას ახდენენ ცოცხალი ორგანიზმების დაზიანებას ან დაშლას. სითხეში ულტრაბგერითი ტალღებით ცოცხალი ორგანიზმების დაშლა გამოყენებულია დაახლოებით ათი წელია. ულტრაიისფერი სისტემისაგან განსხვავებით კავიტაცია დიდ ეფექტს ახდენს დიდ ორგანიზმებზეც და პატარა ორგანიზმები ნაკლებად განიცდიან ამ ტიპის დეზინფექციის მოქმედებას [24,68].



სურ.16. ბალასტის წყლის ულტრაბგერითი დამუშავების სქემა.

ულტრაბგერით დამუშავებასთან დაკავშირებული ძირითადი მომენტებია:

- ულტრაბგერითი და კავიტაციური სისტემების ეფექტურობა დამოკიდებულია ზღვის წყლის ტემპერატურაზე, სიღრმეზე და მასში ორგანიზმების კონცენტრაციაზე;
- აღნიშნული სისტემებით წარმოქმნილმა ბგერამ შეიძლება გავლენა იქონიოს გემის ბორტზე ადამიანის ჯანმრთელობასა და უსაფრთხოებაზე;
- ულტრაბგერითი და კავიტაციური სისტემები მოითხოვენ მაღალ ენერგომომსახურებას და შედარებით დიდ ფართს;
- ულტრაბგერების გახანგრძლივებულმა და წყვეტილმა ზემოქმედებამ შეიძლება საფრთხე შეუქმნას გემის კონსტრუქციის სიმტკიცეს.

ულტრაბგერითი და კავიტაციური სისტემების მუშაობის მრავალფეროვანი ლაბორატორიული გამოკვლევები გვიჩვენებს მის 90% ეფექტურობას 100 მიკრონზე მეტი ორგანიზმების შემთხვევაში და 50% ეფექტურობას, ბაქტერიებისა და მიკრობებისათვის.

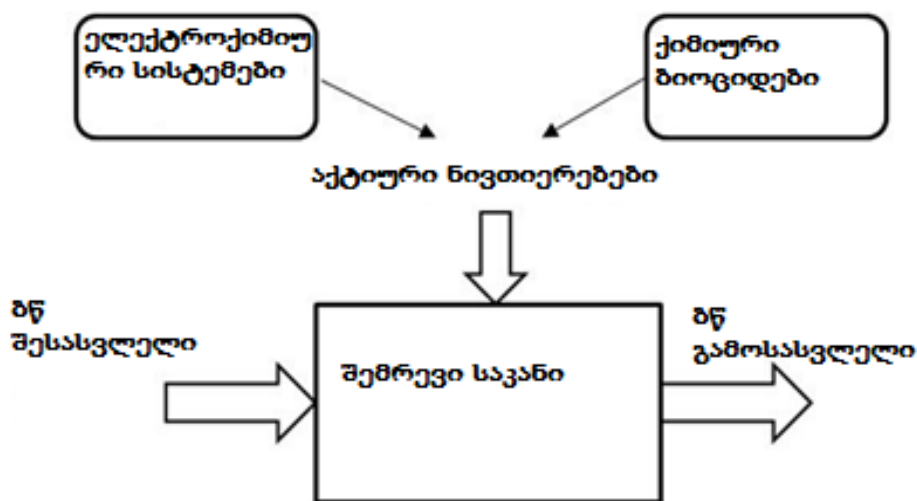
1.5.6. აქტიური სუბსტანცია ანუ ქიმიური დამუშავება

ბიოციდი ეფექტურად გამოიყენება უმეტეს სასოფლო სამეურნეო ტექნოლოგიებსა და კვების მრეწველობაში [8,9,11,12,13,26,54] ბიოციდი ადრე თითქმის არ გამოიყენებოდა ბალასტის წყლის დამუშავების მიზნით იმ გარემოების გამო, რომ იგი უარყოფითად მოქმედებდა ზღვის მაცხოვრებლებზე, თუმცა მრავალმა ქიმიკატმა გაიარა გამოკვლევა და დღეისათვის დაშვებულია მათი ამ მიმართულებით გამოყენება.(სურ.17).

ქიმიკატების გამოყენებასთან დაკავშირებულია შემდეგი ძირითადი კითხვები:

- განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე ყველა ორგანიზმების დეზაქტივაციის შესაძლებლობა;
- მისაღები და ეფექტურია სხვადასხვა ქიმიური და ფიზიკური შედგენილობის ზღვის წყლებისათვის;
- ტოქსიკური პროდუქტების გენერაცია ზღვის წყალთან ქიმიური რეაქციის გზით;
- ზემოქმედების დროს არსებული დროის ეფექტურობა;

- გემის ეკიპაჟის და მგზავრების უსაფრთხოება;
- საშიშია გემის კონსტრუქციისათვის, მილგაყვანილობისა და შენახვის ადგილებისათვის;
- საშიშია ზღვის გარემოსათვის;
- ადვილად მისაღები და ეკონომიურია.



სურ.17. აქტიური სუბსტანციის მეთოდი.

ქიმიკატების სახეობები, რომლებიც შესწავლილია და შემოთავაზებულია ბალასტის წყლის დამუშავების მიზნით წარმოდგენილია შემდეგი სახით: ქლორი, ქლორის ჰიდროოქსიდი, ნატრიუმის ჰიდროქლორიდი, ოზონი, ვიტამინი K₃. წყალბადის ზეჟანგი.

ქიმიკატების დამატებამ შეიძლება შეცვალოს წყლის ხარისხი, რის გამოც იგი შეიძლება საშიში გახდეს გემის კონსტრუქციისათვის, ეკიპაჟისა და გარემოსათვის. მათ შორის უმეტეს ნაწილს აქვს ნახევარდაშლის მოკლე პერიოდი და გარდაიქმნებიან სხვა ქიმიკატებად, რომლებიც უსაფრთხოა გარემო პირობებისათვის. ზოგიერთი ქიმიკატი შეიძლება წარმოებული იქნას უშუალოდ გემის ბორტზე ელექტრო-ქიმიური სისტემის გამოყენებით (ასეთებია ოზონი, ქლორი, ნატრიუმის ქლორიდი) დანარჩენი კი შენახული უნდა იქნას მშრალ ან თხევად ფორმაში.

1.5.7. წყალბადის გამოყოფა

წყლიდან წყალბადის გამოყოფა არა მარტო ამცირებს წყალბადდამოკიდებული ორგანიზმების აქტიურობას, არამედ ამასთან ამცირებს ზღვის წყლის კოროზიულ აქტივობას. წყალბადის გამოყოფა შესაძლებელია სხვადასხვა გზით, რომელთაგან აღსანიშნავია შემდეგი [55, 58]:

- საკვები ნივთიერებების გლუკოზის ან სულფიდის დამატება;
- ვაკუუმური კამერის გამოყენება;
- ინერტული აირის ხანგრძლივი გატარება წყალში.

ასეთი სისტემების მთელი რიგი რაოდენობა გამოკვლეული იქნა, როგორც ლაბორატორიულ, ასევე რეალურ პირობებში. დადგინდა, რომ მათი საშუალებით შესაძლებელია დიდი ორგანიზმების, ზომებით(20–50 მიკრონი), ლიკვიდირება. მაგრამ ისინი ნაკლებად ეფექტური არიან იმ ორგანიზმების მიმართ, რომლებიც გარკვეული დროით ეგუებიან ჟანგბადის უკმარისობას - სპორები, ბაქტერიები, ვირუსები და სხვა.

1.5.8. სხვა ტექნოლოგიები

ბალასტის წყლის მართვის სფეროში კვლევები სისტემატიურად მიმდინარეობს და ახალი იდეები, მიღწევები ქვეყნდება დიდი მასშტაბებით. ზემოთ აღნიშნულის გარდა არსებობს რამდენიმე სხვა ტექნოლოგია, რომლებიც განვითარების სტადიაშია. მაგალითად:

- მარილიანობის ცვლა;
- ზემოქმედება ელექტრული დენით;
- მაგნიტური დამუშავება;
- მექანიკური განადგურება;
- მემბრანული ტექნოლოგიების გამოყენება.

თავი 2. საქართველოს შავი ზღვისპირეთის ეკოლოგიური მდგომარეობა მისი საწყლოსნო სატრანსპორტო საშუალებების ბალასტური და ჩამდინარე წყლებით დაბინძურების თვალსაზრისით.

2.1. გემების ბალასტის წყლის ბიოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სამართლებრივი საფუძვლები.

თანამედროვე ეტაპზე წყლის ეკოსისტემაზე ანთროპოგენური ზემოქმედების აქტუალურ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს გემებით ბალასტის გადატანა და მისი ჩაშვება ზღვის აკვატორიის წყლებში [46,47,48,49]. ბალასტის წყლის გადატანა დაკავშირებულია რიგ ეკოლოგიურ კატასტროფებთან, რომელთაც გამოიწვიეს სერიოზული ეკონომიკური ზარალი. დღეისათვის მსოფლიო სამოქალაქო ფლოტის მიერ ყოველწლიურად გადაიტანება 10 მილიარდ ტონამდე ბალასტის წყალი, რომელშიც 7 ათასამდე სხვადასხვა სახეობის ზღვის ორგანიზმები და წყალმცენარეებია. მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური პრობლემები ზღვებისა და ოკეანეების წყლებთან დაკავშირებით განსაკუთრებით აქტუალური ხდება მე-20 საუკუნის ბოლოდან. უკანასკნელი 50-60 წლის მანძილზე ნაოსნობის ტემპების სწრაფმა ზრდამ გამოიწვია მიკროორგანიზმების სხვადასხვა სახეობების გავრცელება სხვადასხვა რაიონებში. ამასთან ხდება არა მარტო ერთი სახეობის ორგანიზმების, არამედ ზოგჯერ თითქმის მთელი ფაუნის გავრცელება. ამ პროცესმა მიიღო ე.წ. „ეკოლოგიური რულეტის“ სახელწოდება.

ზღვის მობინადრე ნაირსახეობებს შორის გვხვდება პარაზიტული თევზები, უხერხემლოები და მიკროორგანიზმები, რომლებიც საფრთხეს უქმნიან ადამიანის ჯანმრთელობას (ქოლერის ჩხირები). სავარცხელა და ორსაგდულიანი ტიპის მოლუსკები იწვევენ თევზების ეკოსისტემის სრულ დეგრადაციას. სავარცხელა მედუზის გავრცელება ყოველწლიურად იწვევს მილიარდი დოლარის ზარალს შავი და კასპიის ზღვისპირა ქვეყნებისათვის (შიგანოვა ტ.ა. 2009 წ). ასეთივე ზარალი მიაყენა აშშ და კანადას აზოვისა და შავი ზღვის აუზებიდან მოლუსკების გადასახლებამ ამერიკის დიდ ტბებში. ამ მიმართულებით აშშ-ში ყოველწლიური ზიანი შეადგენს 120 მილიარდ

დოლარს. ნიდერლანდების ქვეყანაში პონტო-კასპის ტიპის მოლუსკების გავრცელებამ გამოიწვია ყოველწლიური ზარალი 1-3 მილიონი ევრო (Weigdenetal,2007).

ადამიანის საქმიანობის შედეგად ბუნებრივ გარემოზე ახალი სახის ორგანიზმების გავლენას უწოდებენ ბიოლოგიურ დაბინძურებას (სუსტრეტოვა ნ.ვ. და სხვ.2012). ეს პრობლემა ძალზე აქტუალურია საქართველოს პირობებშიც. ქვეყნების ჩართვამ მსოფლიო ეკონომიკურ სისტემაში გამოიწვია საზღვაო გადაზიდვების ინტენსიფიკაცია (მათ შორის შიგა აუზის და ტრანსკონტინენტალური). განსაკუთრებული როლი ამ პროცესებში, როგორც გლობალური, ასევე რეგიონალური მასშტაბით უჭირავს ევრაზიის სამხრეთ ზღვებს და მათ შორის კასპის, აზოვისა და შავი ზღვის აუზებს. ეს ჩაკეტილი და ნახევრადჩაკეტილი წყალსაცავები განსაკუთრებული პირობებით ხასიათდება სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმების გამრავლებისა და ნატურალიზაციის კუთხით (ო. სტეფანიანი 2003). ასევე განსაკუთრებული თვისებებით ხასიათდება ამ მიმართულებით ხმელთაშუა ზღვა, რომლის აუზი ნახევრად ჩაკეტილია და მისი მარილიანობა ოკეანის წყლის მარილიანობაზე მეტია. ამ ზღვაში განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გავრცელდა სხვა სახეობის ორგანიზმები სუეცის არხის მშენებლობის შემდეგ (შიგანოვა ტ.ა.2009).

საზღვაო ფლოტის ტვირთშიდაობის გადიდება და გადაზიდვის დროის შემცირებამ დაარღვია ბიოგეოგრაფიული ბარიერი და რამდენჯერმე გაიზარდა სხვადასხვა სახის ორგანიზმების ახალ საცხოვრებელ გარემოში მოხვედრის რისკი. შავი და აზოვის ზღვა კი ითვლება ამ მიმართულებით ყველაზე ხელსაყრელ გარემოდ.(მატიშევი გ.გ.2000; კრენევა ა.ვ.2003; კუტაევა ნ.2004 წ).

1970-იან წლებში შავი და აზოვის ზღვის აუზებში გემების მიერ შემოტანილი იქნა სავარცხელას ტიპის მოლუსკი, რომლის სამშობლოა ჩრდილოეთ ამერიკის ზღვების სანაპიროები. აღნიშნულის გამო მნიშვნელოვნად შეიცვალა პლანქტონების თანაცხოვრების სტრუქტურა, რის შედეგადაც სამჯერ შემცირდა ზღვის აუზების პროდუქტიულობა [42,43,45]. თევზჭერის შემცირების გამო შავი ზღვისათვის ზარალმა შეადგინა 200 მილიონი დოლარი, ხოლო აზოვის ზღვისათვის 40 მილიონი დოლარი. ამასთან 500 მილიონი დოლარის ზარალი გამოიწვია თევზჭერი გემების მოცდენამ, რომლის მუშაობაზეც დამოკიდებულია თევზგადამამუშავებელი საწარმოების და სხვა

ინფრასტრუქტურების განვითარება (მირზოიანი ზ.ი.2000; სტრუდენკინა ა.ი.2003). სავარცხელა მედუზას კასპიის ზღვის აუზში შეღწევამ გამოიწვია მისი უნიკალური ენდემური ეკოსისტემის შეცვლა და შესაბამისად თევზების სამრეწველო ჯიშების პოპულაციის შემცირება კვებითი ჯაჭვის დარღვევის გამო (ზვიაგინცევი ა., სელიფანოვა ე.2008). მოლუსკებმა შეუქმნეს კვებითი კონკურენცია თევზებს და შესაბამისად თევზჭერის ეფექტურ განვითარებას მიაყენეს ზარალი (ზვიაგინცევი ა., სელიფანოვა ე.2008).

დღეისათვის პრობლემები დაკავშირებულია აგრეთვე ზღვის დინებებით მახრჩობელა წყალმცენარეების გავრცელებასთან, რომლებიც განსაკუთრებული ტოქსიკურობით ხასიათდებიან და იწვევენ ადამიანების და თევზების მოწამვლას [53,55]. ზოგიერთი ამ ტიპის წყალმცენარეები ახდენენ ნერვული სისტემის პარალიზებას. ალექსანდრიუმის ტიპის მომწამვლელი წყალმცენარეები, რომლებიც შეიმჩნევა შავი ზღვის აუზში შემოტანილია ბალასტის წყლებთან ერთად ტროპიკული წყლებიდან (მელანინი ვ.,2009).

ზოგიერთ ქვეყანაში გემზე ბალასტის წყლის ცვლილების ნაციონალური წესების შემოღების ქრონოლოგია გამოიყურება შემდეგი სახით:

- 1989 წ. კანადამ ბალასტის წყლის შეცვლის შესახებ მიიღო სტანდარტი დიდი გემების და მდინარე ლავრენტის შესასვლელზე. იმავე წელს საბჭოთა კავშირის მიერ მოქმედებაში შევიდა წესები შავი ზღვის წყლებში ბალასტის წყლის შეცვლის შესახებ. იგი დაშვებული იქნა ოდესის პორტის წყლებში და აიკრძალა ხერსონის და ნიკოლაევის პორტებისათვის;

- 1990 წ. აშშ-მ მიიღო კანონი არაადგილობრივი წარმომავლობის ორგანიზმების მიერ მიყენებული ზიანის შეზღუდვის მიზნით. შემოღებული იქნა მოთხოვნები ბალასტის წყლის შეცვლის შესახებ იმ გემების მიმართ, რომლებიც მოძრაობდნენ დიდი ტბებისა და მდ. გუმონის მიმართულებით. შეიქმნა კომისია ორგანიზმების მიერ მიყენებული ზიანის შესაფასებლად;

- 1992 წ. ავსტრალიამ მიიღო დადგენილება ბალასტის წყლის დამუშავების აუცილებლობის შესახებ;

- 1994 წ. ისრაელმა წამოაყენა პირობა, რომლის თანახმადაც გემები, რომლებიც

ბალასტის წყლის შეცვლის ოპერაციას ახდენენ მის სანაპიროებთან ახლოს ან პორტებში, ვალდებული არიან მოახდინონ ბალასტის წყლის შეცვლა მანამდე ღია ოკეანეში;

- 1995 წ. ჩილეში შემოიღეს წესები ამ ქვეყნის პორტებში შემავალი გემების ბალასტის წყლის შეცვლის შესახებ;

- 1996 წ. აშშ-ის ნავთობმზიდი ტანკერები, რომელთაც გაჰქონდათ ნავთობი ექსპორტზე ალიასკიდან ვალდებული იყვნენ უკან მსვლელობისას ბალასტის წყლის შეცვლა მოეხდინათ ღია ოკეანეში. აშშ კონგრესმა მიიღო ნაციონალური აქტი იმ მავნე ორგანიზმების შესახებ, რომლებიც ქვეყანაში შემოდიან ბალასტის წყლის შეცვლის გამო (კანონი NISA-96). ამ კანონის თანახმად სანაპირო დაცვისადმი წარდგენილ დოკუმენტაციაში მითითებული უნდა იყოს ზუსტი გეოგრაფიული კოორდინატები და აღწერა ბალასტის წყლის ცვლილების შესახებ

- .1997 წელს რუსეთის ფედერაციის მიერ შემოღებული იქნა ნავთობის, ნავთობპროდუქტების და სხვა ნივთიერებების ოპერაციის რეგისტრაციასთან დაკავშირებით. მასში ძირითადად მოცემულია იმ ორგანიზმების შესახებ შეზღუდვები, რომლებიც მოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობასა და ზღვის ცოცხალ რესურსზე.

- 1998 წ. ახალმა ზელანდიამ დაავალდებულა ყველა გემი მის ტერიტორიულ წყლებში ბალასტის წყლის შეცვლა მოახდინონ ღია ოკეანეში. 1999 წელს მოქმედებაში შევიდა აშშ მოთხოვნები სანაპიროს დაცვის შესახებ,

- NISA-96 კანონის საფუძველზე. უკრაინამ დაადგინა წესები შავ ზღვაში ბალასტის წყლის შეცვლის შესახებ, რომლის მიხედვით იკრძალება ბალასტის წყლის შეცვლა ნიკოლაევის და ხერსონის პორტებში.

- 2000 წ. კალიფორნიაში ძალაში შევიდა კანონი ბალასტის წყლის შესახებ, რომლის მიხედვით ყველა გემი ვალდებულია ბალასტის წყლის შეცვლა მოახდინოს არაუმეტეს 50 მილისა ნაპირიდან.

- 2001 წელს კალიფორნიაში მიღებული იქნა კანონის დამატება, რომლის მიხედვითაც ყოველი გემი ვალდებულია გადაიხადოს თითოეულ რეისზე 400 დოლარი ე.წ. ბალასტის გადასახადი. ავსტრალიაში მიღებული მოთხოვნების მიხედვით ბალასტის წყლის ჩაღვრა შესაძლებელია მხოლოდ საკარანტინო სამსახურის წერილობითი თანხმობით.

მსოფლიო ოკეანის წყლების დაბინძურების შეზღუდვის შესახებ კითხვები 1960 წლიდან განიხილება და წყდება საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის (ИМО) მიერ, რომელიც შექმნილია გაერთიანებული ერების ორგანიზაციასთან. ამ ინიციატივით მიღებულია კონვენცია ღია ზღვების, ტერიტორიალური ზღვების და მიმდებარე ტერიტორიებისათვის თევზჭერის და ცოცხალი რესურსის დაცვის შესახებ.

საერთაშორისო კონფერენციებზე ჩამოყალიბდა სამართლებრივი საფუძვლები ზღვის გარემოს დაბინძურებისაგან დაცვის შესახებ (მარიუპოლი-73/78). 1991 წელს ИМО-ს მიერ დამუშავდა რეზოლუცია-50, რომელიც წარმოადგენს სახელმძღვანელოს ბალასტის წყლით პათოგენური და საშიში ორგანიზმების გავრცელების შეზღუდვის შესახებ. დოკუმენტს 1992 წელს დაემატა რეზოლუცია A771. 1997 წელს ИМО-ს ასაბლემ მიიღო რეზოლუცია A.868 გემის ბალასტის წყლის კონტროლის შესახებ, რომელიც აფუძნებს ბალასტის წყლის შეცვლის მექანიზმს ზღვებში.

2004 წლამდე არ არსებობდა მკაცრი საერთაშორისო წესები ზღვების აკვატორიაში ბალასტის წყლით მავნე და პათოგენური ორგანიზმების გადატანის შესახებ. 2004 წლის თებერვალში ИМО გამართა საერთაშორისო კონფერენცია გემებზე ბალასტის წყლის მართვის შესახებ და მიიღო კონვენცია მისი კონტროლის შესახებ. ახალი კონვენცია (BWConvention, 2004) მანამდე არსებული საერთაშორისო კონვენციის დამატებაა გემებით ზღვების დაბინძურების შეზღუდვის შესახებ (მიღებული 1973 წ.).

2015 წლის აგვისტოს მდგომარეობით კონვენცია ხელმოწერილია 44 სახელმწიფოს მიერ. რიგი სახელმწიფოები (ავსტრალია, ბრაზილია, ისრაელი, კანადა, ახალი ზელანდია, აშშ, ჩილე და სხვა) უკვე უყენებენ მოთხოვნებს მათ პორტებში შემავალ გემებს ბალასტის წყლის კონტროლის და მართვის შესახებ პათოგენური მიკროორგანიზმების შეტანის შეზღუდვის მიზნით.

D-1 და D-2 კონვენციის წესებით განსაზღვრულია გემზე ბალასტის წყლის შეცვლის შემდეგი სტანდარტი:

წესდება D-1: ბალასტირების განმახორციელებელი გემი ვალდებულია მოახდინოს ეფექტური შეცვლა, რაც შეადგენს მთლიანი მოცულობის 95%, ამასთან თითოეულ ციკლში უნდა შესრულდეს წყლის სამჯერადი გადატუმბვა.

წესდება D-2: გემს, რომელიც ახორციელებს ბალასტის წყლის მართვას, შეუძლია

წყალში ჩაყაროს ყოველ 1 მ²-ზე 10-ზე ნაკლები სიცოცხლისუნარიანი 50 მკმ-ზე მეტი ზომის ორგანიზმები და ერთ მილილიტრში 10-ზე ნაკლები 10-50 მკმ ზომის მავნე ორგანიზმი.

D-1 წესდებით გათვალისწინებული სტანდარტის შესასრულებლად გემები შეძლების და მიხედვით ბალასტის წყლის შეცვლას ახორციელებენ ნაპირიდან არა ნაკლები 200 საზღვაო მილის დაშორებით არა უმცირეს 200 მ სიღრმეზე. თუ ამ მოთხოვნის შესრულება შეუძლებელია, შეცვლა უნდა მოხდეს არა ნაკლები 50 საზღვაო მილის დაშორებით არა ნაკლებ 200 მ სიღრმეზე. თუ ამ მოთხოვნების შესრულებაც შეუძლებელია, მაშინ პორტის მფლობელი სახელმწიფო თვითონ გამოყოფს ადგილს ბალასტის შესაცვლელად.

საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ ბალასტის წყლის ღია ოკეანეში შეცვლა დროებით ხასიათს ატარებს და იგი მოქმედებაშია გარდამავალი პერიოდის განმავლობაში, რადგან მუშავდება ახალი მეთოდები და მიდგომები ბალასტის წყლის ეკოლოგიური უსაფრთხოების სრულყოფის მიზნით, რომელიც გამოცდას გადის საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის მიერ.

2010 წლის თებერვალში გამოვიდა ცნობარი Ballast Water Treatment Technology, რომელიც შეიცავს ბალასტური წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების მოთხოვნებს .

ნორვეგიული ვერიტასი (Det Norske Veritas) რეგულარულად აქვეყნებს ინფორმაციას საზღვაო გარემოს დაცვის კომიტეტის მუშაობის შესახებ. კერძოდ ქვეყნდება ცნობები ბალტიის, ჩრდილოეთის და ნორვეგიის ზღვებში ბალასტის წყლის შეცვლის ადგილის და პირობების შესახებ.

გემებზე, რომლებიც ახორციელებენ ბალასტის წყლის მართვას და შეცვლას უშუალოდ ზღვაში, მათთვის დადგენილია პირობითი აღნიშვნა სპეციალური ნიშნით BWM. გემებს, რომელთა ბორტზე არ არის ბალასტის წყლის ზღვაში უსაფრთხო შეცვლის შესახებ, რეესტრის მიერ დამოწმებული მოთხოვნები, ეკრძალებათ ზღვაში ბალასტის წყლის შეცვლა (სუსტრეტოვა ნ.ვ.,2012). ყველა გემს, რომელიც კონვენციის მოთხოვნებშია აუცილებლად უნდა გააჩნდეთ ბალასტის წყლის მართვის გეგმა და მათზე ჩატარებული ოპერაციის აღრიცხვის ჟურნალი. პორტის ხელმძღვანელი სპეციალისტის მიერ ხორციელდება დოკუმენტაციის, კონვენციის მოთხოვნებთან

შესაბამისობის შემოწმება.

საქართველოში შავი ზღვის წყლების დაბინძურების პრობლემა არა მარტო ნაციონალური, არამედ საერთაშორისო მასშტაბისაა. საქართველოში ყველა გემის კონტროლი, გარემოს დაცვის კუთხით ხორციელდება საკონვენციო ინსპექციის მიერ. საქართველოს პორტებში ყოველწლიურად შემოდის ასობით გემი მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნიებიდან, მათ შორის შესაძლო ეპიდემიურად არასასურველიც, რომლებიც საპორტო სანაოსნო წყლებში ღვრიან ბალასტს. პრაქტიკულად არცერთ გემზე არ არსებობს ბალასტის წყლის გამწმენდი მოწყობილობა და ქვეყანაში ბალასტის გამწმენდი სადგური არ ფუნქციონირებს.

დღეისათვის საქართველოში ზღვის დაბინძურების შეზღუდვის მიზნით, მოქმედებს შემდეგი ნორმატიული დოკუმენტები: სახელმწიფო სანიტარული წესები და ნორმები გემების მიერ ჩამდინარე, ნავთობშემცველი, ბალასტის წყლების და ნარჩენების ზღვაში ჩაშვების შესახებ; კონვენცია MAPПОЛI 73/78 დამატება IV; ზედაპირული წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის სანიტარული წესები და ნორმები ; საქართველოს შიგა და ტერიტორიალური საზღვაო წყლების დანაგვიანებისა და დაბინძურებისაგან დაცვის წესები.

ნავსადგურში შემოსვლისას გემები სპეციალური სამსახურის მიერ, განიცდიან დოკუმენტალურ შემოწმებას აუცილებელ კონტროლთან ერთად. გემზე არსებული ჩამდინარე წყლების ოპერაციის ჟურნალის მიხედვით, კონტროლდება პირდაპირ ჩამოცლის ფარების სახურავების დახურვა-დალუქვის დრო. მოწყობილობების ხარისხის შეფასება მიმდინარეობს შემდეგი საერთაშორისო და ნაციონალური მაჩვენებლებით: ჟბკ-5, შეწონილი ნივთიერებების შემადგენლობა, ნარჩენი ქლორის შემადგენლობა 1 ლიტრ წყალზე.

2012 წელს საქართველო შეუერთდა 2004 წლის საერთაშორისო კონვენციას გემების ბალასტის წყლის მართვის და კონტროლის შესახებ (მთავრობის დადგენილება №54 2014 წ). დღეისათვის საქართველოში ზღვების სანაპირო წყლების დაცვის სფეროში მოქმედებს შემდეგი დოკუმენტები:

-შავი ზღვის დაბინძურებისაგან დაცვის კონვენცია, ოქმი შავი ზღვის ბიოლოგიური მრავალფეროვნების და ლანდშაფტის შენარჩუნების შესახებ;

-შავი ზღვის რეაბილიტაციისა და დაცვის სტრატეგიული სამოქმედო გეგმა Black Sea (2009);

-შავი ზღვის ბიომრავალფეროვნების და ლანდშაფტის შენარჩუნების შესახებ კონვენციის დამატებითი ოქმი –1982;

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კონვენცია, ზღვის კანონი (UNCLOS), გაეროს 1982 წლის საზღვაო სამართლის კონვენცია (UNCLOS) .

კონვენცია „ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შესახებ“ (CBD) კონვენცია, 1992 წ.;

საერთაშორისო კონვენცია გემებიდან დაბინძურების თავიდან აცილების, 1973 / 1978 (MARPOL 73/78);

ზღვაზე ადამიანის სიცოცხლის დაცვის საერთაშორისო კონვენცია , 1974 (SOLAS);

საერთაშორისო უსაფრთხოების სახელმძღვანელო კოდექსი (ISM Code);

კონვენცია მეზღვაურთა სტანდარტული მომზადების, დიპლომირებისა და მათი ვახტაზე დგომის შესახებ (STCW Code);

საერთაშორისო კონვენცია საზღვაო მიმოსვლის ხელშეწყობის, 1965 (FAL);

მთავრობის დადგენილება „სანაპირო ზოლში წყლების დაბინძურებისაგან დაცვის სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური მოთხოვნები“. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ბალასტის წყლის ოპერაციას ყულევის და სუფსის პორტების რაიონებში, რომლის შესახებაც 1998 წელს მიიღეს „სავალდებულო დადგენილება“ გემებზე ბალასტის ოპერაციის ჩატარების შემდეგ აუცილებელია გემის ჟურნალიდან ამონაწერი წარედგინოს სპეციალურ სამსახურებს.

**2.2. საქართველოს პორტების ფიზიკო-გეოგრაფიული მახასიათებლები
(გეოგრაფიული მდებარეობა, კლიმატური თავისებურებები და
ჰიდრომეტეოროლოგიური თავისებურებები, სიღრმე, წყლის ტემპერატურა,
მარილიანობის მაჩვენებლები, დინების სახე)**

ბათუმის საზღვაო ნავსადგური

ბათუმის საზღვაო ნავსადგური განლაგებულია შავი ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში. ნავსადგურის ტერიტორია შეადგენს 22.2 ჰა. ნავმისადგომების რაოდენობაა - 11. ღია სასაწყობო ტერიტორიების საერთო ფართი-16412მ². გემების ნავმისადგომებთან გაჩერება და სატვირთო ოპერაციების წარმოება, ნავსადგურში ხორციელდება დღეღამის განმავლობაში. ნავსადგური აღჭურვილია შესაბამისი სპეციალური მოწყობილობებით და დანადგარებით მათ შორის უმნიშვნელოვანესი ნაპირდამცავი ნაგებობებით, ნავმისადგომებით, გადამტვირთავი მექანიზმებით, საწყობებით, სანავსადგურო ფლოტის გემებით, ნავსადგურის შიდა სარკინიგზო და საავტომობილო გზებით, ავტოტრანსპორტით, წყალგაყვანილობის სისტემით, კავშირითა და საზღვაო სამგზავრო სადგურით [60,63].

ამჟამად ნავსადგურში მოქმედებენ ნავთობტერმინალის ნავმისადგომები №1, №2, №3 და უნავმისადგომო ჩამოსასხმელი, საკონტეინერო ტერმინალის ნავმისადგომები №4 და №5, სანავმისადგომო კომპლექსი ბორნების დამუშავებისათვის, სატვირთო ტერმინალი მშრალი ტვირთების დამუშავებისათვის ნავმისადგომები №6, №7, №8 და №9 და სამგზავრო ტერმინალის ნავმისადგომები №10 და №11).

ცხრილი 4

ნავთობ ტერმინალი

ნავმისადგომი	№ 1	№ 2	№ 3	უნავმისადგომო
სიგრძე (მ)	200	140	165	
სიღრმე (მ)	12,24	10.2	10.2	15.5-37.0
ფართობი(მ ²)	9 546	5 662	12 481	
გემების DWT	45 000	16 000	25 000	140 000(წყალწყვა)

ნავთობტერმინალის გამტარუნარიანობაა – 15 მლნ. ტონამდე წელიწადში. ტერმინალი სპეციალიზირებულია ნედლი ნავთობისა და პრაქტიკულად ყველა ტიპის ნავთობის გადამუშავებაზე: დიზელის საწვავი, ბენზინი, მაზუთი და სხვა.

ცხრილი 5

საკონტეინერო ტერმინალი და სანავმისადგომო კომპლექსი ბორნების მომსახურებისათვის

ნავმისადგომი	№ 4,5	საბორნე გადასასვლელი
სიგრძე (მ)	284.0	43.9
სიღრმე (მ)	12.0	8.24
ფართობი(მ ²)	40 000	
გემების DWT	35 000	12 600

საკონტეინერო ტერმინალის გამტარუნარიანობა შეადგენს 100 000 ტ წელიწადში. ბორანი კურსირებს ვარნას, ილიეჩევსკის, ფოთის, ბათუმის ნავსადგურებს შორის. საბორნე სისტემის მუშაობა სრულიად ავტომატიზირებულია. ტერმინალის ნომინალური წლიური გამტარუნარიანობა შეადგენს დაახლოებით 700 000 ტ.

ცხრილი 6

მშრალი ტვირთების ტერმინალი

ნავმისადგომი	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
სიგრძე (მ)	183.3	263.3	180.0	204.0
სიღრმე (მ)	8.24	11.5	10.75	10.24
ფართობი(მ ²)		6 655	5 630	3 371
გემების DWT		60 000	20 000	25 000

№6 ნავმისადგომს ასევე გააჩნია ღია სასაწყობო ფართი და არის სპეციალიზირებული ჯართის დამუშავებაზე პირდაპირი და სასაწყობო ვარიანტით.

№7 ნავმისადგომი განკუთვნილია დიდი ტვირთამწეობის გემებისათვის და სპეციალიზირებულია ნაყარი, თხევადი, გენერალური და საცალო ტვირთის ტარებში

გადამუშავებაზე ერთი ადგილის წონით აარაუმეტეს 20 ტონისა.

№8 ნავმისადგომი განკუთვნილია მცირე ტვირთამწეობის გემებისათვის და სპეციალიზირებულია ნაყარი, თხევადი, გენერალური და საცალო ტვირთის ტარებში გადამუშავებაზე ერთი ადგილის წონით არაუმეტეს 10 ტონისა.

№9 ნავმისადგომი განკუთვნილია მცირე ტვირთამწეობის გემებისათვის და სპეციალიზირებულია თხევადი, გენერალური და საცალო ტვირთის ტარებში გადამუშავებაზე ერთი ადგილის წონით არაუმეტეს 6 ტონისა.

მშრალი ტვირთის ტერმინალის მაქსიმალური გამტარუნარიანობაა–2,0 მილიონი ტონა წელიწადში.

ცხრილი 7

სამგზავრო ტერმინალი

ნავმისადგომი	№ 10	№ 11
სიგრძე (მ)	225.7	188.5
სიღრმე (მ)	12.2	8.6
ფართობი(მ ²)	13.5	19.5
გემების DWT	6 000	5 160

სამგზავრო ტერმინალი განლაგებულია ქალაქის ცენტრში, სანაპირო ბულვარის გაყოლებაზე. ტერმინალის გამტარუნარიანობა შეადგენს დაახლოებით 180 000 მგზავრს წელიწადში. №10 და №11 სამგზავრო ნავმისადგომები უზრუნველყოფენ სამგზავრო გემების დამუშავებას, ასევე (Ro-Ro) ტიპის სამგზავრო სატვირთო მცირე ტვირთამწეობის ბორნების დამუშავებას .

ფოთის ნავსადგური

ფოთის ნავსადგური საქართველოს უძველესი ნავსადგურია შავი ზღვის სამხრეთ სანაპიროზე, რომელიც 1858 წელს აშენდა. ფოთის ნავსადგური უმოკლესი გზაა ევროპასა და აზიას შორის და ამგვარად, იგი წარმოადგენს დერეფანს კავკასიასა და ცენტრალურ აზიას შორის. ფოთის საზღვაო ნავსადგური წარმოადგენს მსხვილ, მექანიზირებულ, თანამედროვე ტიპის სატრანსპორტო საწარმოს, რომელიც უდიდეს როლს ასრულებს, როგორც სტრატეგიული ამოცანების განხორციელების, ასევე

საქართველოს ეკონომიკური პოტენციალის ზრდის საქმეში. მასზე მოდის ქვეყნის იმპორტ-ექსპორტის მნიშვნელოვანი წილი. გეოგრაფიული ადგილმდებარეობის გამო, დღეს ფოთის საზღვაო ნავსადგური კავკასიური დერეფნის ერთ-ერთ საკვანძო პუნქტს წარმოადგენს. იგი პირდაპირი საზღვაო მარშრუტებით უკავშირდება ევროპისა და აზიის უმსხვილეს პორტებს, ასევე გააჩნია პირდაპირი საბორნე მიმოსვლა შავი ზღვის ნავსადგურებთან უკრაინაში, რუსეთსა და ბულგარეთში. ფოთის საზღვაო ნავსადგურის საქმიანობის პროფილია რკინიგზისა და საზღვაო ტრანსპორტის გამოყენებით სხვა და სხვა საქონლის შემოზიდვა, მათი დროებითი შენახვა-განთავსება, აგრეთვე ამ საქონლის შემდგომი ტრანსპორტირება.

ნავსადგური აღჭურვილია თანამედროვე ტექნიკით და შეესაბამება ევროპულ სტანდარტებს. აქ ფუნქციონირებს ღია და დახურული სასაწყობე მეურნეობები, საავტომობილო და სარკინიგზო მიმოსვლის გზები, გამანაწილებელი ქვესადგური და სხვა ინფრასტრუქტურული დამხმარე ნაგებობები. ნავსადგურს აქვს შესაძლებლობა გადაამუშაოს 8 მლნ. ტონაზე მეტი ტვირთი. 2008 წელს ტვირთბრუნვის ნიშნულმა სწორედ ამ ციფრს გადააჭარბა. ნავსადგურს შეუძლია მოემსახუროს 25,000 ტონა წყალწყვის მქონე ტანკერებს, ნაყარი ტვირთის გადამზიდებს, რომელთა წყალწყვა 25,000 ტონაა, გადაამუშაოს გენერალური ტვირთი და მოემსახუროს გემებს, რო-როს, სამგზავრო და თევსაჭერ გემებს. გემების მაქსიმალური სიგრძე 220 მეტრია, ღერძის მაქსიმალური სიგრძით 30 მ და დრეიფით 9,5 მ.

ნავსადგურს გააჩნია რვა გადამტვირთავი კომპლექსი, რომლებიც განთავსებულია ე.წ. „ჩრდილოეთ ნავსადგური“-სა და „შიდა აუზი“-ის 15 ნავმისადგომზე. ნავმისადგომების საერთო სიგრძეა 2873 მ. ნავსადგური ძირითადად ოპერაციებს ახორციელებს ნავთობპროდუქტებზე, ნაყარ და გენერალურ ტვირთებზე, კონტეინერებზე. ნავსადგური დაცულია ზვირთსაჭრელით, რომელიც მიმართულია სამხრეთიდან აღმოსავლეთისკენ.

ნაყარი ტვირთი

მარცვლეული, ბოქსიტი, კლინკერი, სპილენძის კონცენტრატი, კოქსი, რკინის მადანი, ალუმინის ოქსიდი, ჯართი ეს არის იმ ტვირთის მხოლოდ მცირედი ჩამონათვალი, რომლებზეც ოპერაციები წარმოებს ნავმისადგომებზე. ამ

ნავმისადგომებზე სარკინიგზო ხაზების გასწვრივ მოწყობილია მოძრავი პორტალური ამწეები, ღია სასაწყობე მეურნეობები და ვაგონებში ჩასატვირთი მოძრავი ბუნკერები, რაც საშუალებას იძლევა ტვირთის ჩატვირთვა-გადმოტვირთვის ოპერაციები შესრულდეს, როგორც პირდაპირ (სასაწყობო მეურნეობების გვერდის ავლით, სარკინიგზო ვაგონებიდან ან გემებში ან პირიქით), ასევე მოხდეს ტვირთის დროებითი დასაწყობება.

შერეული ტვირთი

ნავმისადგომები ემსახურებიან ისეთი ტვირთების გადატვირთვას, როგორცაა სატყეო მასალა, ფოლადის მილები, ალუმინის სხმულები, მოწყობილობა, სასურსათო პროდუქტები. მისადგომები აღჭურვილია პორტალური ამწეებით, რათა ოპერაციები მაქსიმალურად ეფექტურად ჩატარდეს. საოპერაციო ტერიტორია შედგება ღია და დახურული საწყობებისაგან.

თხევადი ტვირთი

ნავთობ პროდუქტები, ძირითადად ბენზინი, ნავთი, დიზელის საწვავი, ნაფტა გადაიტვირთება №1 ნავმისადგომზე, ხოლო ქიმიური ტვირთები: პიროლიზურიფისი, იზოპროპილის სპირტი გადამუშავდება №2 ნავმისადგომზე. ოპერაციული სამუშაოების უმეტესობა წარმოებს შემომავალ ტანკერებზე.

კონტეინერების ტერმინალი

საკონტეინერო ტერმინალები აღჭურვილია პორტალური ამწეებით, რომელთა ტვირთამწეობა 40 ტონამდეა და სამომავლოდ იგეგმება ამ ტერმინალების საწყობების ფართობის გაზრდა.

რო-რო და სარკინიგზო-საბორნე ტერმინალი

რო-რო და საბორნე გადაზიდვების მომსახურება ხდება ტერმინალებზე, რომლებიც სისტემატურად ემსახურებიან მარშრუტებს ილიჩევსკიდან, ბურგასიდან და ვარნიდან და აკავშირებენ ტვირთებს რკინიგზასა და საავტომობილო გზასთან, რომლებიც თავის მხრივ, წარმოადგენენ მაკავშირებელ გზებს კავკასიის რეგიონთან. აქ არის ასევე საწყობი და სატვირთო მანქანების პარკი კონტეინერების შესანახად. ფოთის ნავსადგურის ოპერაციული ზონა, რომელიც კონტროლდება ნავთობის დაღვრის ლიკვიდაციისათვის საჭირო ხელმისაწვდომი მოწყობილობით, იგი მოიცავს: ახალი

ნავსადგურის აკვატორიას; ჩრდილოეთის ნავსადგურის აკვატორიას შიდა აკვატორიის ჩათვლით; სამხრეთის ნავსადგურის აკვატორიას.

სუფსის ნავსადგური

სუფსის ნავსადგური წარმოადგენს თანამედროვე ტიპის საზღვაო ნავთობტერმინალს, რომელსაც შეუძლია 60000-164000 DWT წყალწყვის გემების მიღება. ნავთობის საერთო ტვირთბრუნვა შეადგენს 6 მილიონ ტონას.

სუფსის საზღვაო ტერმინალს აქვს ტივტივას მისაბმელი სისტემა, რომელიც გამოიყენება ნედლი ნავთობის ექსპორტის დროს. იგი მდებარეობს ღია ზღვაში დაახლოებით 1,5 საზღვაო მილის დაშორებით ნაპირიდან, 8 საზღვაო მილის დაშორებით ფოთის ნავსადგურიდან პირდაპირ სამხრეთით, საქართველოს შავი ზღვის სანაპიროზე. წყლის სიღრმე ტივტივასთან 50 მეტრია, წყლის სიღრმე ტივტივადან სანაპიროსაკენ კლებულობს 20 მეტრამდე 0,8 საზღვაო მილის მანძილზე. ტივტივას სისტემა კლასიფიცირებულია, რომელსაც შეუძლია 60000DWT-და 16400DWT-მდე წყალწყვის ტანკერების მიღება. ტივტივასათვის გემების პილოტაჟი აუცილებელია. ლოცმანები ღუზაზე დამაგრების მანევრს, ტივტივადან დასავლეთით 3 მილის მანძილიდან იწყებენ, ოპერაციების ჩასატარებელი დამხმარე გემის ან მომსახურების ბარკასის მეშვეობით.

სუფსის ნავთობტერმინალის რეზერვუარები მდებარეობს ნაპირზე, სანაპირო ზოლიდან 3 კმ-ის დაშორებით. იგი შედგება ოთხი რეზერვუარისაგან (თითოეული 39,500 მ³ ტევადობის), დიზელზე მომუშავე სამი ტუმბოსაგან (თითოეული 1,870 მ³/სთ გამტარობით), კონტროლისა და უსაფრთხოების SCADA სისტემებისაგან.

ყულევის ნავსადგური

ყულევის ნავსადგური მდებარეობს შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროზე. იგი განთავსებულია მდინარე ხობის შესართავისპირა ნაწილში. ყულევის ნავსადგური შედის შპს „შავი ზღვის ტერმინალის“ შემადგენლობაში, რომლის დამფუძნებელია აზერბაიჯანის ნავთობის სახელმწიფო კომპანია „სოკარი“ და რომლის ფუნქციონალურ დანიშნულებასაც წარმოადგენს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების მიღება-შენახვა და გადატვირთვა. 2012 წლის ბოლოდან ნავთობტერმინალში წარმოებს თხევადი გაზის მიღება – გადატვირთვაც.

ნავსადგურის აკვატორიაში გემების შესვლა–გამოსვლა ხდება 3,6 კმ სიგრძისა და 160მ სიგანის მისასვლელი არხით, რომელიც იწყება 18 მ–იანი იზობათიდან. არხს გააჩნია გემების მოსაბრუნებელი წრე, რომლის დიამეტრია 500მ. არხისა და აკვატორიის საშუალო სიღრმეებია –14 მ. ნავსადგურში ტანკერების შესვლა–გამოსვლა წარმოებს დღეღამის გარკვეულ პერიოდში, ხოლო სატვირთო ოპერაციები – მთელი დღეღამის განმავლობაში. გემების სალოცმანო მომსახურება სავალდებულოა. ნავსადგურს გააჩნია გემების მოძრაობის რეგულირებისა და მართვის უსაფრთხოების თანამედროვე სისტემა. ნავსადგურს გააჩნია 3 ნავმისადგომი, მათ შორის: №1 და №2 – ტანკერებისათვის, ხოლო №3 – სანავსადგურო ფლოტის გემებისათვის.

ცხრილი 8

ყულევის ნავსადგურის ნავმისადგომების მახასიათებლები

ნავმისადგომი	№ 1	№ 2	№ 3
სიგრძე (მ)	290	230	60
სიღრმე (მ)	13,5	10	6
გემების DWT	100 000	40 000	----

კონსტრუქციული თვალსაზრისით ნავმისადგომები წარმოადგენს ანკერულ ბოლვერკს LX-32 ტიპის შპუნტებისაგან აგებული კედლით. ნავმისადგომები აღჭურვილია 40ტ და 100ტ ძალვის გემების მისაბმელი ტუმბოებით, ჯალამბრებით, TRELLEX–ის ტიპის საცავბალიშებით, ნავთობის დაღვრის საწინააღმდეგო ბონების გასაშლელი მოწყობილობებით. საწარმოო საქმიანობის განხორციელებისათვის ნავსადგური აღჭურვილია თანამედროვე სპეციალური მოწყობილობებით და დანადგარებით, გადამტვირთავი მექანიზმებით, სანავსადგურო ფლოტის გემებით [65].

ყულევის ნავთობტერმინალის საპროექტო გამტარუნარიანობა მოცემულ ეტაპზე შეადგენს – 6 მლნ. ტონას წელიწადში. საპროექტო გამტარუნარიანობაა 10 მილიონი ტონა წელიწადში.

ნავთობტერმინალს გააჩნია 320 ათასი ტონის საერთო მოცულობის რეზერვუარები, საკუთარი სარკინიგზო განშტოება, შიდა სარკინიგზო და საავტომობილო გზები, ელმავლები, ავტოტრანსპორტი, სარემონტო სახელოსნოები,

ელექტრომომარაგებისა და წყალგაყვანილობის სისტემები, გამწმენდი ნაგებობები და სხვა ინფრასტრუქტურა, რაც იძლევა საერთაშორისო გარემოს დაცვითი ნორმებისა და ხარისხის საერთაშორისო ორგანიზაციის ISO-ს მოთხოვნათა შესაბამისად ფუნქციონირებისა და კლიენტების მომსახურების საშუალებას.

სოხუმი და პორტ პუნქტები გუდაუთა ,ოჩამჩირე

სოხუმი გაშენებულია უმთავრესად მდინარეების გუმისთისა და კელასურის ქვემო დინებათა შორის მოქცეულ დაბლობ-ვაკეზე, ხოლო სოხუმის საზღვაო ნავსადგური განლაგებულია შავი ზღვის ჩრდილოეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში - 42°59'46"N 41°1'19"E. სოხუმის ყურეს აღმოსავლეთით ესაზღვრება მდინარე კელასური, ხოლო დასავლეთით სოხუმის კონცხი. ყურე არ იყინება და სოხუმის საზღვაო ნავსადგური მთელი წლის განმავლობაში ფუნქციონირებს. ნავსადგური ძირითადად აღჭურვილია სამგზავრო ხომალდების რამდენიმე ნავმისადგომით. ნავსადგური შემოსაზღვრულია სანაპირო ზოლით და წარმოსახვითი ხაზით, რომელიც უერთდება მდინარე კელასურის შესართავს. ნავმისადგომებთან შეიძლება დადგეს გემები სიგრძით 190 მეტრი და წყალშიგნით 6 მეტრი. ლუზა სადგომი განლაგებულია სოხუმის ყურის ჩრდილოეთ სანაპიროს გარე რეიდზე - 42°59'6"N 41°01'2"E, მდინარე ბესლეთის მოპირდაპირე მხარეს. სიღრმეები აღწევს 12-დან 50 მეტრამდე. სოხუმის ნავსადგურიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით, 3 საზღვაო მილის დაშორებით განლაგებულია მცირე ტვირთამწეობის ტანკერების ნავმისადგომი მაქსიმალური წყალშიგით 5 მეტრი. ნავსადგურში სატვირთო ოპერაციებისათვის ხელმისაწვდომია 8 ტონიანი კომპურა ამწე და მობილური ამწეები 7, 15 და 20 ტონიანი ამწეები ასევე 100 ტონიანი მცურავი ამწე მძიმე ტვირთებისათვის.

ლუზა სადგომებად და ცუდ ამინდში თავშესაფრად გემებისათვის ასევე შეიძლება გამოყენებული იყოს **პორტ პუნქტები გუდაუთა და ოჩამჩირე**. გუდაუთა მდებარეობს მდინარე გდოუს შესართავთან სოხუმის ნავსადგურიდან 20 საზღვაო მილში, ჩრდილო-დასავლეთით - 43°06'N 40°38'E, ხოლო ოჩამჩირე მდინარე ლალიძგის შესართავის მარჯვენა მხარეს სოხუმის ნავსადგურიდან 29 საზღვაო მილში, სამხრეთ-აღმოსავლეთით - 42°44'N 41°26'E.

„ოკუპირებული ტერიტორიების შესახებ“ საქართველოს კანონის მე-2 მუხლის „გ“

ქვეპუნქტის, „საქართველოს საზღვაო სივრცის აფხაზეთის საზღვაო რაიონში საქართველოს უფლებების, ტერიტორიული მთლიანობის, სუვერენიტეტისა და უშიშროების დაცვის შესახებ“ საქართველოს პრეზიდენტის 2004 წლის 3 აგვისტოს №313 ბრძანებულების საფუძველზე აფხაზეთის (საქართველო) კონფლიქტის მოგვარებამდე ნაოსნობისათვის და ყველა სახის სატრანსპორტო მიმოსვლისათვის, დახურულია აფხაზეთის ავტონომიური რესპუბლიკის ტერიტორიული წყლები და მიმდებარე ზონა, რუსეთ-საქართველოს სახელმწიფო საზღვრის მონაკვეთი აფხაზეთის (საქართველოს) ტერიტორიის ფარგლებში, სოხუმის საზღვაო ნავსადგური და პორტპუნქტები, გარდა ჰუმანიტარული დახმარების ტვირთების გადაზიდვებისა.

2.3. ბუნებრივი გარემოს სენსიტიური უბნები

(რუკები და მოკლე აღწერა)

გარემოს სენსიტიური უბნების რუკები მოიცავს ინფორმაციას, სანაპირო ზოლში გარემოს რესურსების განლაგების და ჩაღვრილი ნავთობის, მავნე ნივთიერებების, უცხო ორგანიზმების ზემოქმედების მიმართ, ყველაზე მგრძობიარე უბნების შესახებ. სენსიტიურობის რუკები გამოიყენება, სანაპიროს კონკრეტული უბნის სპეციფიური დაცვის და გაწმენდის ოპერაციების დაგეგმვის დროს.

2.3.1. სენსიტიურობის ეკოლოგიური კრიტერიუმები

სენსიტიურობის შეფასების პროცესში მნიშვნელოვანია, ბენტოსური ფაუნისა და ფლორის ეკოლოგიური მდგომარეობა, ასევე თუ როგორ გამოიყენება ზღვის სანაპირო ზოლის სხვა და სხვა უბნები (სიღრმეში და ზედაპირზე) ცხოველთა სამყაროს მიერ, (თევზების სატოფე ადგილები; ფრინველების და დელფინების მიგრაციის მარშრუტები და ა.შ.).

2.3.2. პრიორიტეტები დაცვითი ღონისძიებებისათვის

რუკებზე მოცემულია მწვანე ფერით ეკოლოგიურად მგრძობიარე ფაუნის უბნები, სადაც არსებობს ხმელეთის ცხოველების დაზიანების საფრთხე. ხოლო წითელი ფერით აღნიშნულია- ის უბნები, სადაც ნავთობის დაღვრამ მავნე ნივთიერებების და უცხო ორგანიზმების შეჭრამ შესაძლოა უდიდესი ზიანი მიაყენოს ცხოველთა პოპულაციებს მაგ., ჰიდრობიონტებს – თევზებსა და უხერხემლოებს – და გადამფრენ წყლის ფრინველებს გამოსაზამთრებელ ან გადაფრენის ადგილებში.

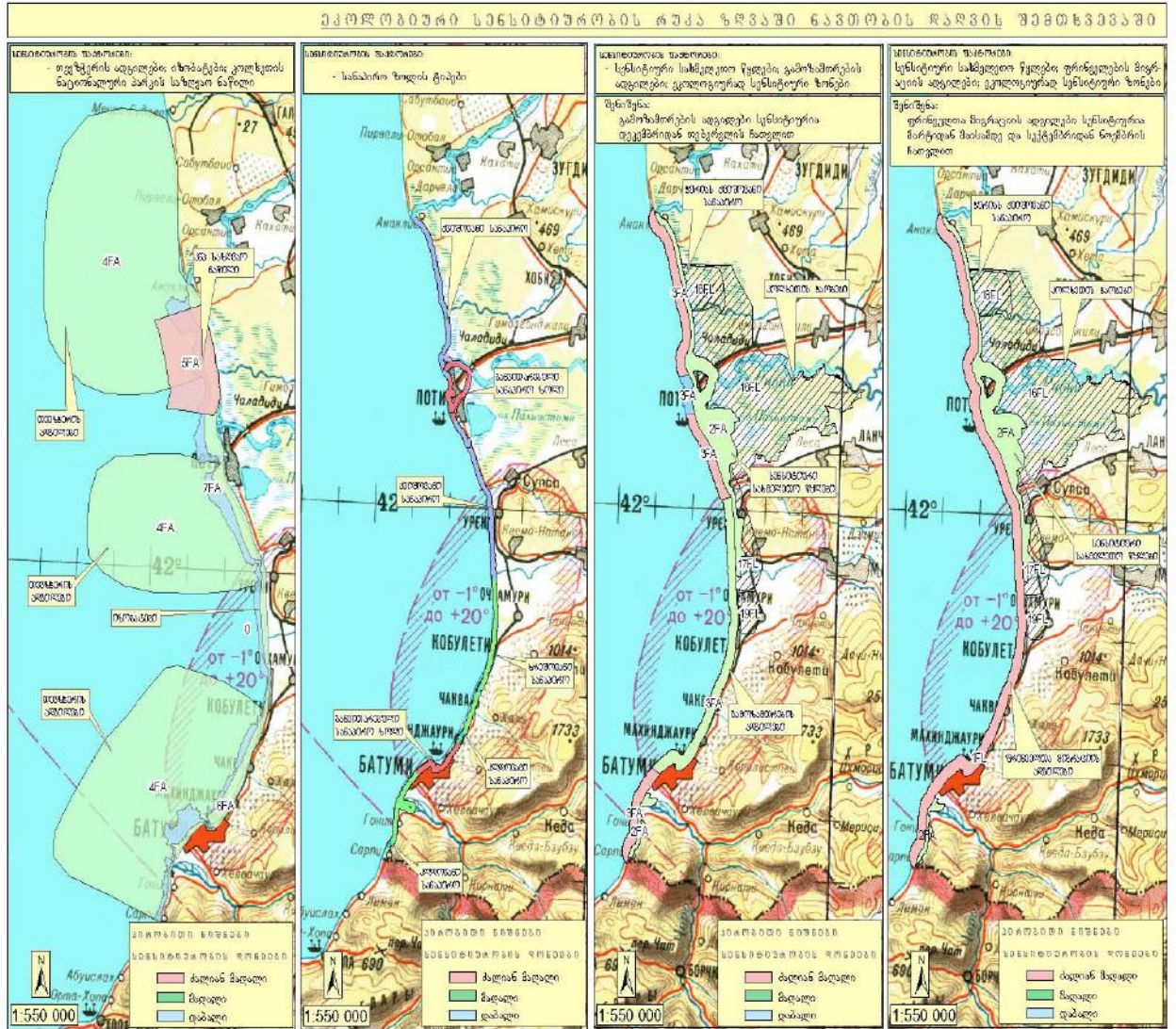
2.3.3. რუკები:

რუკა №1. სენსიტივობის ფაქტორები. (ზედაპირული წყლები, კოლხეთის ეროვნული პარკის საზღვაო ნაწილი; მეთევზეობისათვის მნიშვნელოვანი ზონები) – წარმოადგენს ზღვის გარემოს სენსიტიურ უბნებს: უბნებს, რომლებიც მდიდარია იხთიოფაუნით და მნიშვნელოვან ღირებულებას წარმოადგენს მეთევზეობის თვალსაზრისით; უბნებს, რომლებიც სენსიტიურები არიან თავთხელის – ზღვის სიმეჩხრის გამო; კოლხეთის ეროვნული პარკის (KNP) საზღვაო ნაწილი [65,66,69].

რუკა №2. სენსიტივობის ფაქტორები (სანაპირო ტიპი): წარმოადგენს სანაპირო ზოლის სენსიტიურობას გუნდლაჰისა და ჰაინესის კრიტერიუმების შესაბამისად.

რუკები №3 და №4. სენსიტიურობის ფაქტორები (ეკოლოგია): წარმოადგენს სანაპირო ზოლის მიმდებარე ხმელეთის ტერიტორიების ეკოლოგიურ სენსიტიურობას, განსაკუთრებით ჭარბტენიანი ტერიტორიების იმ ნაწილს, რომელიც ჰიდროლოგიურად მჭიდროდ არის დაკავშირებული ზღვის გარემოსთან და შესაბამისად, მოწყვლადია ნავთობის ზღვაში ჩაღვრის შედეგად დაბინძურების მიმართ.

უბანი №5 FA. ზღვის სანაპირო წყლები მდ. ენგურის შესართავიდან მდ. რიონის დელტამდე. კოლხეთის ეროვნული პარკის საზღვაო ნაწილი; IUCN,-ის II კატეგორიის შესაბამისი დაცული ტერიტორია. დაახლოებით 15000 ჰექტარის ტერიტორია. სენსიტიურია მთელი წლის განმავლობაში. ეს უბანი წარმოადგენს კვების გარემოს საქართველოს „წითელ ნუსხაში“ შეატანილი ორაგულის, დელფინის (*Phocoena phocoena*, *Tursiops truncatu*) და ზუთხის – კანონით დაცული – სახეობებისათვის.



უბანი № 6FA. ზღვის სანაპირო წყლები, რომელთა სიღრმე შეადგენს 10 – 15 მ-ს. წყალმცენარეთა (*Cystoseira sp. and Zostera sp.*) ეკოსისტემა – სენსიტიურია მთელი წლის განმავლობაში. დისპერსანტების გამოყენება უნდა აკრძალულ იქნას ამ უბნებზე.

უბანი № 16 F1 კოლხეთის ჭარბტენიანი ტერიტორია, ვეტლენდები (ნატანები-სუფსა-პალიასტომის რეგიონი) (მაღალსენსიტიური ზონა) ეს რეგიონი მოიცავს ტორფიან, ტყიან ჭაობებს, ღია წყლებსა და მეორად მდელოებს, რომლებიც განეკუთვნება კოლხეთის ჭარბტენიან დაცულ ტერიტორიებს (ვეტლენდებს), მრავალმხრივი გამოყენების ბუფერული ზონის, ეროვნული პარკისა და ნაკრძალის ჩათვლით.

ძირითადი ტორფიანი და ისლიან – ქილიანი ჭაობები წარმოდგენილია

გრიგოლეთის, მალთაყვის, იმნათის, შავწყალას, პიჩორას მიდამოებში, რომლებიც მოიცავენ ხავსიან (*Sphagnum*), ისლიან, ლელიან და ტყე – ბუჩქნარიან ჭაობებს და წყლის მცენარეულობის დაჯგუფებებს.

უბანი № 17 Fl სანაპირო და ზღვის ეკოსისტემები (მაღალსენსიტიური ზონა)

ზღვისპირა ქვიშებზე იზრდება წითელი წიგნის სახეობა *Pancratium maritimum*, ზღვისპირა ქვიშნარების ჩვეულებრივი სახეობებია: *Euphorbia paralias*, *Eringium maritimum*, *Verbascum gnaphaloides*. ხავსებიდან აქ გვხვდება კავკასიის იშვიათი სახეობა – *Physcomitrium sphaericum* : *Gomphocarpus fruticosus*, *Erodium cicutarium* და *Cerastium semidecandum*. სველ ქვიშნარებზე გავრცელებულია: *Bellis perennis*, *Trifolium repens*, *Poa pratensis* და *Juncus bufonius*.

უბანი № 18 FL. ჭურთხის ქვიშიანი სანაპირო (პლიაჟი) (მაღალსენსიტიური ზონა) – ვიწრო ლითორალური ზონა სოფ. ყუნევის ჩრდილოეთით წარმოდგენილია უძველესი ხმელთაშუა ზღვეთური ფლორის რელიქტური მცენარეებით. ადამიანის ინტენსიური ზემოქმედების შედეგად საქართველოს ტერიტორიაზე ლითორალური მცენარეულობა თითქმის გამქრალია. ქვიშიანი სანაპირო არის ერთადერთი ადგილსამყოფელი მაღალდეკორატიული მცენარის – ზღვის შროშანისათვის (*Pancratium maritimum*), რომელიც, არის წითელი წიგნიში აღნიშნული სახეობა

უბანი № 19 FL. ქობულეთისა და ისპანის ტორფიანი ჭაობი (მაღალსენსიტიური ზონა). ამ არეში თითქმის მთლიანად დომინანტობს იმერული ისლის (*Molinia litoralis*) დაჯგუფებები, რომლებიც ტოპოლოგიური მრავალფეროვნებით ხასიათდება და ხშირად ასოცირებულია ტორფის ხავსებთან. მიტოვებულ ადგილებში განვითარებულია ტოპოლოგიურად მყარი *Carex lasiocarpa*-ს დაჯგუფებები.

აღნიშნულ მცენარეთა თანასაზოგადოებები ხასიათდება სახეობების: *Rhynchospora caucasica* და *Rhynchospora alba* – მაღალი სიხშირით, აგრეთვე ტორფის ხავსების სახეობებით და სხვ.

ქობულეთის ტორფიანი ჭაობების თანასაზოგადოებებში ძირითადად გვხვდება *Sphagnum imbricatum* და *Sphagnum palustre*, მაგრამ მათი ცენოტური ღირებულება შედარებით დაბალია. ტორფიანი ჭაობების გავრცელების მთელ არეში გავრცელებულია ბალახოვანი მცენარეები, რომელთა შემადგენლობაში მონაწილეობენ: *Molinia litoralis*,

Rhynchospora caucasica, *Carex lasiocarpa* დასხვ. ამ მცენარეულობის იშვიათი კომპონენტებიდან საყურადღებოა: *Drosera rotundifolia*, *Osmunda regalis*, *Menyanthes trifoliata*, *Rhynchospora alba* და სხვა. შეზღუდული გავრცელებით ხასიათდებიან ბუჩქები: *Rhododendron luteum*, *Rhododendron ponticum*, *Frangula alnus*, *Alnus barbata* და სხვა.

აღნიშნულ ტერიტორიაზე წარსულში გავრცელებული იყო ჭაობიანი ტყეები. ამჟამად გვხვდება მხოლოდ ამ ტყეების ნარჩენები მურყანის (*Alnus barbata*) დომინანტობით, რომელთანაც ხშირად ასოცირებულია *Pterocarya pterocarpa*, *Carpinus caucasica* (მშრალ ადგილებში), *Quercus imeretina*. ქვეტყეში ჩვეულებრივია ხეჭრელი (*Frangula alnus*), კუნელი (*Crataegus microphylla*), ძახველი (*Viburnum opulus*) და სხვა. ზოგ ადგილას, სადაც ტყე გამეჩხერებულია, გავრცელებულია ისეთი ბუნებრივი ლიანები, როგორცაა: *Smilax excelsa*, *Periploca graeca*, *Vitis sylvestris*, *Hedera colchica* და სხვა. მურყნარები ჩვეულებრივ, იმ ადგილებში გვხვდება, სადაც ადგილი აქვს გრუნტის ჰუმდიფიკაციას, თუმცა მურყანი ცუდად იზრდება განსაკუთრებით დატბორებულ ჰაბიტატებში. ასეთ მურყნარებში ბალახოვან მცენარეთა სინუზიის შემადგენლობაში წარმოდგენილია ჭარბტენიანი ტერიტორიების ისეთი ტიპური კომპონენტები, როგორებიცაა: *Molinia litoralis*, *Iris pseudacorus*, *Carex lasiocarpa*, *Carex riparia*, *Carex acutiformis*, *Juncus effusus* და სხვა. შეზღუდული ფართობი უკავია მურყნარებს გვიმრებით, სხვა და სხვა ბალახოვანი მცენარეებითა და ხავსებით. იშვიათად გვხვდება მურყნარები შქერით (*Rhododendron ponticum*) – ძირითადად მშრალ ადგილებში.[69,71]

2.3.4. მოკლე კომენტარები გარემოს სენსიტიურუბნებთან დაკავშირებით.

კოლხეთის ეროვნული პარკი მოიცავს ფაქიზ და მოწყვლად – ხმელეთის და ზღვის – ეკო სისტემებს. სერიოზული და ხანგრძლივი მანვე ზემოქმედება არის მოსალოდნელი ნავთობის დაღვრის შემთხვევაში. ეროვნული პარკის საზღვაო ნაწილი, რომელიც 5 საზღვაო მილზეა გაჭიმული და 15000 ჰა ტერიტორიას მოიცავს სანაპირო ზოლის ფოთ-ანაკლიას უბანზე, პირველყოვლისა მნიშვნელოვანია, როგორც დელფინის სამი სახეობის ბინადრობის და ზუთხისა და თევზების მრავალი სხვა სახეობების სატოფე

ადგილი. პარკის სახმელეთო ნაწილი მოიცავს პლაჟებსა და დიუნებს, რომლებიც ცნობილია უნიკალური მცენარეული საფარით—ანაკლია-ჭურიისა (მდინარეებს, თიკორსა და რიონს შორის, მდინარე ჭურიის აუზი) და ნაბადის (მდინარეებს ხობსა და რიონს შორის) უბნებზე. ეკოლოგიურად სენსიტიურ უბნებს წარმოადგენს ასევე, რამსარის სტატუსის მქონე ჭარბტენიანი ტერიტორიები, თითქმის ხელუხლებელი, ზოგან 10 მეტრზე მეტი სიღრმის ტორფიანი ჭაობებით, მიმდებარე დაჭაობებული და ჭარბტენიანი ტყეებით – ანაკლია-ჭურიის, ნაბადის და აიშნათის (მდინარეებს რიონსა და სუფსას შორის, მდინარე ფიჩორის აუზი, პალიასტომის ტბა) უბნებზე მნიშვნელოვანია, როგორც კოლხური ფლორის, ხმელეთზე მობინადრე ცხოველების, ასევე წყლის ფრინველების და მტკნარი და მლაშე წყლის თევზების, განსაკუთრებით კი გადამფრენი ფრინველების დაცვის თვალსაზრისით, მათი მრავალფეროვნების შესანარჩუნებლად.[72]

პალიასტომის ტბის, მდ. კაპარჭის, მდ. რიონის, სუფსისა და ნატანების სათავეების ეკოსისტემის დაცვა, კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი საკითხია. დაღვრილი ნავთობის ტრაექტორიის მიუხედავად. მნიშვნელოვანია პალიასტომის ტბისა და მდინარეთა შესართავეების ბუმებით დაცვა.

სენსიტიური უბნების უფრო დეტალური აღწერა და მოსალოდნელი ზემოქმედებების აღწერა მოცემულია “რისკების ანალიზში”, რომელიც “როიალ ჰასკონინგის” გუნდმა ცალკე დოკუმენტის სახით წარმოადგინა.

როგორც ცნობილია შავი ზღვის აუზი ჩაკეტილი ფორმისაა, რომელიც წყლის მიმოცვლას ახორციელებს ატლანტიკის ოკეანის აუზის წყლებიდან ვიწრო სრუტეების საშუალებით. ყოველწლიურად თითქმის 360 კმ³ მოცულობის 16-18% მარილიანობის მქონე შავი ზღვის წყალი ზედაპირული დინებით ჩაედინება ხმელთაშუა ზღვაში, ხოლო საწინააღმდეგო მიმართულებით 170 კმ³ მოცულობის 35-36% მარილშემცველი ოკეანის მძიმე წყალი შემოდის შავ ზღვაში ღრმა დინებებით. შავი ზღვის ზედაპირის საერთო ფართი შეადგენს 420000 კმ², რომლის აუზშიც მოთავსებული წყლის მოცულობაა 550000 მ³, ზღვის მაქსიმალური სიღრმეა 2000 მ, ხოლო ნაპირებს შორის უდიდესი დაშორებაა 4000 კმ. აღნიშნული მახასიათებლები უფლებას იძლევა ვიფიქროთ იმაზე, რომ შავი ზღვის ეკოსისტემაში გაუთვალისწინებელი ანთროპოგენური ჩარევის შემთხვევაში,

შესაძლებელია წარმოიქმნას განსაკუთრებული მძიმე ეკოლოგიური სიტუაციის პირობები. ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვენს პლანეტაზე შავი ზღვა წარმოადგენს მსხვილ მიკრომეტრულ აუზს, რაც ნიშნავს იმას, რომ ზღვის წყალი იყოფა ორ შრედ ჟანგბადის შემცველობის მიხედვით. ამ ორი ფენის გამყოფი ხაზი ზღვის სხვადასხვა ნაწილში იცვლება 80-დან 140 მეტრამდე და მათში ჟანგბად შემცველობის ფარდობა 87-90%. გამომდინარე აქედან შავი ზღვა თავისი ქიმიური შემადგენლობით ითვლება მომატებული რისკის ზონად.

არსებობს შავი ზღვის ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესების რამდენიმე მიზეზი, რომელთა შორის აღსანიშნავია: ზღვის წყლის დაბინძურება, არარეგალური რეწვა, ბალასტის ოპერაციების ჩატარება, ბრაკონიერობა. უნდა აღინიშნოს რომ შავი ზღვის თითქმის 87% საერთოდ არ შეიცავს ჟანგბადს, რადგან მასში მაღალი შემადგენლობითაა გაგირდწყალბადი, რაც გამოწვეულია მსოფლიო ოკეანიდან მისი იზოლაციის ხარისხით და მასში ჩამდინარე მდინარეების დიდი რაოდენობით. გამომდინარე აქედან სიღრმის ორგანიზმები ფაქტიურად არ გვხვდება, თუმცა ბიოტოპების ფართო მრავალფეროვნება ხელსაყრელ სიტუაციას უქმნის შავი ზღვის აუზისთვის უცხო მიკრო ორგანიზმების სახეობებს. ზღვის მცხოვრებელთა შედგენილობა და სტრუქტურა განუწყვეტლივ იცვლება, ერთი სახეობის შემცირებით და მეორეს მომრავლებით. გამომდინარე აქედან ხმელთაშუა ზღვასთან შედარებით შავ ზღვაში გავრცელებული ორგანიზმების მრავალფეროვნება დაახლოებით 3-ჯერ ნაკლებია. აღნიშნულმა პირობებმა და ბალასტის წყლებით შემოტანილმა მავნე მიკროორგანიზმებმა განსაკუთრებულად იმოქმედა შავი ზღვის აუზში თევზის მარაგზე და გადაშენების პირსაა მისული თევზის ბევრი საუკეთესო ჯიში.

100000-150000 წლის წინათ დარდანელის სრუტის გახსნის შემდეგ შავი ზღვა შეუერთდა ხმელთაშუა ზღვის აუზს, მაგრამ იგი შემდეგ ისევ ცალკე გამოყვეს და მხოლოდ 6600 წლის წინათ დაუკავშირდა მარმარილოს და ხმელთაშუა ზღვას. თურქეთის ყურის სისტემა - დარდანელი, ბოსფორი და მარმარილოს ზღვა წარმოადგენს გადასასვლელ ზოლს შავი ზღვიდან ხმელთაშუა ზღვაში. ამ ზონის განსაკუთრებული მახასიათებლები ქმნიან სხვადასხვა ორგანიზმების აკლიმატიზაციისათვის ხელსაყრელ პირობებს.

ჩრდილოეთ ქერჩის ყურეში დაახლოებით 45 კმ სიგრძის არცთუ ღრმა არხი შავ ზღვას აერთებს აზოვის ზღვასთან, რომელიც ასევე ჩაკეტილი აუზის ზღვაა და გამოირჩევა ბიომრავალფეროვნების თავისებურებებით.

გამომდინარე ზემოთ აღნიშნულიდან შავი ზღვის აუზი ეკოლოგიური თავისებურებებით გამოირჩევა, რაც დაკავშირებულია შემდეგ ძირითად ფაქტორებთან:

- სოფლის მეურნეობასთან და სამრეწველო საქმიანობასთან დაკავშირებული დაბინძურება, რაც გამოწვეულია ჩამდინარე წყლების არასაკმარისი გაწმენდით;

- მავნე ნივთიერებების, კერძოდ ნავთობპროდუქტების შემოტანით გამოწვეული დაბინძურება;

- სხვადასხვა ჯიშის ორგანიზმების შემოტანა და გავრცელება;

- არასწორი თევზჭერა;

- ბალასტის წყლით შემოსული სხვა და სხვა ჯიშის ორგანიზმის სწრაფი პოპულაცია და ადგილობრივი ჯიშების შემცირება.

უკანასკნელი 30 წლის მანძილზე შავი ზღვის გარემო განიცდიდა ძირითადად უარყოფით ზემოქმედებას, რაც დაკავშირებულია თანამედროვე მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის და თევზჭერის განვითარებასთან. გარდა ამისა გემების მიერ ბალასტის წყალთან ერთად შემოტანილმა ეგზოტიკურმა და პათოგენურმა სახეობებმა გამოიწვიეს შავი ზღვის გარემოს დეგრადაცია. ღია ზღვაში გემების მიერ სხვადასხვა სახის დამბინძურებელი ნივთიერებების თუ პათოგენური ორგანიზმების შემოტანა იწვევს ზღვის წყლის და სანაპირო რაიონების ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუარესებას.

სხვადასხვა ჯიშის ორგანიზმების გარემოზე ზემოქმედების განსაზღვრა წარმოადგენს რთულ და ხანგრძლივ ამოცანას, რადგან არ არსებობს კონტროლი და მეცნიერული მონაცემები ამ ორგანიზმების შესახებ. საქართველო წარმოადგენს ექსპორტიორ ქვეყანას და შავი ზღვის პორტებში შემოსული გემები ახდენენ ბალასტის წყლის დაცლას მის აკვატორიაში. შავ ზღვაში ენდემური სახეობების გარდა სხვა ჯიშის ორგანიზმის მოხვედრა ძირითადად ხდებოდა და ხდება ნაოსნობის პროცესში ბალასტის წყლის შემოტანა-გატანით. ეს კი ნეგატიურად მოქმედებს შავი ზღვის უნიკალურ და მრავალფეროვან ბიორესურსებზე. ჯერჯერობით შავი ზღვის პორტების (ბათუმი, სუფსა, ოჩამჩირე, ანაკლია, ფოთი) წყლებში კიდევაც შემორჩენილი თევზების

უნიკალური ჯიშები - ზუთხი, კამბალა, ლასოსი და სხვა, რომელთაც საფრთხე ემუქრება მთელი რიგი ეკოლოგიურ პრობლემებთან დაკავშირებული ფაქტორების გამო. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ სუფსის და ყულევის ტერმინალები განლაგებულია ბიომრავალფეროვნებით უნიკალური ნაციონალური პარკის წყლის აუზში, რომელიც ზღვის ეკოსისტემის განუყოფელი ნაწილია. პარკის ბიოლოგიური მდგომარეობა დიდადაა დამოკიდებული ანთროპოგენური საქმიანობის ზემოქმედებაზე, კერძოდ წყლის დაბინძურება ტოქსიკური ნაერთებითა და ბალასტის წყლით შემოტანილი უცხო ჯიშის მიკროორგანიზმებით.

თავი 3. კვლევის მასალები და მეთოდები.

3.1. სამუშაოში გამოყენებული მასალები

კვლევის ჩატარებისას ძირითადად გამოყენებული იყო საანგარიშო დოკუმენტების მასალები (შემოწმების აქტები; ლაბორატორიული ანალიზის შედეგები; დადგენილების პროექტების ოქმები და საჯარიმო სანქციები, რომლებიც შედგენილია საქართველოს შავი ზღვის აკვატორიის სანაპირო ზოლის და მისი მიმდებარე ტერიტორიის დაბინძურების შემთხვევებში; გემების ჟურნალებიდან ამონაწერი; სხვადასხვა ტიპის გემების საპროექტო დოკუმენტაცია; გემები გემებზე ბალასტის მართვის შესახებ; ბალასტის და ჩამდინარე წყლების სინჯები).

საქართველოს საერთაშორისო პორტების სატრანსპორტო ანალიზის მიზნით შესწავლილი იქნა სხვადასხვა ქვეყნებიდან გემების შემოსვლის და გასვლის სიხშირე. ამასთან შესწავლილი იქნა ამ გემებზე პორტში ბალასტის ოპერაციების ჩატარების შედეგები 2008-2015 წლებში.

ცხრილი 9

2008-2015 წლებში საქართველოს პორტში საზღვარგარეთის ქვეყნებიდან გემების შემოსვლის მონაცემები

ბათუმიპორტი	იანვარი	თებერვალი	მარტი	აპრილი	მაისი	ივნისი	ივლისი	აგვისტო	სექტემბერი	ოქტომბერი	ნოემბერი	დეკემბერი	სუ ლ
2012	58	49	54	61	46	42	63	66	67	76	62	48	692
2013	56	48	56	61	62	56	67	75	63	64	54	50	712
2014	41	34	49	56	56	55	70	53	61	50	39	50	614
2015	86	62	57	15	61	53	55	60	59	57	54	64	683
ფოთის პორტი													
2012	104	94	114	118	119	102	119	160	121	118	77	89	1335
2013	87	86	93	91	94	94	103	144	124	115	121	119	1271
2014	103	87	105	108	95	88	128	140	110	127	100	114	1305
2015	110	85	99	78	82	90	75	84	96	89	84	82	1054
ყულევის პორტი													
2012	12	11	10	7	8	12	11	12	12	10	12	10	127
2013	16	11	19	10	14	10	12	11	10	9	10	11	143
2014	11	15	16	10	10	14	13	20	10	19	10	16	164
2015	20	15	20	20	0	0	20	19	15	17	24	15	185

2014 წლებში შემოსული გემების რაოდენობა

სახეობა	რაოდენობა
საკონტეინერო	328
ტანკერი	620
გენერალური ტვირთის	682
რო-რო	170
სამგზავრო	86
ნაყარი ტვირთის გემი	133
Livestocke-ცხოველების გადამზიდი	4
საბუქსიროგემი	36
პატარანავი	1
მეთევზე	19
ამწე	7
სწრაფმავალი გემი	1
გათხევადებულინავთობისაირმზიდი	6
იახტა	3
დრედჯერი	11

2107

გემებზე ჩასატარებელი შესაძლებელი ღონისძიებების დადგენის მიზნით შესწავლილი იქნა გემების სტრუქტურა (გემის დროშა რომელ პორტს ეკუთვნის და დანიშნულება). ბალასტის ოპერაციის ადგილებზე ეპიდემიოლოგიური შეფასება და ზღვაში ყოველწლიურად ჩაღვრილი ბალასტის წყლის რაოდენობის განსაზღვრა, განხორციელდა გემების ჟურნალებიდან გაკეთებული ამონაწერებით, იმ პირთან ერთად, რომელიც უშუალოდ ღებულობდა მონაწილეობას ამ ოპერაციებში.

(ცხრილი 10,11) ცხრილიდან ჩანს როგორ შემცირდა გემების რაოდენობა და ნავთობის ტვირთი წარმოადგენს საექსპორტო ტვირთს ეს ნიშნავს, რომ გემი შემოდის ქვეყნაში ბალასტით და უნდა ჩაღვაროს ბალასტი ტვირთის მიღებამდე ან სატვირთო ოპერაციების დროს. ინვაზიურმა სახეობებმა ბალასტურ წყლებში, შეიძლება გამოიწვიოს სერიოზული ეკონომიკური ზიანი საზოგადოებთვის, როგორც პირდაპირი ეკონომიკური ზიანის სახით, როგორცაა ზღვის პროდუქტების დაკარგვა, ასევე

ეკონომიკური ზიანი, დაკავშირებული ადამიანის ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული ან გარემოზე ნეგატიური ზემოქმედებით.

ცხრილი 11.

2015 წლებში შემოსული გემების რაოდენობა

სახეობა	რაოდენობა
საკონტეინერო	276
გენერალური ტვირთის	493
რო-რო	472
სამგზავრო	152
ნაყარი ტვირთის გემი	44
Livestocke-ცხოველების გადამზიდი	81
საბუქსიროგემი	17
პატარანავი	5
მეთევზე	3
ამწე	1
სწრაფმავალი გემი	3
გათხევადებულინავთობისაირმზიდი	104
იახტა	1
დრედჯერი	3

1655

საქართველოს პორტებში 2008-2015 წლებში შემოსული გემების

ბალასტის ოპერაციების შეფასება

ბათუმის პორტში შემომავალი გემების მიერ ჩატარებული ბალასტის ოპერაციების შეფასების ხარისხის მიზნით გამოყენებული იქნა ბალასტის წყლის მარილიანობის მაჩვენებელი პროცენტებში (%). კვლევებისას გათვალისწინებული იქნა, რომ შავი ზღვის მარილიანობაა 17-21%, მარმარილოს ზღვის 16-28%, ხოლო ხმელთაშუა ზღვის 38-39%. ბათუმის პორტის აკვატორიაში მარილიანობა იცვლება საკმაოდ ფართო ზღვრებში (9-16%), რაც გამოწვეულია მდინარეების ჩადინებით, ასევე ზღვის ზედაპირზე მოსული ნალექებით და სხვა ფაქტორებით.

შავი ზღვის ჰიდრომეტეოროლოგიური თავისებურებების შესწავლისას

გამოყენებული იქნა დაკვირვების ჟურნალი, ასევე ტერიტორიული მართვის მონაცემები ჰიდრომეტეოროლოგიის კუთხით, კერძოდ ზღვის ტემპერატურული რეჟიმის და ქარის მონაცემები, გარემოს მონიტორინგის შედეგები.

სამუშაოს მეტეოროლოგიური საფუძვლები შედგენილია საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის მიერ და საერთაშორისო კონვენციის მიერ ბალასტის მართვისა და კონტროლის შესახებ.

3.2. სამუშაოში გამოყენებული მეთოდები

ბალასტის წყლის სინჯის აღებისას გამოყენებული იქნა ტრადიციული მეთოდი, კერძოდ ბატომეტრით სინჯის აღება ჩამომცლელი მილგაყვანილობიდან და სხვა მეთოდები: კერძოდ სინჯის აღება სპეციალური ლიუკიდან; სინჯის აღება ბალასტის ჭურჭლების სათვალთვალ სახურავიდან, ბალასტის ცისტერნების გამზომი ნახვრეტებიდან და საჰაერო მილიდან (რეზოლუცია MEPC.1733(58)10.10.2008წ.

სინჯის აღება განხორციელდა კონვენციის ინსპექტირების თანამშრომლებთან ერთად, სინჯის აღებისას ბალასტის ტემპერატურა განისაზღვრა კონტაქტური მეთოდით. ბალასტის წყლის მარილიანობა განისაზღვრა კონლექტომეტრული ლაბორატორიული მეთოდით და გადასატანი პორტატული ლაბორატორიის საშუალებით (Multiline 380i ფირმა HACH)

თავი 4. გემზე ბალასტის წყლის მართვის ხერხების გამოკვლევა

4.1. გემების კლასიფიკაცია და ბალასტის სისტემების კონსტრუქციის

ანალიზი

გემზე ბალასტის წყლის გამოკვლევა დაიწყო გემების კლასიფიკაციის, ბალასტის სისტემის თავისებურებების და ბალასტის შეცვლის ხერხების შესწავლით. ფლოტის შემადგენლობაში შედის დიდი რაოდენობის სხვადასხვა სახის გემი, რომელთა კლასიფიკაცია ხდება როგორც დანიშნულების, ასევე სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით - მთავარი ძრავის ტიპი, ცურვის რაიონი და სხვა.

ცურვის რაიონის მიხედვით გემები იყოფა საზღვაო და შიგა ცურვის, ასევე შერეული ტიპის - მდინარე-ზღვა. დანიშნულების მიხედვით გემები არსებობს სატრანსპორტო, სამოსამსახურო, დამხმარე, სარეწაო ფლოტის, ტექნიკური ფლოტის და სპორტული. სატრანსპორტო გემები შეადგენს საზღვაო და სამდინარო ფლოტის საერთო ტონაჟის 90% და თავის მხრივ იყოფა სატვირთო, სამგზავრო და სატვირთო-სამგზავრო სახეებად. სატვირთო გემები იყოფა მშრალი ტვირთების (გენერალური ან ცალკეული); თხევადი ტვირთების (ტანკერები ნათობის და ნავთობპროდუქტების, ქიმიკატების გადამტანები) და კომბინირებული (ნავთობის ან მშრალი ტვირთების გადამტანები)(სიტჩენკო ლ., სიტჩენკო კ.1987; პ. კაცმანი 1991).

სარეწი ფლოტის შემადგენლობაში შედის სარეწაო, სამსახურებრივი და დამხმარე გემები. სარეწი მომპოვებელი გემის ფართოდ გავრცელებული სახეა ტრაილერი რომელზედაც ხორციელდება ზღვის პროდუქტების პირველადი გადამუშავება და სამაცივრო მოწყობილობებში შენახვა. დამხმარე გემებს მიეკუთვნება სამეცნიერო კვლევითი, სარეწი და სასწავლო გემები. სასამსახურო გემებს მიეკუთვნება - საპორტო საბუქსირე და ტექნიკური დახმარებისათვის დანიშნული გემები. სასამსახურო დამხმარე ჯგუფს მიეკუთვნება იმ ჯგუფის გემები, რომელშიც შედის: ყინულმჭრელები, სახანძრო, საბუქსირე და სხვა.

საზღვაო-სატრანსპორტო, სამგზავრო და სარეწი გემები ცურვის რეგულირების თვალსაზრისით აღჭურვილი არიან ბალასტის სისტემით, რომელშიც შედის: ბალასტის ავზები, ბალასტის ტუმბოები, მილგაყვანილობა, საკონტროლო და მზომი

მოწყობილობები, მართვის საშუალებები. ბალასტის წყლის რაოდენობა განისაზღვრება გემის ტიპის მიხედვით. კერძოდ, მშრალი ტვირთების გადამტანი და სამგზავრო გემებისათვის ბალასტის წყლის რაოდენობა შეადგენს წყალწყვის 30%, ტანკერებისათვის 50%, წიაღისეულის მზიდი გემებისათვის 40-60%.

ბალასტირება ხორციელდება ბორტის გარეთ არსებული წყლით, რომლის მიწოდებისათვის ბალასტის ცისტერნებში გამოიყენება ორი მეთოდით: ბალასტის თანდათანობითი გამოცვლა ან გადატუმბვა. ბალასტის კონტროლი ხდება გემის დაჯდომის და ცისტერნის შევსების დონით. გემზე ბალასტის წყლის ცისტერნებში განთავსებასა და შემდგომი ოპერაციების შესრულებაზე პასუხისმგებელია გემის კაპიტანი.

დადგენილია, რომ პორტებში შემოდის მშრალი ტვირთების გადამზიდავი გემები, რომელთაც გადააქვთ ფხვიერი, მყარი ან საცალო ტვირთები. ასევე შემოდის ტანკერები ნედლი ნავთობის და ნავთობპროდუქტების გადასატანად. ყველა ზემოთჩამოთვლილი გემის ტიპი სარგებლობს ბალასტის წყლის თანდათანობით შეცვლის მეთოდით, ხოლო ე.წ. ბალასტის წყლის გამოცვლის გამდინარე მეთოდი (გადატუმბვა) მიუხედავად უფრო ეფექტურობისა არ გამოიყენება.

თანამედროვე „რიროელის“ ტიპის ტანკერებს აქვს 14 ბალასტის წყლის ცისტერნა რომელთაგან 12 განლაგებულია თბომავლის სატვირთო ტრიუმის გასწვრივ. მათზე გათვალისწინებულია დისტანციური კონტროლი ტუმბოების დისტანციური მართვის სისტემით. ასევე განუწყვეტლივ დისტანციურად ხორციელდება ცისტერნებში წყლის დონის კონტროლი.

14 ბალასტის ცისტერნის არსებობა, საშუალებას იძლევა ბოლომდე წყლის დაღვრა განხორციელდეს ერთდროულად რამდენიმე ცისტერნიდან, გემის სვლის ხარისხის გაუარესების გარეშე, ცუდი მეტეოროლოგიური პირობების დროსაც კი. ბალასტის დონის დისტანციური გაზომვა, საშუალებას იძლევა უფრო ზუსტად განისაზღვროს წყლის რაოდენობა ცისტერნებში, ასევე სწორად დავადგინოთ გემის აუცილებელი ბალასტირების დრო.

მიუხედავად ამ ტიპის გემებზე თანამედროვე აღჭურვილობის არსებობისა ან კიდევ ბალასტის წყლის ცისტერნების დიდი რაოდენობით არსებობისა,

ბალასტირების ოპერაციის ჩატარება, გაუარესებული ბუნებრივი პირობების - ძლიერი ქარისა და ღელვის დროს - რეკომენდირებული არ არის. ამ ტიპის გემებზე ბალასტის წყლის გამდინარე მეთოდით შეცვლა მიუღებელია. გემები „ვოლგა-ბალტი“ „სორმოვსკი“ ექსპლუატაციაში იმყოფება საკმაოდ დიდი ხანია და ზოგიერთი მათგანის ასაკი 20-40 წელია. მათი ბალასტირებისას მუდმივად გამოიყენება ბალასტის ცისტერნები, რომლებიც განლაგებულია თბომავლის სატვირთო ტრიუმის გრძივად. თბომავლის თითოეულ ბორტზე განთავსებულია სამი ან ოთხი ცისტერნა. ცისტერნებში ჩატვირთული წყლის დონის კონტროლი ხორციელდება ხელით.

ბალასტის წყლის შეცვლის დროს, წყალი პირველად ჩამოიცლება იმ ცისტერნებიდან, რომლებიც ერთმანეთის პირისპირაა განლაგებული ან კიდევ მარცხენა და მარჯვენა ბორტებზე დიაგონალურად. ცისტერნებიდან ბალასტის წყლის ჩამოცლის მაჩვენებელს წარმოადგენს, ბალასტის მაგისტრალურ მილებზე განლაგებულ მანომეტრებზე, წნევის ვარდნა და წყლის ტუმბოს მახასიათებელი ხმის გამოცემა დატვირთვის გარეშე მუშაობისას. ბალასტის ოპერაციის აღნიშნული ტექნოლოგიით ჩატარება შრომატევადი პროცესია და ცუდი ბუნებრივი პირობების დროს ძნელად შესასრულებელია. როგორც წესი ადრე აგებულ ბევრ გემზე ბალასტის ოპერაციის ჩატარება დაუშვებელია 2 მეტრზე მეტი სიმაღლის ტალღების შემთხვევაში.

არსებობს გემების გარკვეული კონსტრუქციები, რომელზედაც ბალასტირების პროცესის ოპერაციები ნაწილობრივ ავტომატიზირებულია. მაგალითად, ბალასტის ლუქების გაღება-დაკეტვა და ბალასტის ტუმბოების ჩართვა ხორციელდება დისტანციურად სამანქანო განყოფილებიდან. ტევადობებში ბალასტის დონე ფასდება მანომეტრებით და სიზუსტე კონტროლდება ხელით დანაყოფებიანი ჭოკის საშუალებით (გემის პროექტი 19610).

უნდა აღინიშნოს, რომ ბალასტის ტუმბოები ვერ უზრუნველყოფენ ბალასტის ტანკებიდან წყლის სრულად გამოტუმბვას. ბალასტის ოპერაციის ჩატარებისას ტანკებში რჩება წყლის ფენა სისქით 2-6 სმ, რაც შეადგენს 7- დან 50 ტონამდე წყალს, რომლის გამოტუმბვა შეუძლებელია და დანალექი ფენა წარმოადგენს ბიოლოგიური ორგანიზმების თავშესაფარს. ე.ი. გემების ბევრ კონსტრუქციებზე შესაძლებელია ბალასტის წყლის , თანდათანობითი მეთოდით, გემის სვლის ხარისხის მნიშვნელოვნად

გაუარესების გარეშე. ამასთან ბუნებრივი პირობები ამ პროცესზე ნაკლებად მოქმედებს.

ყველა ჩასატარებელი ოპერაციების დისტანციური მართვა, ბალასტის მიღების და დაცლის დროს, ამცირებს პროცესის შრომატევადობას და ამცირებს ადამიანის ფაქტორის გავლენას, ასეთი გემები ეპიდემიოლოგიურად ნაკლებად საშიშია.

ძველი პროექტის გემებზე, სადაც ბალასტის ტანკების რაოდენობა არც ისე დიდია და ბალასტის ოპერაციები სრულდება ხელით (ჩამკეტების გაღება-დაკეტვა, ბალასტის წყლის დონის განსაზღვრა დანაყოფებიანი ჭოკით) ეპიდემიოლოგიურად გაცილებით საშიშია, რადგან ბალასტის ოპერაციის ჩატარების ხარისხი უმთავრესად დამოკიდებულია ბუნებრივ პირობებზე და ზღვის აკვატორიაში ღელვის რეჟიმზე. ძლიერი ქარი და ტალღები არ იძლევიან საშუალებას, ბალასტის ტანკებიდან სრულად გადმოტვირთოს წყალი, რადგან ამან შეიძლება გამოიწვიოს გემის მდგრადობის და მართვადობის დარღვევა. ხმელთაშუა ზღვიდან, შავ ზღვაში გემის გადმოსვლისას ბალასტის შეცვლა შესაძლებელია რამდენჯერმე. ამასთან გემზე ბალასტის წყალს შეიძლება ჰქონდეს მრავალკომპონენტური შემადგენლობა, რომელშიც იქნება ხმელთაშუა, მარმარილოს და შავი ზღვის წყლების წილები. აღნიშნულის გამო პორტების აკვატორიაში, სხვადასხვა სახის ბიოლოგიური აგენტების შეტანის ალბათობა მაღალია.

ტანკერი „კაპიტანი ბარმინი“ (აგებულია 2002 წელს) პროექტის ანალიზმა გვიჩვენა, რომ არსებული ბალასტის ოთხი ტანკიდან გამოიყენება სამი. შეიძლება ვიფიქროთ, რომ გემის ბალასტირებისას წყალი ბალასტის ტანკებიდან სრულად არ ჩამოიცლება, ხელსაყრელი ბუნებრივი პირობების დროსაც, რადგან წყლის ჩამოშვება ერთდროულად ორი ტანკიდან გამოიწვევს გემის მართვის მყისიერ გაუარესებას.

გემებზე ჩატარებული ბალასტის ოპერაციების ანალიზი, საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები: ბალასტის წყლებით მიკროორგანიზმების შეტანის რისკი მეტია იმ გემებზე, სადაც არ არის ბალასტის ოპერაციების ჩატარების დისტანციური მართვა (ძველი გემები); ბალასტის ოპერაციის ხარისხიანად ჩატარება გემებზე, სადაც ბალასტის ტანკები მცირე რაოდენობითაა, შეუძლებელია არასასურველი გარემო პირობების შემთხვევაში.

თბოცვლის ბალასტის სისტემაში (ბალასტის ტანკებში) ხდება დანალექი შრის

წარმოქმნა სისქით 1,2-3,7 მ. ამ მიმართულებით თბომავლებზე ჩატარდა ტექნიკური დოკუმენტაციის ანალიზი, რომლის მიხედვითაც ხორციელდება ბალასტის ოპერაციების რეგლამენტირება (გეგმა გემებზე ბალასტის წყალთან დამოკიდებულების შესახებ). აღნიშნული გეგმა შედგენილი IMO A.868(20) რეზოლუციის საფუძველზე, რომელიც წარმოადგენს გემებზე ბალასტის ოპერაციების ჩატარების და მართვის სახელმძღვანელოს და ითვალისწინებს წყლის მავნე ორგანიზმების გადატანის და გავრცელების მინიმუმამდე დაყვანას. იგი იძლევა ბალასტის ოპერაციების მართვის მხოლოდ ტექნიკურ საფუძველს. გეგმა იძლევა ბალასტის წყლებთან მიმართებაში ტიპურ რეკომენდაციებს და არ ითვალისწინებს გემების კონსტრუქციულ თავისებურებებს. იგი იძლევა რეკომენდაციას ბალასტის წყლის შეცვლა განხორციელდეს ღრმა წყლის რაიონებში სანაპიროდან საკმაო დაშორებით. აღნიშნულ გეგმაში, პათოგენური ორგანიზმების გადატანის რისკის შემცირების ღონისძიებები, ბალასტის წყლის შეცვლისას აკვატორიაში არ განიხილება.

გამომდინარე აქედან, გემების კლასიფიკაციის და ბალასტის სისტემების შესწავლის მიზნით ჩატარებული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საქართველოს საერთაშორისო პორტების აკვატორიაში ნეგატიური ზემოქმედება ძირითადად ხორციელდება მშრალი ტვირთების გადამტანი გემების მიერ. მიუხედავად ბალასტის ტანკების შედარებით მცირე მოცულობისა (გემის ტონაჟის 30%-მდე) ამ ტიპის გემების უმეტესი ნაწილი მოძველებულია და არ გააჩნიათ ბალასტირების ავტომატიზირებული სისტემები. ეს კი იწვევს ბალასტის წყლის არასრულყოფილად შეცვლას და მავნე ორგანიზმებისათვის ხელსაყრელი პირობების შექმნას.

კონვენციის მიერ დაბინძურების შეზღუდვის შესახებ რეკომენდირებული მეთოდები D-1, მიუღებელია მშრალი ტვირთების გადამტანი გემებისათვის, მათი კონსტრუქციული და საექსპლუატაციო მახასიათებლების თავისებურებების გამო. ამასთან ეს ხერხი ნაკლებად ეფექტურია, რადგან ბალასტის მრავალჯერადი ცვლილების დროსაც კი ტანკებში ჩნდება, უძრავი ზონები და წყლის სრული შეცვლა არ ხერხდება.

4.2. ბალასტის წყლის სინჯის აღების მეთოდების და საშუალებების შედარებითი ანალიზი.

კონვენციის დებულებების რეალიზაციის მიზნით, პორტებში ორგანიზებულია ბალასტის წყლის სინჯის აღება და ანალიზი, მასში დამაბინძურებელი ნივთიერებების კვლევის მიზნით. ოპერაცია ხორციელდება პორტის ხელმძღვანელობის მიერ, გემების იძულებითი შეფერხების გარეშე (კონვენცია, სტატია 9). ბალასტის წყლის სინჯის აღება, ხორციელდება გემის ეკიპაჟის წევრებთან ერთად, რომელიც პასუხისმგებელია გემზე ბალასტის ოპერაციების ჩასატარებლად.

სინჯის აღების განხორციელებისას სპეციალისტები ითვალისწინებენ:

- გემის მოძრაობის მარშრუტს;
- პორტის, როგორც საერთაშორისო სატრანსპორტო კვანძის ეპიდემიოლოგიური მდგომარეობის მნიშვნელობას;
- გემის პორტში მოძრაობისას ბალასტის ოპერაციის ჩატარების ბუნებრივ პირობებს;
- ბალასტის წყლის შეცვლის მეთოდს (თანდათანობით თუ ჩატუმბვის მეთოდით);
- ბალასტის ტევადობების რაოდენობას (რაც მეტია ბალასტის ტევადობები, მით უფრო სრულყოფილი და ხარისხოვანია ბალასტის შეცვლის ოპერაცია);
- ბალასტის მართვის სისტემას (ავტომატიზირებულია, ნახევრად ავტომატიზირებული თუ ხელით ხდება მართვა);
- ბალასტის იმ ცისტერნების გამოყოფას, რომლებშიც იმყოფებოდა წყალი გემის შედარებით არასასურველ აკვატორიაში მოძრაობისას.

სინჯის აღების პროცედურის განხორციელებისას:

- იზომება ბალასტის წყლის ტემპერატურა;
- დგინდება აღებული სინჯის რაოდენობა;
- მიმდინარეობს სინჯის მონაცემების შეკრება და დამუშავება;
- სრულდება ბალასტის წყლის ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლების (გამჭვირვალობა, სუნის, ნავთობპროდუქტების ან ზეთის აფსკის არსებობა) ვიზუალური შეფასება;
- სრულდება დოკუმენტალური გაფორმება (Ballast Report Form). სადაც

მითითებულია ბალასტის წყლის შეცვლის და სინჯის აღების პროცედურის ჩატარების ადგილი, აქვე აღინიშნება მარილის შემცველობის წინასწარი მონაცემების ჩანიშვნა;

- დგება გამოკვლევაზე გაგზავნის მიმართვა.

წყლის სინჯის აღებისათვის ფართოდ გამოიყენება ხელსაწყო ბატომეტრი, რომელიც არის ცილინდრული ფორმის სპეციალური ჭურჭელი და აღჭურვილია სარქველებით (წყლის მოცემულ სიმაღლეზე ჭურჭლის მოცულობის ჩასაკეტად).

გემების კონსტრუქციის შესწავლა, საშუალებას იძლევა გავაკეთოთ დასკვნა, იმის შესახებ, რომ ბატომეტრის გამოყენება ყოველთვის არაა შესაძლებელი, რის გამოც ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია ბალასტის წყლის სინჯის დაღვრისას- სინჯის აღება ბატომეტრით, სპეციალური ლუკიდან ტუმბოთი ან კიდევ ბალასტის მოცულობის სათვალთვალო სახურავიდან, ასევე ცისტერნებში წყლის დონის გასაზომი ნახვრეტიდან.

ბალასტის წყლის დაცლისას, სინჯის აღება ხორციელდება ტუმბოს ჩართვისას 10-15 წთ-ის შემდეგ. ამ დროს ბატომეტრი მინის კოლბით, თავსდება ბალასტის წყლის ჭავლის ქვეშ და აიღება სინჯი 1 ლიტრი მოცულობით (სურ.4.1). აღნიშნული მეთოდის უარყოფითი მხარეა, ბალასტის დაცლისას 8-9 საათში საერთო სინჯის ფორმირების შეუძლებლობა. ბალასტის წყლის ფილტრის გავლით გადატუმბვა, ახანგრძლივებს სინჯის აღების დროს.



სურ.4.1. სინჯის აღება ბალასტის წყლის დაცლის დროს.



სურ.4.2. სინჯის აღება სათვალთვალო ლუკიდან.

სათვალთვალო ლუკი სხვადასხვა პროექტის და ტიპის გემებზე არც თუ ისე დიდი რაოდენობითაა განთავსებული (სურ.4.2). ისინი გამოყენებულია ძველი პროექტის (პროექტი 630) და ზოგიერთ თანამედროვე თბომავლებზე.

წინა მეთოდთან შედარებით ამ მეთოდის უპირატესობაა სიმარტივე და ლუკების თავისუფალი და სწრაფი გაღების შესაძლებლობა. ლუკების დიამეტრი 12-დან 60 სმ-მდეა და ბალასტის წყლის სინჯი, აიღება ბატომეტრით. უარყოფითი მხარეა თბომავლების უმეტეს ნაწილზე, სათვალთვალო ლუკების არ არსებობა.

სინჯის აღება ბალასტის ცისტერნების სათვალთვალო სახურავიდან: სათვალთვალო სახურავი ბალასტის ტანკზე მაგრდება სარჭებზე და ეჭირება ქანჩებით. მათი რაოდენობა შეიძლება იყოს 20-ზე მეტი (სურ.4.3). მეთოდის უარყოფითი მხარეა შრომატევადობა და გახსნის პროცესის ხანგრძლიობა, რადგან ერთი სახურავის გახსნა გრძელდება 1,0–1,5 სთ, აღნიშნულის გამო ამ მეთოდის გამოყენებისას, ბალასტის წყალში ინფექციური დაავადებების გამლიზიანებლების რაოდენობა, უნდა იყოს ძალიან მაღალი. ბალასტის ხუფის მოხსნა უნდა განხორციელდეს, თბომავლის წვევრების გუნდის მიერ იმის შემდეგ, რაც აღნიშნული ოპერაციის ჩატარება, შეთანხმებული იქნება კაპიტანთან ან უფროს თანაშემწესთან.

ბალასტის წყლის სინჯის აღება, ხორციელდება ინსპექციის სპეციალისტების მიერ ბატომეტრით.



სურ.4.3. სინჯის აღება გამზომი ნახვრეტების გამოყენებით.

სინჯის აღება გამზომი ნახვრეტებიდან: პრაქტიკულად ყველა თბომავალზე ბალასტის წყლის სინჯის აღება, უმეტეს შემთხვევაში უშუალოდ ხორციელდება სპეციალური გამზომი ნახვრეტებიდან, რომლებიც გამოყენებულია ბალასტის წყლის დონის ხელით კონტროლის დროს (სურ.4.3). აღნიშნული მეთოდის დადებითი მხარეა, ნებისმიერი პროექტის და კონსტრუქციის გემზე, მისი გამოყენების შესაძლებლობა. მეთოდის უარყოფითი მხარეა, გამზომი ნახვრეტების მცირე დიამეტრები (47-55 მმ) და სპეციალური მოწყობილობების აუცილებლობა, კერძოდ საჭიროა ზედაპირული ტუმბო ან სპეციალურად დამუშავებული ბატომეტრი.

4.3. საქართველოს საერთაშორისო პორტებში გემების ბალასტის წყლის ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგები .

ბალასტის წყალში დამბინძურებელი ნივთიერებების თუ ორგანიზმების არსებობის შემოწმების მიზნით, ჩატარდა ლაბორატორიული გამოკვლევები პორტებში შემოსული გემებისათვის. წყლის სინჯის აღება ხდებოდა ყოველწლიურად. კვლევის მთელი პერიოდის მანძილზე აღებული იყო და გამოკვლევა ჩატარდა 327 სინჯს.

კვლევის პერიოდის მანძილზე, საქართველოს პორტებში შემოსული გემები

ახდენდნენ ბალასტის წყლის დაცლას და თითოეული გემის მიერ, ზღვაში ჩაღვრილი ბალასტის რაოდენობა 15-40 ტ. ზღვრებში მერყეობდა. სინჯის აღების დროს, ბალასტის წყლის ტემპერატურის ვარიაცია ხდებოდა +15-დან +28°C ზღვრებში. შავი ზღვის აკვატორიაში, პირველი გემის ბალასტის წყლის შეცვლა განხორციელდა კოორდინატებით 40°55'-45°26' ჩრდილოეთ განედიდან და 28°08'-36°44' აღმოსავლეთ გრძედიდან.

საქართველოს საერთაშორისო პორტებში განხილული მეთოდებით, სინჯის აღება და ბალასტის წყლის კვლევის ჩატარებული სამუშაოები, ეკოლოგიური უსაფრთხოების შენარჩუნების მიზნით, ამცირებს ბიოლოგიური ფაქტორების მოქმედების რისკს ადამიანის ორგანიზმზე და გარემოზე. ეს კი ითვალისწინებს საერთაშორისო კონვენციის და საქართველოს მთავრობის დადგენილების მოთხოვნების შესრულებას, საქართველოს ტერიტორიაზე ბალასტის წყლის მართვისა და კონტროლის შესახებ.

ცხრილი 12

რიგითი №	მოსვლის დრო	გემის სახელი	დროშა	ტიპი	GRT გროსტ.	ბოლო ნავსადგური
1.	05.01.14 14:20	MOTIVATOR	მარშალისკუნძულები	ტანკერი	8539	სალონიკი I
2	06.01.14 7:00	ULUC KA	თურქეთში	ტანკერი	3981	სამსუნ
3	08.01.14 5:42	SEAVALOUR	მალტა	ტანკერი	29348	სინიში
4	02.01.14 15:00	CASPIAN MARINER	მალტა	ტანკერი	4606	ალიაგა
5	10.01.14 9:00	VF TANKER - 16	რუსეთი	ტანკერი	5075	ქერჩი
6	11.01.14 22:00	ROSA MAERSK	დანია	ტანკერი	22184	აჯიო თეოდორი
7	14.01.14 7:00	NASIBA ZEYNALOVA	რუსეთი	ტანკერი	4681	იესკი
8	15.01.14 8:20	EMIN REIS	თურქეთი	ტანკერი	4165	ფოთი
9	16.01.14 10:30	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	გებზე
10	16.01.14 11:40	MUKHALATKA	რუსეთი	ტანკერი	4754	ბურგასი
11	23.01.14 22:50	CAPE BENAT	მალტა	ტანკერი	21165	მარშასლოკ
12	01.02.14 21:18	TANJA KOSAN	ენგლისი	ტანკერი	4693	ალიაგა
13	05.02.14 7:30	REVEL	ლიბერია	ტანკერი	22184	კვიპროსი
14	04.02.14 7:30	SEAMERIT	მალტა	ტანკერი	23236	რეჯიკა
15	05.02.14 11:50	VF TANKER-11	რუსეთი	ტანკერი	5075	ქერჩი
16	06.02.14 2:00	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	სამსუნ
17	09.02.14 17:00	PORT RUSSEL	მარშალისკუნძულები	ტანკერი	24910	პირეუსი

18	09.02.14 20:16	VF TANKER-13	რუსეთი	ტანკერი	5075	სევასტოპოლი
19	12.02.14 20:00	CONSTANZA M	იტალია	ტანკერი	25864	კალი ლიმენესი
20	12.02.14 20:36	CHEM NORMA	მარშალის კუნძულები	ტანკერი	11939	ტამანი
21	13.02.14 23:00	LERIK	რუსეთი	ტანკერი	4684	ბათუმი
22	12.02.14 8:00	VEGA VOYAGER	ბაჰამები	ტანკერი	58088	ფოსი
23	22.02.14 9:30	IOANNIS	მალტა	ტანკერი	57066	ოდესაა
23	23.02.14 9:50	VASSILIOS XXI	სტ.ვინცენი	ტანკერი	3262	გებზე
24	27.02.14 0:30	VF TANKER - 22	რუსეთი	ტანკერი	5075	ბათუმი
26	25.02.14 22:00	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	ფოთი
27	03.03.14 22:10	TEC - 1	უკრაინა	ტანკერი	5473	ქერჩი
28	09.03.14 11:00	SCALI DEL TEATRO	მალტა	ტანკერი	3430	ალიაგა
29	10.03.14 13:30	VF TANKER - 22	რუსეთი	ტანკერი	5075	გებზე
30	13.03.14 8:30	TORM CAMILLA	დანია	ტანკერი	30024	აჯიო თეოდორი
31	18.03.14 20:00	MARIAN B	სიერრა ლეონე	DREDGER	1954	ყულევი
32	18.03.14 12:20	SOKAR	მალტა	საბუქსიროგემი	359	ყულევი
33	18.03.14 12:30	SOKAR 2	მალტა	საბუქსიროგემი	304	ყულევი
34	15.03.14 17:06	VALGARDENA	იტალია	ტანკერი	23335	ალიაგა
35	18.03.14 14:27	MINITANK TWO	მალტა	ტანკერი	3982	ქერჩი
36	19.03.14 4:06	PATRIOTIC	მარშალისკუნ ძულები	ტანკერი	8539	დემიეტა
37	19.03.14 3:55	CASPIAN MARINER	მალტა	ტანკერი	4606	ალიაგა
38	17.03.14 12:00	MINERVA SOPHIA	საბერძნეთი	ტანკერი	61341	სინიში
39	21.03.14 23:30	MINITANK ONE	მალტა	ტანკერი	3982	გებზე
40	31.03.14 22:00	MARIAN B	სიერრა ლეონე	DREDGER	1954	ყულევი
41	31.03.14 17:20	SOKAR	მალტა	საბუქსიროგემი	359	ყულევი
42	31.03.14 17:25	SOKAR 2	მალტა	საბუქსიროგემი	304	ყულევი
43	29.03.14 14:15	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	სამსუნი
44	05.04.14 10:00	DAVIKEN	მალტა	ტანკერი	3430	ალიაგა
45	06.04.14 10:00	VASSILIOS XXI	სტ.ვინცენი	ტანკერი	3262	ბურგასი
46	09.04.14 12:35	MARVEA	მალტა	ტანკერი	25385	ისკანდერინი
47	10.04.14 8:45	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	გებზე
48	12.04.14 5:00	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	სამსუნი
50	16.04.14 10:55	EMIN REIS	თურქეთი	ტანკერი	4165	ფოთი
51	16.04.14 23:00	ROMO MAERSK	დანია	ტანკერი	22184	ტრიესტი
52	20.04.14 23:52	RAY G	იტალია	ტანკერი	25431	ლიმასსოლი

53	28.04.14 12:30	CHERNOMORET S - 9	საქართველო	მცურავი აძწე	921	ანაკლია
54	30.04.14 10:15	LITEYNY PROSPECT	ლიბერია	ტანკერი	62586	ნოვოროსისისკი
55	06.05.14 12:00	RIROIL - 4	რუსეთი	ტანკერი	4606	ფოთი
56	11.05.14 9:15	RIROIL - 2	რუსეთი	ტანკერი	4606	ოდესა
57	13.05.14 1:15	SYN MAIA	იტალია	ტანკერი	3983	ალიაგა
58	13.05.14 5:10	BROTHERS - 7	რუსეთი	ტანკერი	2870	აზოვი
59	21.05.14 14:00	MINERVA ZOE	საბერძნეთი	ტანკერი	57301	ნოვოროსისისკი
60	21.05.14 14:15	VASSILIOS XXI	სტ.ვინცენტი	ტანკერი	3262	ფოთი
62	29.05.14 12:00	VF TANKER - 6	რუსეთი	ტანკერი	5075	აზოვი
63	29.05.14 15:00	TEKOS	მოლდოვა	ტანკერი	2428	შარჯან მინო ხალიდი
64	01.06.14 10:00	VF TANKER - 12	რუსეთი	ტანკერი	5075	აზოვი
65	31.05.14 20:00	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	ბათუმი
66	07.06.14 18:20	CANSU D	მალტა	ტანკერი	3960	ბათუმი
67	10.06.14 19:28	VASSILIOS XXI	სტ.ვინცენი	ტანკერი	3262	ვარნა
68	11.06.14 7:25	SVL PRIDE	რუსეთი	ტანკერი	4793	აზოვი
69	15.06.14 6:45	ISTAMBUL KA	თურქეთი	ტანკერი	3511	სამსუნ
70	19.06.14 22:00	SEAEMPRESS	მალტა	ტანკერი	23241	კონსტანცა
72	21.06.14 3:00	DAVIKEN	მალტა	ტანკერი	3430	ალიაგა
73	22.06.14 4:00	ANWAAR LIBYA	ლიბია	ტანკერი	22184	ტუზლა
74	21.06.14 20:00	BALTIC SKY	მალტა	ტანკერი	23235	ალექსანდრია
75	26.06.14 15:00	VASSILIOS XXI	სტ.ვინცენი	ტანკერი	3262	ფოთი
76	28.06.14 0:25	SOKAR 2	მალტა	საბუქსიროგები	304	ყულევი
77	30.06.14 10:05	AQASIA	მალტა	ტანკერი	2141	იზმიტი
78	05.07.14 14:30	CPO SWEDEN	ენგლისი	ტანკერი	23353	აუგუსტა
79	05.07.14 22:10	CAPTAIN NAGDALIYEV	რუსეთი	ტანკერი	4684	ბათუმი
80	12.07.14 22:55	BALTIC CHIEF I	კვიპროსი	ტანკერი	23235	ალექსანდია
81	14.07.14 3:50	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	იარიმზა
82	16.07.14 8:12	SCALI DEL TEATRO	მალტა	ტანკერი	3430	ალიაგა
83	18.07.14 7:30	CAPTAIN NAGDALIYEV	რუსეთი	ტანკერი	4684	ბათუმი
84	17.07.14 22:00	CIELO DI SALERNO	ლიბერია	ტანკერი	23680	ტრიპოლი
85	20.07.14 23:20	FILYOZ	მალტა	ტანკერი	4034	ბათუმი
86	22.07.14 16:45	MINERVA ZEN	საბერძნეთი	ტანკერი	29442	მალტა
87	24.07.14 7:30	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	სამსუნ
88	27.07.14 15:30	ARION	ლიბერია	ტანკერი	23325	ანტალია
89	29/07/14 08:20	KURA RIVER	რუსეთი	ტანკერი	4681	აზოვი

90	31/07/14 13:00	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	იზმიტი
91	02/08/14 07:00	VILESH RIVER	რუსეთი	ტანკერი	4681	აზოვი
92	02/08/14 14:50	GENERAL HAZI ASLANOV	რუსეთი	ტანკერი	4522	აზოვი
93	04/08/14 18:00	NEW HELLAS	საბერძნეთი	ტანკერი	59827	ქერჩი
94	05/08/14 21:00	TEKOS	მოლდოვა	ტანკერი	2428	მიდია
95	04/08/14 20:00	JADE	მალტა	ტანკერი	25400	მალტა
96	03/08/14 19:00	SANAR - 5	რუსეთი	ტანკერი	4740	აზოვი
97	06/08/14 20:54	GREEN SEA	ლიბერია	ტანკერი	30264	ოდესა
98	11/08/14 09:00	BOMAR JUNO	მალტა	ტანკერი	3466	ტუზლა
99	07/08/14 21:00	CHIGIZ MUSTAFAYEV	რუსეთი	ტანკერი	4534	აზოვი
100	11/08/14 14:00	MALBEC	მარშალის კუნძულები	ტანკერი	24066	საიდა
101	12/08/14 01:15	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	გებზე
102	09/08/14 16:20	REVEL	ლიბერია	ტანკერი	22184	გენუია
103	17/08/14 13:42	SYN MAIA	იტალია	ტანკერი	3983	ალიაგა
104	14/08/14 22:30	EMERALD STARS	მარშალისკუნძულები	ტანკერი	23298	ლიმასსოლი
105	21/08/14 00:01	LIBERA	მალტა	ტანკერი	25373	იზმიტი
106	24/08/14 17:00	CASPIAN MARINER	მალტა	ტანკერი	4606	ქერჩი
107	25/08/14 07:30	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	სამსუნი
108	26/08/14 17:00	HAVVA ANA	მარშალისკუნძულები	ტანკერი	5578	ბათუმი
109	27/08/14 13:00	ABSSHERON	მალტა	ტანკერი	60379	პორტი საიდი
110	27/08/14 20:00	GANDHI	ლიბერია	ტანკერი	25400	ბათუმი
111	02/09/14 07:25	TEKOS	მოლდოვა	ტანკერი	2428	ოდესა
112	11/09/14 09:22	FETIKOS	თურქეთი	ტანკერი	3974	ბათუმი
113	11/09/14 21:19	PHOENIX AN	მალტა	ტანკერი	24048	მალტა
114	13/09/14 12:24	SYN MAIA	იტალია	ტანკერი	3983	ალიაგა
115	12/09/14 01:00	TORM VITA	მარშალისკუნძულები	ტანკერი	30128	ნოვოროსიისკი
116	13/09/14 01:25	MORGANE	მარშალისკუნძულები	ტანკერი	23270	მერსინი
117	12/09/14 12:00	BALTIC MARINER	მალტა	ტანკერი	4606	ბურგასი
118	15/09/14 13:00	RIROIL 4	მალტა	ტანკერი	4606	ფოთი
119	26/09/14 15:38	SOKAR	მალტა	საბუქსიროგემი	359	ყულევი
120	26/09/14 15:38	SOKAR 2	მალტა	საბუქსიროგემი	304	ყულევი
121	26/09/14 21:30	MARIAN B	სიერრა ლეონე	DREDGER	1954	ყულევი
122	24/09/14 05:30	NORD INTEGRITY	პანამა	ტანკერი	28777	კაკვაზი
123	25/09/14 07:00	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	სამსუნი

124	02/10/14 09:00	SOKAR	მალტა	საბუქსიროგეზი	359	ყულევი
125	02/10/14 09:00	MARIAN B	სიერრა ლეონე	DREDGER	1954	ყულევი
126	02/10/14 09:00	SOKAR 2	მალტა	TUG BOAT	304	ყულევი
127	25/09/14 16:48	SYN MAIA	იტალია	ტანკერი	3983	ალიაგა
128	23/09/14 01:00	SICHEM SINGAPORE	იტალია	ტანკერი	8562	თუთუნსიფლიკი
129	26/09/14 22:00	ASSOS	ლიბერია	ტანკერი	27916	პირეუსი
130	03/10/14 07:08	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	სამსუნ
131	03/10/14 07:08	ADRIATIC MARINER	რუსეთი	ტანკერი	4606	აზოვი
132	28/09/14 08:00	LERIK	რუსეთი	ტანკერი	4684	ბაქო
133	01/10/14 11:00	MUGAN	რუსეთი	ტანკერი	4684	აზოვი
134	07/10/14 23:45	MUBARIZ IBRAHIMOV	რუსეთი	ტანკერი	4684	აზოვი
135	11/10/14 17:30	ELBTANK GERMANY	პორტუგალია	ტანკერი	22848	ნოვოროსისკი
136	12/10/14 22:10	AZIZ TORLAK	მარშალისკუნ ძულები	ტანკერი	5590	ბათუმი
137	12/10/14 19:20	MARE AMBASADOR	მარშალისკუნ ძულები	ტანკერი	23240	ტრიესტე
138	14/10/14 14:25	KURA RIVER	რუსეთი	ტანკერი	4681	აზოვი
139	21/10/14 08:50	SOKAR 2	მალტა	საბუქსიროგეზი	304	ფოთი
140	21/10/14 08:50	SOKAR	მალტა	საბუქსიროგეზი	359	ფოთი
141	21/10/14 09:00	MARIAN B	სიერრა ლეონე	DREDGER	1954	ფოთი
142	18/10/14 20:50	SYN MAIA	იტალია	ტანკერი	3983	ალიაგა
143	15/10/14 14:30	SHAH DENIZ	მალტა	ტანკერი	60379	გენუა
144	24/10/14 15:00	EVIAPETROL V	საბერძნეთი	ტანკერი	4811	ფოთი
145	22/10/14 10:20	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	სამსუნ
146	25/10/14 14:40	MARMARA MARINER	მალტა	ტანკერი	4606	ფოთი
147	27/10/14 12:30	BRITISH EXPLORER	ენგლისი	ტანკერი	23235	ვალცონარა
148	30/10/14 17:00	SANAR - 3	რუსეთი	ტანკერი	4740	თურქმენბაში
149	04/11/14 12:35	SOKAR	მალტა	საბუქსიროგეზი	359	ყულევი
150	04/11/14 12:45	SOKAR 2	მალტა	საბუქსიროგეზი	304	ყულევი
151	05/11/14 19:30	MARIAN B	სიერრა ლეონე	DREDGER	1954	ყულევი
152	31/10/14 10:10	RIROIL 4	მალტა	ტანკერი	4606	ფოთი
153	31/10/14 11:35	SANAR - 3	რუსეთი	ტანკერი	4740	ფოთი-ლუზა
154	04/11/14 11:00	FRESIA	იტალია	ტანკერი	25651	ოდესა
155	05/11/14 23:45	MARMARA MARINER	მალტა	ტანკერი	4606	კონსტანცა

156	07/11/14 12:00	GOLDEN RAY	ლიბერია	ტანკერი	11733	რავენა
157	08/11/14 12:00	EVIAPETROL V	საბერძნეთი	ტანკერი	4811	ფოთი
158	10/11/14 07:10	CAPTAIN NAGDALIYEV	რუსეთი	ტანკერი	4684	აზოვი
159	09/11/14 08:00	SYN MAIA	იტალია	ტანკერი	3983	ალიაგა
160	11/11/14 15:00	VF TANKER - 6	რუსეთი	ტანკერი	5075	თურქმენბაში
161	12/11/14 22:12	SEABREEZE	მალტა	ტანკერი	31433	ჩიოსი
162	14/11/14 11:40	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	სამსუნნი
163	14/11/14 23:45	EKIN - S	თურქეთი	ტანკერი	4287	ბათუმი
164	17/11/14 00:01	STI HACKNEY	მარშალისკუნ ძულები	ტანკერი	24162	ბოსფორუსი
165	19/11/14 03:00	RIROIL 1	მალტა	ტანკერი	4606	ოდესა
166	25/11/14 08:30	SOKAR	მალტა	საბუქსიროგემი	359	ყულევი
167	25/11/14 08:35	SOKAR 2	მალტა	საბუქსიროგემი	304	ყულევი
168	25/11/14 10:30	MARIAN B	სიერრა ლეონე	DREDGER	1954	ყულევი
169	25/11/14 10:50	SIG	რუსეთი	ტანკერი	4754	ჯემლიკი
170	25/11/14 18:30	H.ISMAIL CAPTANOGLU	მალტა	ტანკერი	22950	ათენიროლაკოსი
171	28/11/14 07:30	VASSILIOS XXI	სტვინცენტი	ტანკერი	3262	ვარნა
172	30/11/14 10:35	ULUC KA	თურქეთი	ტანკერი	3981	დერინგე
173	01/12/14 00:35	SIG	რუსეთი	ტანკერი	4754	ინებოლუ
174	06/12/14 12:00	LENKARAN	რუსეთი	ტანკერი	4534	ქერჩი
175	30/11/14 18:00	NORGAS CAMILLA	სინგაპორი	ტანკერი	8331	ჰუელვა
176	07/12/14 23:20	GHEBA	რუსეთი	ტანკერი	5123	კავკაზი
177	11/12/14 11:30	ONYX - T	პანამა	ტანკერი	3368	სამსუნისუნნი
178	14/12/14 01:00	RIROIL 5	მალტა	ტანკერი	4606	ფოთი
179	13/12/14 07:36	SHAH DENIZ	მალტა	ტანკერი	60379	ტრიესტე
180	15/12/14 21:48	BARBARICA	იტალია	ტანკერი	12008	ლა შხირლა
181	16/12/14 19:50	LIMAR	მარშალის კუნძულები	ტანკერი	28357	კავკაზი
182	19/12/14 04:42	HAVVA ANA	მარშალის კუნძულები	ტანკერი	5578	გებზე
182 - A	25/12/14 22:45	MARIAN B	სიერრა ლეონე	DREDGER	1954	ყულევი
182 B	25/12/14 13:40	SOKAR	მალტა	საბუქსიროგემი	359	ყულევი
182 - C	25/12/14 13:50	SOKAR 2	მალტა	საბუქსიროგემი	304	ყულევი
183	16/12/14 04:40	SIG	რუსეთი	ტანკერი	4754	ლიმასი
184	20/12/14 17:00	RIROIL 1	მალტა	ტანკერი	4606	ბათუმი
185	25/12/14 14:00	TRANS EZETER	მალტა	ტანკერი	5955	კონსტანცა
186	20/12/14 05:00	AZIZ TORLAK	მარშალის კუნძულები	ტანკერი	5590	მერსინი

187	24/12/14 22:10	LAIMA	მარშალის კუნძულები	ტანკერი	23240	ვალენსია
188	25/12/14 23:45	BLACK STAR	მალტა	ტანკერი	7386	გებზე
188 - A	01/01/15 13:04	MARIAN B	სიერალეონე	DREDGER	1954	ყულევი

საერთაშორისო სატრანსპორტო კავშირების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საქართველოს საზღვაო პორტები წარმოადგენს ტვირთების გადაზიდვის კვანძებს თურქეთიდან, ახლო აღმოსავლეთიდან, ევროპიდან აზერბაიჯანში ბაქოს საბორნე მეშვეობით – თურქმენბაშაში, და ბაქოდან (საბორნე) – ყაზახეთში (აკტაუ,) უზბეკეთსა და ყირგიზეთში ცენტრალურ აზიაში, ჩინეთში და ავღანეთში.

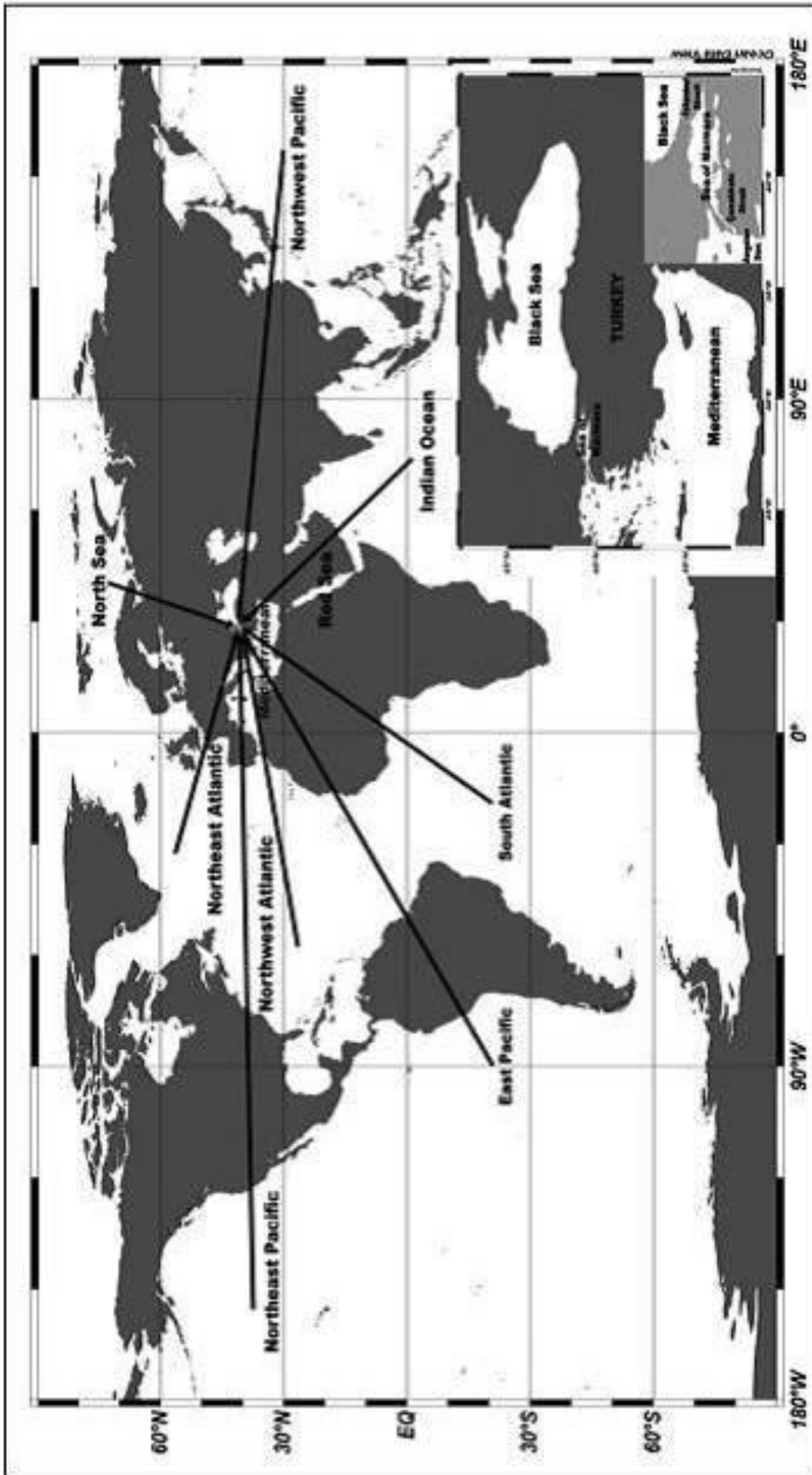
ცხრილი 13

2008-2014 წლების ბათუმის ნავსადგურში ზაფხულის თვეებში ჩაღვრილი ბალასტის რაოდენობაა.

ბათუმის პორტი	სულ	ფოტის პორტი	სულ	ყულევის პორტი	სულ
2012	692	2012	1335	2012	127
2013	712	2013	1271	2013	143
2014	614	2014	1305	2014	164
2015	683	2015	1054	2015	185

საგულისხმოა თურქი მეცნიერების მიერ წარმოდგენილი სამუშაოების შედეგები, რომლებმაც პირველებმა ჩაატარეს 21 გემზე ბალასტის წყლის კვლევა. კვლევები ჩატარდა, მარმარილოს ზღვის პორტ ამბრლიში, მსოფლიოს 12 სხვადასხვა რეგიონიდან შემავალი გემებისათვის. კვლევაში მოცემულია აღნიშნულ პორტში 2009-2010 წლებში - ატლანტიკის ოკეანის ზღვების, სამხრეთ ჩინეთის, წითელი, ხმელთაშუა და შავი ზღვის აკვატორიიდან შესული გემების ბალასტის წყლის ანალიზი.

იმ ქვეყნებსა და პორტებს შორის რომელთაც თურქეთთან აქვთ სავაჭრო ურთიერთობა მითითებულია: ჩინეთი (პორტები ჩიკანი და ჰონკონგი); რუმინეთი (პორტი კონსტანტა); გერმანია (ჰამბურგი); სინგაპური (პორტი სინგაპური); ეგვიპტე (პორტი საიდი); დანია (პორტი კოპენჰაგენი); იტალია (პორტი ტარანტო, რავენა და პორტი სიცილია); საბერძნეთი (პორტი სალონიკი); ბრაზილია.



სურ. 4.4. მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონთან თურქეთის საზღვაო სატრანსპორტო კავშირის მადემონსტრირებელი რუკა.

გემის წყლის ბალასტის კვლევისას მკვლევარების მიერ აღმოჩენილი იქნა 38 სხვა და სხვა სახის ბაქტერია, რომელთა შორის 27 სახეობა, პათოგენური ბაქტერიის სახეობას წარმოადგენს. ბალასტის წყლის სინჯებში, დიდი რაოდენობით ჰეტეროტროფული ბაქტერიების არსებობა, მიუთითებს იმაზე, რომ ხომალდები წარმოადგენენ მარმარილოს ზღვისათვის პოტენციალურ რისკს. აღსანიშნავია, რომ დაბინძურების კუთხით ყველაზე სახიფათოს წარმოადგენს, იტალიის პორტებიდან შემოსული გემები (ადრიატიკის ზღვა).

დასკვნა: ბალასტის ოპერაციების ჩატარება თანამედროვე ეტაპზე წარმოადგენს საზღვაო გადაზიდვების კონტროლის კანონიერ პროცესს, რადგან იგი ეხება მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ პრობლემას, კერძოდ ზღვის სხვადასხვა სახის ბინადართ, მათ შორის ბაქტერიების და ვირუსების გავრცელებას, რომელიც პათოგენურია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. იგი ერთერთია, იმ ანთროპოგენურ ზემოქმედებებს შორის, რომელთა შედეგები შეუქცევადი ხასიათისაა (სამაილაკი ა. 2003; ზვიაგინცევი ა. და სხვა 2008; სუსტრეტოვა ნ. 2011; ვოდინიკაია ს. 2011; ზვერევა ლ. 2012; I. Lovells 2009).

საზღვაო გემებით ყოველწლიურად გადატანილი ბალასტის წყლის მოცულობა შეადგენს 10 მილიარდ ტონას, რომელშიც ექსპერტების შეფასებით 7 ათასზე მეტი სახეობის მიკრობი, ზღვის მცენარეები და ცხოველებია. მიუხედავად ამისა 2004 წლამდე გემების ბალასტის წყლის შესახებ არ არსებობდა მკაცრი საერთაშორისო წესები.

2004 წლის თებერვალში IMO - ს მიერ , გემებზე ბალასტის წყლის მართვის შესახებ საერთაშორისო კონფერენცია, რომელმაც მხარი დაუჭირა კონვენციას „გემის ბალასტის წყლის კონტროლი და მართვა“. ახალი კონვენცია (BWConvention,2004) წარმოადგენს არსებული საერთაშორისო კონვენციის დამატებას, გემების დაბინძურების შეზღუდვის შესახებ (კონვენცია მიღებულია 1973 წელს, რომელშიც ცვლილება შეტანილია 1978 წელს. ოქმი MARPOL 73/78).

კონვენცია ძალაშია იმ მომენტიდან 12 თვის შემდეგ, რაც მას ცნობს არანაკლებ 30 ქვეყანა, რომელთა სამრეწველო გემების საერთო ტევადობა, შეადგენს მსოფლიოს სამრეწველო გემების საერთო ტევადობის 35%-ზე მეტს.კონვენცია გამიზნულია პრაქტიკაში დაინერგოს, ბალასტის წყლის მართვის უსაფრთხო და ეფექტური

მეთოდები, რომლებიც უზრუნველყოფს ადამიანის ჯანმრთელობას და გარემოზე ზემოქმედების საშიშროების მინიმუმამდე დაყვანას. ეს კი ითვალისწინებს ბალასტის წყლის უშუალო კონტროლის საფუძველზე, შეიზღუდოს მავნე ბაქტერიების და ცოცხალი ორგანიზმების გადატანა, მსოფლიოს ერთი მხარიდან მეორეში.

გემებზე ბალასტის შეცვლის ადრინდელი სქემა, იყო მარტივი და ითვალისწინებდა, მის შეცვლას უშუალოდ პორტებში დატვირთვა გადმოტვირთვის დროს. კონვენციის რატიფიკაციის შედეგად 2012 წელს და შემდეგ აგებული გემები ვალდებული არიან, დაამუშაონ ბალასტის წყლის მთლიანი მოცულობა. აღნიშნული კონვენციის გარდამავალი პერიოდი მთავრდება 2016 წელს.

კონვენცია ითვალისწინებს, რომ 2009-და 2019 წ. პერიოდში ყველა გემი, რომელთაც აქვთ ბალასტის წყლის ტანკები და ასრულებენ საერთაშორისო რეისებს, აღჭურვილი უნდა იყვნენ ბალასტის წყლის დამუშავების სპეციალური სისტემებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ მავნე მიკროორგანიზმების კონცენტრაციის მინიმუმამდე დაყვანას. გემები, რომლებიც ახორციელებენ ბალასტის წყლის მართვას, ვალდებული არიან შეასრულონ ბალასტის წყლის ხარისხის სტანდარტის მოთხოვნები. ეს ითვალისწინებს მოთხოვნებს იმ მიკრობების მიმართ, რომელთა კონცენტრაცია დაცლილ ბალასტის წყალში არ უნდა აღემატებოდეს დასაშვებს. მათ შორის: ქოლერის ტოქსიკური ვიბრიონი, (01 და 0139) არ უნდა აღემატებოდეს 1 ერთეულს 100 მლ წყალზე, ნაწლავის ჩხირი -250 ერთეულზე ნაკლები- 100 მლ-ზე, ნაწლავის ენტეროკოკი -100 ერთეულზე ნაკლები- 100 მლ წყალში და სხვა.

კონვენცია განსაზღვრავს, ბალასტის წყლის შეცვლის შემდეგ სტანდარტს - წესდება D-1 და D-2. წესდება D-1 ითვალისწინებს შემდეგს: გემზე ბალასტირების პროცესი ითვლება ეფექტურად, თუ შეცვლილი წყლის მოცულობა შეადგენს საერთო ტევადობის 95%. ამასთან თითოეულ ტანკში უნდა მოხდეს, ბალასტის წყლის სამჯერადი ცვლილება [63,69].

წესდება D-2 ითვალისწინებს შემდეგს: გემები, რომლებიც ახორციელებენ ოპერაციების მართვას, ვალდებული არიან დაიცვან მოთხოვნა, რომლის მიხედვითაც ყოველ 1მ³ ზღვაში ჩაშვებულ წყალში დასაშვების 10-ზე ნაკლები -50 მკმ მეტი ზომის ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა.

D-1 წესებით რეგლამენტირებული სტანდარტის მოთხოვნების შესრულების მიზნით, გემები შეძლებისდაგვარად ბალასტის წყლის შეცვლას, ნაპირიდან არა უმეტეს 200 საზღვაო მილის დაშორებით. იქ, სადაც წყლის სიღრმე არაა ნაკლები 200 მეტრზე. იმ შემთხვევაში, თუ ამ მოთხოვნის შესრულება შეუძლებელია, ბალასტის შეცვლა უნდა მოხდეს ნაპირიდან არა უმცირეს 50 საზღვაო მილის დაშორებით, მაგრამ წყლის სიღრმე არ უნდა იყოს 200 მეტრზე ნაკლები.

თუ ახლომდებარე ნაპირიდან აღნიშნული დაშორება ან წყლის სიღრმე, ვერ აკმაყოფილებს ზემოთაღნიშნულ მოთხოვნებს, მაშინ პორტის ხელმძღვანელობა (სახელმწიფოს დადგენილებით), თვითონ ნიშნავს ბალასტის შეცვლის რაიონს. საქართველოს მთავრობამ, უერთდება რა ბალასტის წყლის კონტროლის და მართვის საერთაშორისო კონვენციას, 2015 წელს მიიღო სამთავრობო დადგენილება №17/135, რომლის მიხედვითაც საქართველოს იურისდიქციის ქვეშ შემავალ წყლებში, გამოიყო ადგილები ბალასტის ოპერაციის შესრულების განსახორციელებლად.

დადგენილების საფუძველზე, აუცილებელია პორტებში ორგანიზებულად განხორციელდეს, ბალასტის წყლის სინჯის აღება და ანალიზი, რომელიც ჩატარდება პორტის ხელმძღვანელობის მიერ, გემის იძულებითი მოცდენის გარეშე (სტატია 9). პორტებში და ტერმინალებში, სადაც ხორციელდება ბალასტის ტანკების გაწმენდა ან რემონტი, აუცილებელი საკმარისი მოწყობილობების არსებობა, ბალასტის წყლის ან ნარჩენების მისაღებად (სტატია 5). გემებმა აუცილებლად უნდა შეასრულონ კონვენციის მოთხოვნები, ბალასტის წყლის შეცვლის წესების შესაბამისად, ხოლო 2016 წლიდან - დაცლილი ბალასტის წყალი უნდა აკმაყოფილებდეს, სტანდარტით დადგენილი ხარისხის მოთხოვნებს (წესდება B-3). გემის ბორტზე აუცილებელია არსებობდეს ბალასტის წყლის მართვის გეგმა (წესდება B-1) და ბალასტის ოპერაციის ჩატარების აღრიცხვის ჟურნალი (წესდება B-2), ასევე უნდა ტარდებოდეს ბალასტის ოპერაციის შესრულებაში მონაწილე გემის ეკიპაჟის წევრების მომზადება (წესდება B-6) და მეთაურთა შემადგენლობიდან „დაინიშნოს პირი, რომელიც უზრუნველყოფს ოპერაციის ჩატარებას და გადასცემს ამის შესახებ ინფორმაციას პორტის ხელმძღვანელობას (წესდება B-1.5).

2015 წლის 15 აგვისტოს მონაცემებით, კონვენციის მოთხოვნები ჯერ კიდევ არ

არის ძალაში, მიუხედავად ამისა, რიგი სახელმწიფოები უკვე უყენებენ მოთხოვნებს მათ პორტებში შემავალ გემებს, ბალასტის წყლის მართვის და კონტროლის განხორციელების შესახებ, რათა შეზღუდონ მათ ტერიტორიაზე პათოგენური მიკროორგანიზმების შეტანა და გავრცელება. ამ პროცესების რეგულირების მიზნით, გემები აღჭურვილი არიან ბალასტის სისტემებით, რომელთა შემადგენლობაში შედის ბალასტის ცისტერნები, ტუმბოები, მილგაყვანილობა, საზომ-მაკონტროლებელი ხელსაწყოები, მართვის საშუალებები.

წყლის ბალასტის რაოდენობა დამოკიდებულია გემის ტიპზე, მშრალი ტვირთების გადამტანი და სამგზავრო გემებისათვის, შეადგენს წყალწყვის 30%-ს, ტანკერებისათვის წყალწყვის 50%, ხოლო მადანმზიდი გემებისათვის 40-60%. 17 საზღვაო გემის ბაზაზე ჩატარებული ბალასტის წყლის კვლევის ანალიზი, მიუთითებს მართვის მხოლოდ ტექნიკურ პროცესებზე და იძლევა რეკომენდაციებს გემის კონსტრუქციული თავისებურებების გათვალისწინების გარეშე.

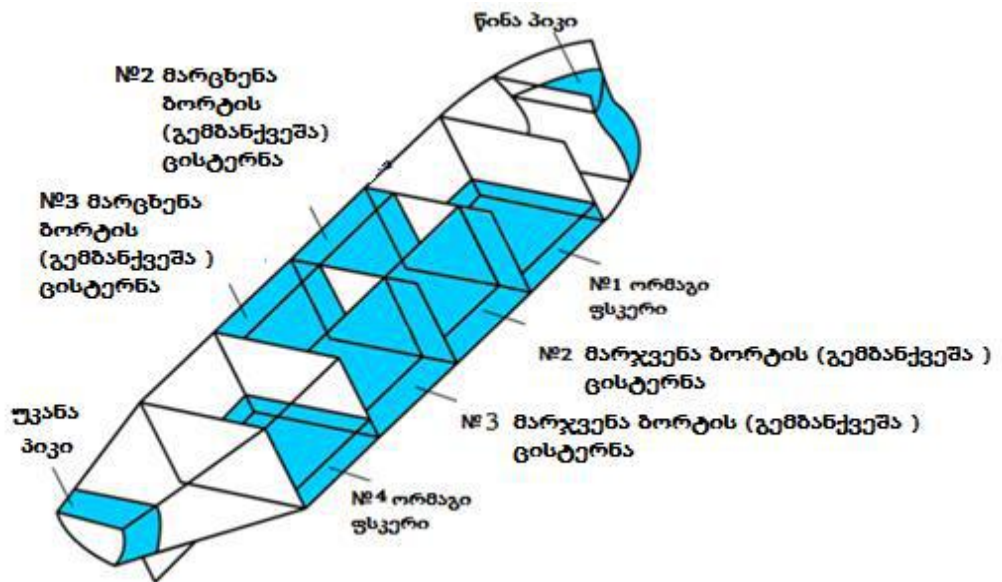
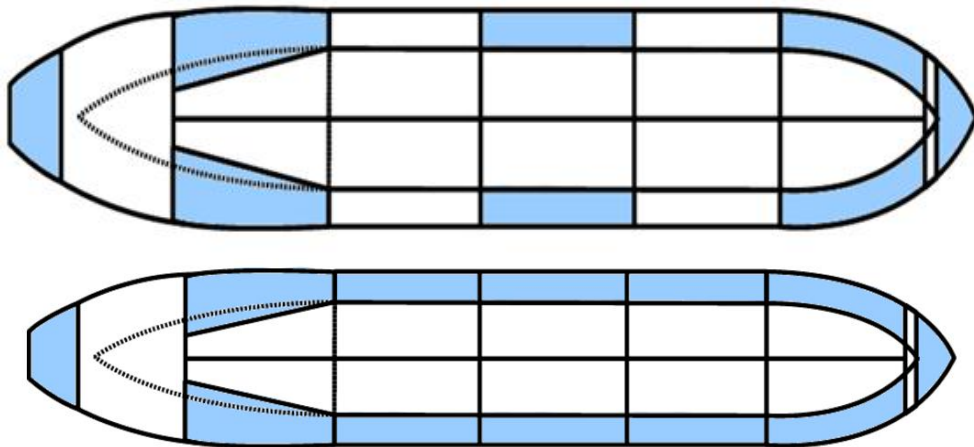
სურ.4.5-ზე მოცემულია ბალასტის ტანკის კონკურენციის და განლაგების სქემები.

მიუხედავად ზემოთ განხილული ღონისძიებების გატარებისა, ბალასტის წყლის გარკვეული ნაწილი და ნალექი ყოველთვის რჩება ბორტზე. წყლის ამ დარჩენილმა ნაწილმა, შეიძლება მოახდინოს მუდმივი ფენის წარმოქმნა ბალასტის ტანკში. კონკრეტული გემის შემთხვევაში, ბალასტის წყლის დარჩენილი ნაწილი, შესაძლებელია ძლიერ განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან. როგორც ბალასტის წყალი, ასევე ნალექი, რომელიც რჩება ტანკის ძირზე და ჰორიზონტალურ ზედაპირებზე, შეიცავენ წყლის ორგანიზმებს, რომლებიც შეიძლება სწრაფად გამრავლდნენ ხელსაყრელი პირობების გამო.

ანალოგიური სიტუაცია შეიძლება განხორციელდეს გემებზე, რომლებიც ნომინალურად ვერ გადაიტანენ ბალასტს. ბალასტის მიღება გემის ბორტზე ხდება შემდეგი მიზნების მიხედვით:

- გემის მდგრადობის შენარჩუნება;
- გემის კორპუსის დამაბულობის შენარჩუნება დასაშვები მნიშვნელობის ზღვრებში;
- საექსპლუატაციო მოსაზრებიდან გამომდინარე გემის წყლის ზედა ნაწილის

შემცირებისას მოახდინოს დახრის კორექცია.



სურ. 4.5. ბალასტის ტანკის განთავსების ტიპიური სქემა.

ქვემოთ დეტალურადაა განხილული თითოეული ამ მოთხოვნებიდან და ის ფაქტები,თუ როგორ არიან ისინი დამოკიდებული, ბალასტის წყლის მართვაზე.

მსოფლიო სამეცნიერო საზოგადოების მიერ, პრობლემების გლობალური ხასიათის გათვითცნობიერების შემდეგ,2004 წელს შეიქმნა, საერთაშორისო კონვენცია, გემებზე ბალასტის გადამუშავებასა და კონტროლის შესახებ. კონვენციის თანახმად ბალასტის წყლის ხარისხის მართვის ტერმინის ქვეშ იგულისხმება, გემის ბორტზე მავნე და პათოგენური ორგანიზმების გაუვნებლობის, მოცილების ან განადგურების

სხვადასხვა ხერხები.

თანამედროვე ეტაპზე, კონვენციის მოთხოვნების შესაბამისად, ფართოდ გამოყენებული ხერხია, ბალასტის წყლის შეცვლა ახლომდებარე ნაპირიდან 200 საზღვაო მილის დაცილებით იმ ადგილებში, სადაც წყლის სიღრმე 200 მეტრზე მეტია. შეცვლა ითვლება ეფექტურად, თუ ხორციელდება გემზე არსებული ბალასტის წყლის 95%-ზე მეტის შეცვლა. ბალასტის წყლის ერთდროულად შეცვლის მიზნით, შესაძლებელია გამოყენებული იქნას, თითოეული ტანკიდან ბალასტის წყლის სამჯერადი გადმოტუმბვა.

კონვენცია ასევე ითვალისწინებს ბალასტის გაუვნებლობის სხვადასხვა მეთოდებს. მაგალითად: ბალასტის შენახვა გემზე 100 დღედამეზე მეტ ხანს, ბალასტის წყლის ჩაცლა სპეციალურად დანიშნულ ზონაში, სუფთა ბალასტის სერტიფიკაცია, ბორტზე მტკნარი წყლის მიღება და სხვა.

საგულისხმოა რომ ბალასტის წყლის გაუვნებლყოფის და ხარისხის მართვის ჩამოთვლილი მეთოდები, შეიძლება განვიხილოთ როგორც თეორიული გზები, რადგან მათი პრაქტიკული ეფექტურობა დამტკიცებული არ არის. მათი პრაქტიკაში დანერგვა მოითხოვს ხანგრძლივ მოსამზადებელ პერიოდს. ამასთან დაკავშირებით შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა იმის შესახებ, რომ შერეული ნაოსნობის გემებისათვის, ბალასტის წყლის გაუვნებლობის ერთდადერთი პერსპექტიული მეთოდია, ბალასტის დამუშავება თვითონ გემის ბორტზე, მიუხედავად დამატებითი დანახარჯებისა.

გამომდინარე აქედან შემოთავაზებული სადისერტაციო ნაშრომი, ეძღვნება გემის ბორტზე ბალასტის და ჩამდინარე წყლების გაუვნებლუბობის მეთოდის დამუშავებას და პრაქტიკულად მისი გამოყენების შესაძლებლობის კვლევას. გამომდინარე აქედან აუცილებელია სამუშაოს მიზნის და კვლევის ამოცანების ფორმულირება:

- განვიხილოთ გემზე ბალასტის და ჩამდინარე წყლების შედგენილობის და დაბინძურების თავისებურებანი, ასევე შევისწავლოთ მისი ეკოლოგიური უსაფრთხოების მეთოდების უზრუნველყოფა;

- ბალასტის წყლის ფიზიკო-ქიმიური თვისება და მასში დამბინძურებლების შედგენილობა დამოკიდებულია გემის ცურვის რაიონებზე. ამიტომ პირველ რიგში უნდა გამოვიკვლიოთ იმ ზღვების ავზები, რომელთა გავლითაც ყველაზე ხშირად

შემოდინან გემები საქართველოს პორტებში;

- ყურადღება გავამახვილოთ არა მარტო იმ ქვეყნების პორტების აკვატორიაზე, რომლებშიც ნავიგაციის პერიოდში ეს წყლები ჩაიღვრება;

- განისაზღვროს და დადგინდეს გემისათვის ბალასტის წყლის დონორი რეგიონები (მაგალითად ხმელთაშუა, შავი, ბალტიის, აზოვის თუ სხვა რომელი ზღვიდანაა შემოსული ბალასტი);

- დონორი რეგიონებიდან საქართველოს პორტებში შემოტანილი და აკვატორიაში ჩაღვრილი ბალასტის წყლის შედგენილობის და დაბინძურების შეფასების მიზნით, ჩატარდეს ლიტერატურული ანალიზი. ასევე შეიკრიბოს და დამუშავდეს პორტების ლაბორატორიების მიერ, მრავალწლიანი კვლევის და დაკვირვებების შედეგები.

დამატებითი ცნობები ბალასტის წყლის ფიზიკო-ქიმიური თვისებების და მასში დამბინძურებლების შედგენილობის შესახებ შეიძლება მოვიპოვოთ შემდეგი ლიტერატურული წყაროებიდან: ნ. ვოზნოი, ნ. ხოტკო, ა. ალიმოვა, ი. დგებუაძე, ტ. გილმირა, ს. რუბცოვა, ჟ. სელიფონოვა და ა. ზვიაგინცევი.

ქვემოთ მოცემულია აღნიშნული შრომებიდან აღებული მონაცემები ბალასტის წყლის ფიზიკო-ქიმიური თვისების და ბიოლოგიური დამბინძურებლების შემადგენლობის შესახებ:

- მარილიანობა (1-35%);
- ტემპერატურა (6-30°C);
- შეწონილი ნივთიერებები (3,0-11,0 მგ/ლ);
- წყალბადის მაჩვენებლები (PH)7,5-8,5;
- ნავთობპროდუქტები (0,3-5,0 მგ/ლ);
- რკინა ჯამში (0,28-3,0 მგ/ლ);
- ბიოლოგიური დაბინძურება (E.coli)(5-1380) KOE/100მლ.

გემის ბორტზე ბალასტის წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით, შეიძლება გამოყენებული იქნას ფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური და კომბინირებული მეთოდები. წყლის გაწმენდის თითოეულ მეთოდს აქვს თავისი დადებითი და უარყოფითი მხარე და განიხილავს ტექნოლოგიის რამდენიმე ვარიანტს. ამიტომ შერჩეული იქნა მხოლოდ ის ტექნოლოგია, რომელმაც

გაიარა მოქმედ გეგმაზე ხანგრძლივი შემოწმება-მტკნარი წყლის გამწმენდ მოწყობილობებში. ამ მეთოდებს მიეკუთვნება: ქლორირება, ოზონირება, ელექტროქიმიური დამუშავება და ქიმიური და ფიზიკური მეთოდების კომბინაცია, ულტრაიისფერი დასხივების და გრიგალური ტიპის აპარატების გამოყენება. თუმცა მრავალრიცხოვანი ვარიანტებიდან ძნელი შესარჩევია ისეთი, რომელიც ერთმნიშვნელოვნად მოერგება გეგმაზე ბალასტის წყლის დამუშავებას.

ინფორმაციის არასაკმარისად უზრუნველყოფის და გაურკვეველი მდგომარეობის პირობებში, ფართო გავრცელება მოიპოვა ექსპერტულმა მეთოდებმა, რომლებიც გამოყენებულია ფართო მნიშვნელობის ამოცანების გადასაწყვეტად. კერძოდ ამ მეთოდების საშუალებით, ხდება სისტემის მომავალი მდგომარეობის ინდიფიცირება და პროგნოზირება. ამიტომ დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად, ადრე გამოყენებული იყო მასური კოეფიციენტის მეთოდი, რომელიც ითვალისწინებს შემდეგ ეტაპებს:

- მავნე ორგანიზმების გაუვნებელებლობის შეფასების მეთოდების კრიტერიუმების განსაზღვრა;
- გაუვნებელებლობის ყოველი მეთოდისათვის კრიტერიუმის მნიშვნელობის მოძებნა;
- კრიტერიუმის მნიშვნელობის გადაყვანა ბალებში;
- აღნიშნულ სფეროში დასაქმებული ექსპერტების შეთანხმება თითოეული კრიტერიუმის განსაზღვრისას, მასზე შესაბამისი წონითი კოეფიციენტის მისანიჭებლად;
- ყოველი კრიტერიუმის მნიშვნელობით ექსპერტების შეფასების შედეგების განზოგადოება.

კრიტერიუმები ჩამოყალიბდა შემდეგი მდგომარეობების გათვალისწინებით: ბალასტის წყლის ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით, ისეთი სისტემის დამუშავება, რომელიც იმუშავებს ვიბრაციისა და რხევების პირობებში; ბალასტის წყლის გაუვნებელებლობის, ხარისხის კონტროლის აუცილებლობა; მინიმალური მასისა და გაბარიტული ზომების დაკმაყოფილება; მინიმალური ენერგეტიკული დანახარჯები; შედარებით დაბალი ღირებულება და ტექნიკური მომსახურების სიმარტივე.

შეფასების კრიტერიუმები შეირჩა ექსპერტების მიერ გაცემული რაოდენობრივი ან ხარისხობრივი შეფასების მიხედვით. მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ შეფასებისას, ქულების უმეტესი ნაწილი, გემებზე ბალასტის წყლის გაუვნებლობის თვალსაზრისით, მიიღო ქლორირების მეთოდმა.

4.4. მემბრანული ტექნოლოგიების (ფილტრაციის) თეორიული საფუძვლები და მისი გამოყენება ბალასტური და ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად

4.4.1. თხევადი სისტემების გაყოფის მემბრანული მეთოდები

ტექნიკაში ხელოვნური მემბრანების გამოყენება შესძლებელი გახდა სინთეტიკური პოლიმერული მასალების დამუშავების წყალობით [56,70].

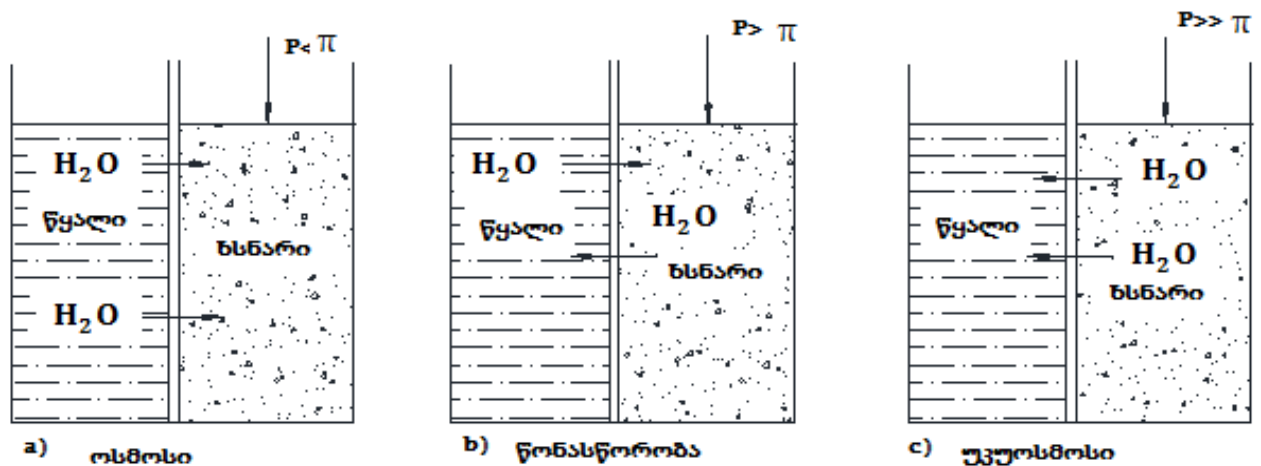
თხევადი სისტემების გაყოფის ძირითად მემბრანულ მეთოდებს, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება წარმოების სხვა და სხვა დარგში მიეკუთვნება: უკუოსმოსი, ულტრაფილტრაცია, მიკროფილტრაცია, დიალიზი, ელექტროდიალიზი. ნებისმიერ ამ პროცესში, გასაყოფი ხსნარი ეხება, ნახევარგამტარ მემბრანას. მემბრანის განსაკუთრებული თვისების შედეგად, მასში გამავალი სითხე მდიდრდება ან ღარიბდება ერთი ან რამოდენიმე კომპონენტით. რიგ შემთხვევებში პროცესი მიმდინარეობს იმდენად სრულყოფილად, რომ პროდუქტი პრაქტიკულად არ შეიცავს მემბრანის მიერ დაჭერილ მინარევებს.

თხევადი სისტემების გაყოფის მემბრანულ სისტემებს შორის, ტექნიკაში და ლაბორატორიულ პრაქტიკაში ფართოდაა გავრცელებული უკუოსმოსი, ულტრაფილტრაცია და მიკროფილტრაცია. ამ პროცესებს აქვთ ბევრი საერთო. მათი განხორციელებისათვის გამოიყენება ერთი და იგივე მასალისაგან დამზადებული ნახევარგამტარი მემბრანები, რომელთაც აქვთ ფორმების განსხვავებული ზომები. კონსტრუქციულად ანალოგიურია, ამ პროცესების განხორციელებისათვის საჭირო აპარატები. ვინაიდან უკუ-

ოსმოსს, ულტრაფილტრაციას და მიკროფილტრაციას ანხორციელებენ ჭარბი წნევის მოქმედებით, ისინი ყველა გაერთიანებულია ბარომემბრანული პროცესების ერთ ჯგუფში. იმავდროულად ბარომემბრანული პროცესების გაყოფის მექანიზმებში განსხვავება, განსაზღვრავს მათი გაანგარიშებისა და პრაქტიკული გამოყენების თავისებურებებს.

უკუოსმოსი მდგომარეობს, სუფთა ხსნარის ნახევარგამტარი მემბრანით გაყოფაში წნევის მოქმედებით, რომელიც აღემატება ოსმოსურს. ამ დროს მემბრანა ატარებს გამხსნელს და იკავებს გახსნილი ნივთიერების მოლეკულებს ან იონებს.

აღწერილ მეთოდს საფუძვლად უძევს ოსმოსის მოვლენა – ნახევარგამტარი ტიხრის გავლით, გამხსნელის თვითნებური გადასვლა ხსნარში (ნახ.4.6a). წნევას, რომლის დროსაც მყარდება წონასწორობა (ნახ.4.6b) ეწოდება ოსმოსური. თუ ხსნარის მხრიდან შევქმნით



ნახ.4.6.უკუოსმოსის მექანიზმის სქემა

წნევას, რომელიც აღემატება ოსმოსურს (ნახ.4.6c), მაშინ გამხსნელის გადასვლა მოხდება საპირისპირო მიმართულებით, რამაც ასახვა ჰპოვა პროცესის სახელში უკუოსმოსი.

ხსნარების ოსმოსურმა წნევამ, შეიძლება მიაღწიოს ათეულ მპა-ს..მუშა წნევა უკუოსმოსის დანადგარებში, უნდა იყოს მნიშვნელოვნად მეტი, ვინაიდან მათი მწარმოებლობა განისაზღვრება, პროცესის მამოძრავებელი ძალით.– მუშა წნევისა და ოსმოსური წნევის სხვაობით. ასე მაგალითად, როცა ზღვის წყლის ოსმოსური წნევაა -2,5 მპა, მუშა წნევა გამამტკნარებელ დანადგარებში უნდა შევინარჩუნოთ 7-8 მპა-ის დონეზე.

უკუოსმოსის (და ულტრაფილტრაციის) მამოძრავებელი ძალა, ΔP იდეალური სელექციურობის მემბრანის გამოყენებისას, განისაზღვრება მუშა წნევისა P და გასაყოფ

ფი ხსნარის ოსმოსური წნევის π_3 სხვაობით:

$$\Delta P = P - \pi_3$$

ვინაიდან მემბრანებს არ გააჩნიათ იდეალური სელექციურობა და შეიმჩნევა გახსნილი ნივთიერებების გატარებით, მამოდრავებელი ძალის გაანგარიშების დროს ვითვალისწინებთ პერმეატის ოსმოსურ წნევასაც:

$$\Delta P = P - (\pi_3 - \pi_2) = P - \Delta \pi$$

π_3 -ის მნიშვნელობის განსაზღვრა ხშირად ძნელდება. ამიტომ გაანგარიშებებში ოსმოსურ წნევას მემბრანის ზედაპირზე π_3 უტოლებენ ოსმოსურ წნევას, გასაყოფ ხსნარში π_1 ე.ი. $\pi_3 = \pi_1$.

ულტრაფილტრაცია – მაღალმოლეკულური და დაბალმოლეკულური შენაერთების ხსნარების, მემბრანული გაყოფის პროცესი და აგრეთვე მაღალმოლეკულური შენაერთის ფრაქციონირების და კონცენტრირების პროცესია. ის მიმდინარეობს მემბრანის ორივე მხარეზე, წნევათა სხვაობის მოქმედებით.

–ულტრაფილტრაციას, უკუოსმოსისაგან განსხვავებით იყენებენ იმ სისტემების გასაყოფათ, რომლებშიაც გახსნილი კომპონენტების მოლეკულური მასა, გაცილებით მეტია, გამხსნელის მოლეკულურ მასაზე. მაგალითად წყალხსნარებისათვის, ულტრაფილტრაციას იყენებენ მაშინ, როცა სისტემის ერთ კომპონენტს მაინც აქვს მოლეკულური მასა 500 და მეტი.

ვინაიდან მაღალმოლეკულური ხსნარების ოსმოსური წნევები მცირეა, ულტრაფილტრაციის პროცესის მამოდრავებელი ძალის გაანგარიშებისას, მას ხშირათ უგულებელყოფენ. ამიტომ ულტრაფილტრაციას შედარებით დაბალ წნევებზე (0,2-1,0 მპა) წარმართავენ.

უკუოსმოსი და ულტრაფილტრაცია, პრინციპულად განსხვავდება, ჩვეულებრივი ფილტრაციისაგან. თუ ფილტრაციის დროს, ფილტრის ზედაპირზე პროდუქტი ილექება, კრისტალური ან ამორფული მასის სახით, უკუოსმოსისა და ულტრაფილტრაციის დროს ყალიბდება ორი ხსნარი, რომელთაგან ერთი გამდიდრებულია ,გახსნილი ნივთიერებებით. ამ პროცესებში დაუშვებელია გახსნილი ნივთიერებების, მემბრანის ზედაპირზე დაგროვება, რადგანაც მას მიყვავართ მემბრანის სელექციურობისა და გაღწევადობის მკვეთრ შემცირებასთან

გაყოფა უკუოსმოსით და ულტრაფილტრაციით ხორციელდება, ფაზური გარდაქმნის გარეშე და ენერგია ძირითადად იხარჯება, საწყისი ხსნარის წნევის შექმნაზე, მის გადაადგილებაზე აპარატში და მემბრანაში გასვლაზე [20,65]. ეს ენერგია შედარებით მცირეა. მაგალითად, უკუოსმოსით ზღვის წყლის გამტკნარებაზე, ენერგიის ხარჯი შეადგენს მხოლოდ 2-2,5 კვტ·სთ/მ³, მაშინ როდესაც, დისტილაციით გამტკნარებაზე ენერგიის მოთხოვნილი ხარჯი 10-15 ჯერ მეტია.

თუ მემბრანული პროცესი გამოყენებულია, ხსნარიდან მსხვილი კოლოიდური ნაწილაკების ან შეწონილი მიკრონაწილაკების (ზომებით 0,1-10 მკმ) მოსაცილებლად, მაშინ მას უწოდებენ მიკროფილტრაციას. იგი მიმდინარეობს მიკროფილტრის ორივე მხარეს წნევათა სხვაობით. ამ პროცესმა ფართო გამოყენება ჰპოვა, ელექტრონულ, სამედიცინო, ქიმიურ, მიკრობიოლოგიურ, კვების და სხვა წარმოების დარგებში. მას იყენებენ სუსპენზიების (მაგალითად ლატექსის) კონცენტრირებისათვის, სხვა და სხვა ხსნარების გასაკრიალებლად (შეწონილი ნაწილაკების მოცილება), ჩამდინარე და ბუნებრივი წყლების გასაწმენდად.

ბარომემბრანული პროცესების ინტენსიფიკაცია, მათი წარმოებაში ფართო დანერგვა, ამ პროცესების დამუშავება, გაანგარიშება და პრაქტიკული გამოყენება, მოითხოვს, მეცნიერულ კვლევას და შემდგომ განვითარებას.

4.4.2. ბარომემბრანულ პროცესებში გამოყენებული მემბრანები

მემბრანა წარმოადგენს ორი ფაზის საზღვარს, ნახევრადგამტარ ზღუდეს, რომელიც ატარებს გაზების და სითხეების ნარევების გარკვეულ კომპონენტებს. მემბრანული პროცესების დროს, გამოყენებულ გამყოფ ელემენტებს უნდა ახასიათებდეს:

1. მაღალი გამყოფუნარიანობა (სელექციურობა).
2. მაღალი კუთრი მწარმოებლობა (გაღწევადობა).
3. გასაყოფი არის მიმართ ქიმიურად მდგრადობა.
4. მექანიკური სიმტკიცე მონტაჟის, ტრანსპორტირების და შენახვის დროს.
5. მისი თვისებები ექსპლუატაციის დროს არ უნდა იცვლებოდეს.

შრომებში [20,65] მოცემულია მემბრანების სხვა და სხვა კლასიფიკაცია, ისინი

შეიძლება განვასხვავოთ, აგრეგატული მდგომარეობის, ერთგვაროვნების და ფორიანობის მიხედვით.

აგრეგატული მდგომარეობის მიხედვით, მემბრანების კლასიფიკაცია, ხდება თხევად და მყარ მემბრანებად. მყარი მემბრანები თავის მხრივ იყოფა, ერთგვაროვნების მიხედვით, ჰომოგენურად და ჰეტეროგენურად. მყარ მემბრანებს მიეკუთვნება პოლიმერები, მინა და კერამიკა.

ფორიანობის მიხედვით მყარი მემბრანები იყოფა ფორიან და არაფორიან მემბრანებად. ფორიან მემბრანებს ყოფენ მიკროფოროვან და მაკროფოროვან მემბრანებად. მიკროფოროვან მემბრანებს მიეკუთვნება მემბრანები, რომელთა ფორის **ზომა - 6Å** მაკროფოროვან მემბრანებს, ძირითადად იყენებენ საფენების სახით, სხვა მემბრანებისათვის, რომლებსაც არ ახასიათებთ, საკმაო მექანიკური სიმტკიცე.

დიფუზიური მემბრანების გამოყენებით, საწყისი ფაზის გაყოფა ხდება, მემბრანის გავლით აორთქლების მეთოდით [26], დიფუზიური მემბრანები არის არაფოროვანი. ისინი წარმოადგენენ ჰომოგენურ ლაბას, რომლის გავლით, გამხსნელი და გახსნილი ნივთიერება გადაადგილდება კონცენტრაციის გრადიენტის ზემოქმედებით (მოლეკულური დიფუზია). უნდა აღინიშნოს, რომ დიფუზიის სიჩქარე მით მეტია, რაც ნაკლებია ლაბაში პოლიმერული ჯაჭვების ცალკეულ ჯგუფებს შორის კავშირი, ე.ი. რაც მეტია მემბრანის გაჯირჯვება. ამიტომ დიფუზიური მემბრანის დამზადებისას, უნდა გამოვიყენოთ ლიოფილური მასალები.

დიფუზიურ მემბრანაში, მოლეკულის გასვლის სიჩქარე პირდაპირპროპორციულია დიფუზიის კოეფიციენტისა, რომელიც განისაზღვრება მოლეკულის ზომისა და ფორმის მიხედვით. დიფუზიურ მემბრანებს გააჩნიათ ჰიდროდინამიური წინააღმდეგობა, ამიტომ, იგი უნდა მივიღოთ 0,02-0,04 მკმ სისქის. აქედან გამომდინარე, დიფუზიური მემბრანების გამოყენება, უფრო რაციონალურია, ერთნაირი თვისებების, განსხვავებული ფორმისა და ზომის მოლეკულების მქონე ნივთიერებებისათვის.

დადგენილია, რომ ასიმეტრიული მემბრანები შედგება, სხვადასხვა ფენისაგან: ზედა მკვრივი ზოლისაგან, რომელიც ძირითადად აკავებს გახსნილ ნივთიერებებს და ქვედა ფოროვანი ზონისაგან, რომელიც უზრუნველყოფს მემბრანის

მექანიკურ სიმტკიცეს და წარმოადგენს ზედა ზოლის საფენს. ზედა ფენას უწოდებენ აქტიურს, აქტიური ფენის ფორები კონტაქტში არიან ხსნართან, აქვთ უმცირესი რადიუსი, საფენის ფორიანობა იზრდება ზედა ზედაპირიდან, ქვედა ზედაპირის მიმართულებით. მტკიცე სტრუქტურის მემბრანებს მიეკუთვნება, ლითონური მემბრანები, ფოროვანი მინისაგან დამზადებული მემბრანები და სხვა. ფურცლოვანი, ნახევრადგამტარი მემბრანის წარმოებისას გამოიყენება, მშრალი და სველი მეთოდები. წყალხსნარების გასაყოფად, რეკომენდირებულია გამოვიყენოთ ჰიდროფილური თვისებების მატარებელი მემბრანები.

ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში, შესწავლილი უნდა იქნეს გასაყოფი ფაზის, მიმართ მემბრანის მდგრადობის საკითხი. მემბრანის მასალა, როგორც ბიოლოგიურად ისევე ქიმიურად, მდგრადი უნდა იყოს დასამუშავებელი ხსნარის მიმართ. თანამედროვე პირობებში, ტექნიკაში ფართო გამოყენება ჰპოვა, აცეტატცელულოზისაგან დამზადებულმა პოლიმერულმა მემბრანებმა, ისინი ხასიათდებიან მაღალი გაღწევადობით და სელექციურობით, მათი დამზადება იოლია და შედარებით იაფიც.

სხვა და სხვა მწარმოებლების მიერ შემოთავაზებულ აცეტატცელულოზის მემბრანაში, ფორებს უკავიათ საერთო მოცულობის 80%, რაც საშუალებას გვაძლევს, დიდი სიჩქარით გავატაროთ მისი გავლით ხსნარი. უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ის ნაწილი, რომელიც ფორებში შეკავდება, იკარგება, რადგან მემბრანებიდან მისი მოცილება გაძნელებულია. ამიტომ, თუ საჭიროა მცირე მოცულობის, ძვირად ღირებული ხსნარის გაფილტვრა, უნდა ვეცადოთ, რომ გამყოფი მემბრანის ფართი იყოს რაც შეიძლება მცირე.

მიუხედავად მათი ბევრი დადებითი თვისებებისა, ამ მემბრანებს აქვთ არსებითი ნაკლოვანებები: ძირითადი თვისებების შეუქცევადი გაუარესება ტუტე და მჟავე არეში, დაბალი მექანიკური სიმტკიცე, ტენიან არეში მათი შენახვა და ტრანსპორტირება, რადგან მემბრანის გამოშრობა იწვევს მისი გაღწევადობის შემცირებას. არ შეიძლება აცეტატცელულოზის მემბრანა გამოვიყენოთ 50-60°C-ზე მაღალ ტემპერატურულ არეში, რადგან იგი იშლება, მყარდება და ხდება გაუმტარი.

მიუხედავად მემბრანების მრავალი სახეობისა, საქართველოში არ იწარმოება უკუოსმოსის მემბრანები, რომლებიც მზადდება აცეტატცელულოზისაგან, ხოლო

ულტრაფილტრაციისა და მიკროფილტრაციის მემბრანები მზადდებიან, როგორც აცეტატცელულოზისაგან, ასევე ფტოროპლასტისაგან.

სამამულო წარმოების აცეტატცელულოზის მემბრანები, შეიძლება გამოვიყენოთ ბარომემბრანული პროცესებისათვის, ამასთან მთავარი უნდა იყოს ის, რომ დაცული იქნება მასალის ინერტულობა დასამუშავებელი ხსნარის მიმართ.

4.4.3. ბარომემბრანული პროცესებისათვის გამოყენებული დანადგარები

მემბრანული დანადგარების შერჩევის წინ, პასუხი უნდა გაეცეს შემდეგ შეკითხვებს, რაც საშუალებას გვაძლევს შევირჩიოთ პროცესის განსახორციელებლად, საჭირო ოპტიმალური დანადგარი:

1. რომელი არის გაყოფა ხდება - აირადის თუ თხევადის?
2. რომელი პროდუქტი წარმოადგენს გაყოფის მიზანს – პერმეატი თუ კონცენტრატი?
3. როგორია შესაკავებელი ნაწილაკებიდან, ყველაზე მცირე ნაწილაკის ზომა? (ცხადია, რომ მემბრანის ფორის ზომა, ნაკლები უნდა იყოს მცირე ნაწილაკის ზომაზე, ამასთან უნდა გვახსოვდეს, რომ არსებობს ფორის მაქსიმალური და საშუალო ზომა).
4. როგორია გასაყოფი ხსნარის მოცულობა?
5. დანადგარი მუშაობს წნევის ქვეშ, თუ გაყოფა მიმდინარეობს ვაკუუმის გამოყენებით? (წნევის გამოყენების დროს, აუცილებელია ვიცოდეთ, წნევის ცვლილების სიდიდე).
6. ექვემდებარება გაყოფას წყალხსნარი თუ არაწყალხსნარი? (ორივე შემთხვევაში მემბრანაც და მემბრანის დამჭერი, უნდა იყოს გამხსნელის მიმართ მდგრადი).
7. დანადგარი რომელი ტიპის შემართებელი მილებით იქნება აღჭურვილი, სილიკონური თუ უჟანგავი ფოლადისაგან დამზადებული მილებით?
8. როგორია გაყოფის დროს ტემპერატურა? პროცესი პერიოდულია თუ უწყვეტი?
9. როგორი უნდა იყოს დანადგარის მწარმოებლობა? როგორია გაყოფის ხანგრძლივობა?

დანადგარები, რომლებიც გამოიყენება ბარომემბრანული პროცესების განსა-

ხორციელებლად სხვადასხვაგვარია, ამ პროცესების განსახორციელებელი საწარმოო დანადგარები, უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს: დანადგარის ერთეულოვან მოცულობაში, მემბრანას უნდა ჰქონდეს დიდი მუშა ფართი, ადვილი იყოს მისი აწყობა და დემონტაჟი, ხსნარი თანაბრად უნდა იყოს განაწილებული მემბრანის ზედაპირზე და უნდა ჰქონდეს საკმარის დიდი სიჩქარე, რათა შემცირდეს კონცენტრაციული პოლარიზაციის არასასურველი ზემოქმედება, ამასთან ერთად წნევათა სხვაობა არხში უნდა იყოს მცირე.

დანადგარის კონსტრუირების დროს უნდა გავითვალისწინოთ ისეთი მოთხოვნები, რომ დანადგარმა შეძლოს მუშაობა მომატებული წნევის ქვეშ (მექანიკური სიმტკიცის უზრუნველყოფა, ჰერმეტიკობა და სხვა). ისეთი დანადგარის შექმნა, რომ დააკმაყოფილოს ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი მოთხოვნები ალბათ შეუძლებელია, ამიტომ ყველა კონკრეტული შემთხვევისათვის უნდა შევარჩიოთ კონკრეტული დანადგარი, რომელიც მაქსიმალურად უზრუნველყოფს პროცესის სასურველ წარმართვას. დანადგარის რაციონალური შერჩევა უზრუნველყოფს, მემბრანული გაყოფის წარმატებით ჩატარებას. თუ გავაკეთებთ დანადგარების კლასიფიკაციას, მემბრანის ფორმის და მისი განლაგების მიხედვით, შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი სახეები:

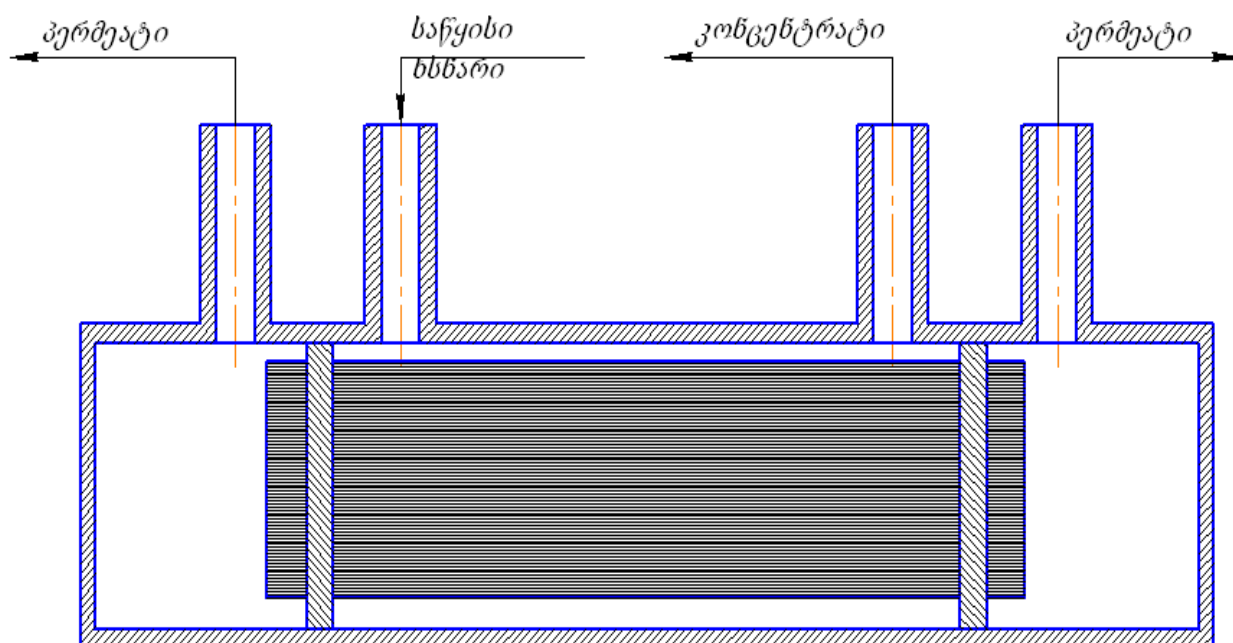
1. ბრტყელი მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარები.
2. მილისებური მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარები.
3. რულონური ტიპის მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარები.
4. ბოჭკოვანი მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარები.

მემბრანული დანადგარი შეიძლება იყოს - კორპუსიანი და კორპუსის გარეშე; მემბრანული ელემენტის განლაგების მიხედვით - ჰორიზონტალური და ვერტიკალური; დემონტაჟის პირობის მიხედვით - დასაშლელი და დაუშლელი. დანადგარის კონსტრუქციიდან გამომდინარე, ისინი შეიძლება მუშაობდეს იდეალური შერევის და იდეალური გამოდევნის რეჟიმში.

ულტრაფილტრაციის პროცესის განსახორციელებლად, უფრო ხშირად გამოიყენება ბრტყელი და მილისებური მფილტრავი ელემენტის მქონე დანადგარები, აგრეთვე ვაზნის ტიპის მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარები, რომლე-

ბიც მუშაობენ «ჩიხური» პრინციპით.

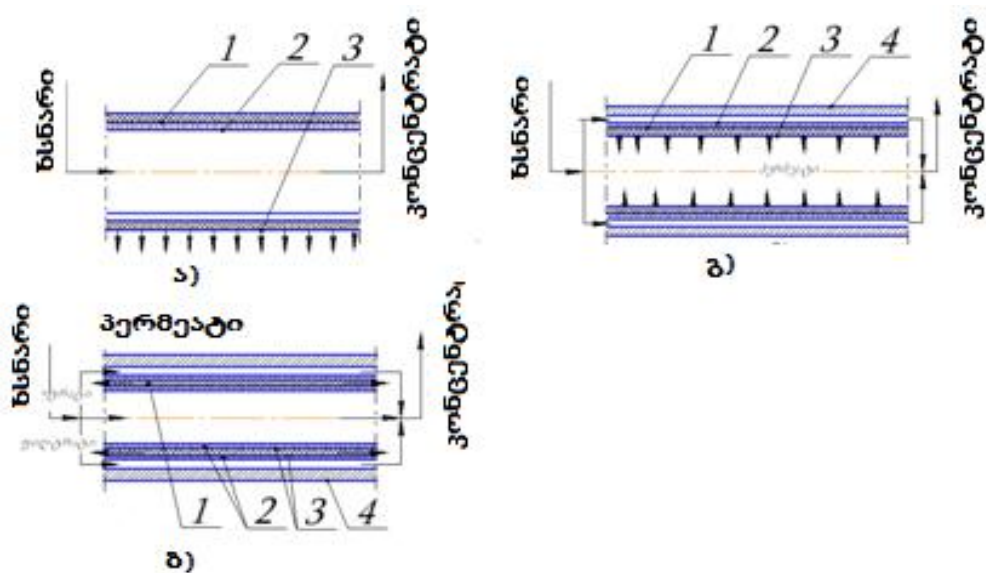
მემბრანების ყველაზე დიდი მუშა ფართი მიიღწევა ($20-30$ ათასი m^2/m^3) დანადგარის ერთეულ მოცულობაზე, როდესაც გამყოფი ელემენტია - ბოჭკოვანი მემბრანული ელემენტი. ამ ტიპის დანადგარები ნახ.4.7. გამოირჩევიან კომპაქტურობით და მაღალი მწარმოებლობით, მაგრამ ბოჭკოების დაზიანებისას მისი გამოცვლა გართულებულია. ულტრაფილტრაციის ამ ტიპის დანადგარებში მემბრანა, წარმოადგენს აცეტატცელულოზისაგან ან ნეილონისაგან დამზადებულ მილს, რომლის გარეთა დიამეტრია $200-1000$ მკმ და კედლის სისქე $50-200$ მკმ. ასეთი ზომის შემთხვევაში, მუშა წნევის ზემოქმედების ქვეშ უზრუნველყოფილია ბოჭკოს სიმტკიცე.



ნახ.4.7. ღრუტანიან ბოჭკოვანი აპარატის სქემა

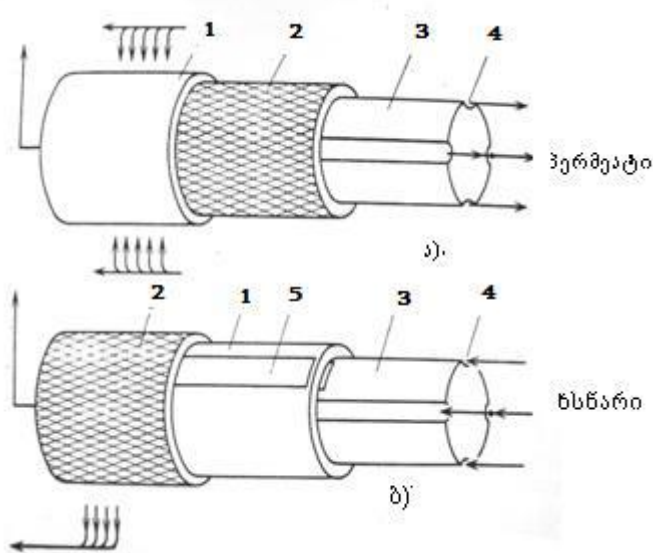
მილისებურ მემბრანულ ელემენტებს, მემბრანის განლაგების მიხედვით ყოფენ სამ ტიპად: ა) როცა მემბრანა განლაგებულია მილის გარე ზედაპირზე, ბ) როცა მემბრანა განლაგებულია მილის შიგა ზედაპირზე, გ) როცა მემბრანა განლაგებულია მილის ორივე მხარეს. ყველაზე მეტად გამოყენება ჰპოვა იმ დანადგარებმა, რომლებშიც მემბრანა განლაგებულია მილის შიგა ზედაპირზე. ამ ტიპის ნახ.4.8 დანადგარები გამოირჩევიან დაბალი ლითონტევადობით, რადგან ხსნარი წნევით მიეწოდება მილს შიგა ზედაპირზე. მემბრანულ ელემენტში საწყისი ხსნარი თანაბრად ნაწილდება და დაბალი ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობა საშუალებას გვაძლევს,

გავზარდოთ არხში სითხის მოძრაობის სიჩქარე 1-1,5 მ/წმ.-დან 3-4 მ/წმ.-მდე, რაც ზრდის დანადგარის მწარმოებლობას. მემბრანის მექანიკური გაწმენდა შესაძლებელია დანადგარის დაშლის გარეშე. დინების ტურბულენტურობის გაზრდის მიზნით მკვლევარები მიღწეულნი არიან ათავსებენ ტურბულიზატორებს [26] - პლასტმასის ბურთულებს ან სპირალებს.



ნახ.4.8 მილისებრი მემბრანული ელემენტები:

ა)- მემბრანებით მილის შიგნით; ბ)- მემბრანებით მილის გარეთ; გ)- კომბინირებული კონსტრუქცია: 1 - მილაკი; 2 - მემბრანა; 3 - ქვესადები (დრენაჟი); 4 - კორპუსი.



ნახ.4. 9 მილისებრი მემბრანული ელემენტის მოწყობილობა

ა) მემბრანით კარკასზე; ბ) კარკასის გარეშე;

1-მემბრანა; 2-ქვესადები (დრენაჟი); 3-გულანა; 4-გრძივი არხები; 5-შემაწებებელი ლენტა

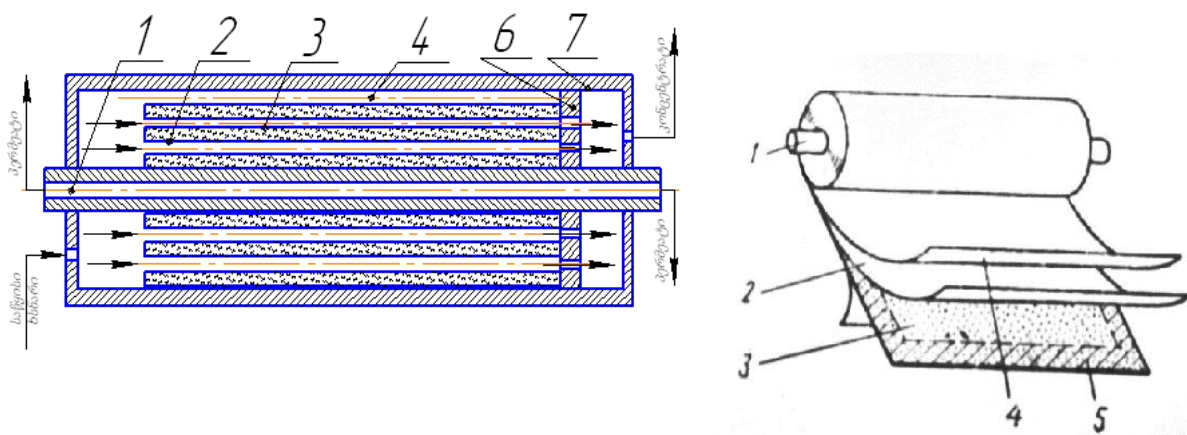
მილისებური ელემენტის მქონე დანადგარებს, გააჩნიათ მემბრანები კუთრი მუშა ზედაპირით ($60-200 \text{ მ}^2/\text{მ}^3$).

რამიკონის ფირმის (აშშ) მემბრანული აპარატის მილისებრი მემბრანული ელემენტების მოწყობილობა ნაჩვენებია ნახაზზე 4.9. ბ). გულანა 3, რომელსაც აქვს არხები გასაყოფი ხსნარის გასასვლელად, დაფარულია მემბრანით 1 (აქტიური ფენით გულანისკენ) და ქვესადებით 2 ბადისებრი სინთეტიკური ბოჭკოებით. მილისებრ მემბრანას 1 იღებენ ფურცლოვანისაგან, შეპირაპირებაზე ქვემოდან და ზემოდან წებოვანი ლენტას 5 დადებით.

ფირმა მიცუბისის (იაპონია) მილისებრი მემბრანული ელემენტის (ნახ. 4.9 ა) გამოყენებით, შეიძლება მივიღოთ მემბრანები დიდი კუთრი ზედაპირით. ამ ტიპის ელემენტების გულანას აქვს გრძივი არხები 4 პერმეატის გამოსაყვანად. მასზე მოთავსებულია ბადისებრი ქვესადები 2 და ზემოდან - მილისებრი მემბრანა აქტიური ფენით გარეთ.

რამიკონისა და მიცუბისის ფირმების, მემბრანულ ელემენტებიანი აპარატების უარყოფითი მხარეა, მათი აკრების სირთულე, დიდი რაოდენობის შემთხვევაში მილისებრი მემბრანული ელემენტების ჰერმეტიზაცია, აპარატში რეზინის რგოლებითა და მანჟეტებით ყოველთვის არ არის საიმედო და მოითხოვს შეუღლებული ზედაპირების დამზადების დიდ სიზუსტეს.

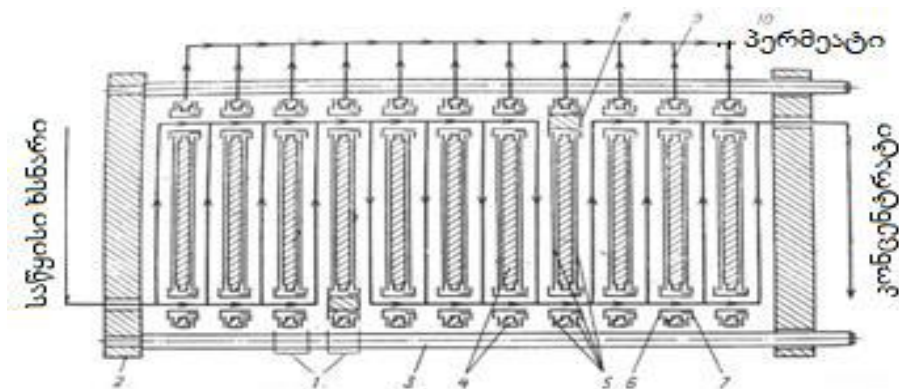
ზემოთ განხილულ დანადგარებთან ერთად, ფართოდ გამოიყენება რულონური ტიპის ნახ. 4.10 დანადგარები.



ნახ.4.10. აპარატი რულონური მემბრანული ელემენტით:

1 - პერმეატის გამომყვანი მილი; 2 - მემბრანა; 3 - სადრენაჟო ფურცელი; 4 - ბადე-სეპარატორი; 5 - შეწებების ზონა; 6- ფიქსატორი; 7 - კორპუსი.

რულონური ტიპის მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარებში, კუთრი მუშა ფართი აღწევს 300-800 მ²/მ³. ამ ტიპის ელემენტები, არ არიან სრულყოფილი, დამხმარე არხების შესაქმნელად, მათში ბევრია წებოვანი შენაერთები, რთულია შეკვრაში ნახვრეტის განთავსება, ელემენტის აწყობისას ბევრია ხელით ჩასატარებელი რთული სამუშაოების რაოდენობა.



ნახ. 4.11. აპარატი ბრტყელი მემბრანული ელემენტებით

1-მემბრანული ელემენტი; 2 - მილტუჩი; 3 - მიმართველი ძელი; 4 - საყრდენი ფირფიტა; 5 - მემბრანა; 6 - გამდინარე რგოლი; 7 - ჩამკეტი რგოლი; 8 - საცობი; 9 - შლანგი; 10 - პერმეატის კოლექტორი.

ბრტყელი მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარების ძირითად ელემენტს წარმოადგენს ბრტყელი (ფურცლოვანი) მემბრანა, რომელიც განლაგებულია ბრტყელი ფოროვანი მასალის – დრენაჟის ორივე მხარეს, ან მემბრანა დამზადებულია პირდაპირ დრენაჟის ზედაპირზე. ორ მეზობელ მემბრანას შორის დაცილება (მემბრანათა შორის სივრცე – არხი, რომელშიც მოძრაობს საწყისი ხსნარი) მცირეა და იგი შეადგენს 0,5-5 მმ –ს. გასაყოფი ხსნარი თანმიმდევრობით გადის ყველა მემბრანულ ელემენტებს შორის, კონცენტრირდება და ტოვებს დანადგარს, ხოლო პერმეატი, რომელიც გადის მემბრანაში სხვა არხით ტოვებს მას (ნახ.4.11).

წარმოებაში გამოიყენება სხვადასხვა მოდიფიკაციის ბრტყელი მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარები, პერმეატის ცენტრალური და პერიფერიული გამოყვანებით ან თითოეული ელემენტიდან ცალ-ცალკე, ამზადებენ სხვადასხვა ფორმის მემბრანულ ელემენტებს: წრიულს (ელიფსურს) და სწორკუთხოვანს

(კვადრატულს). ელემენტის ფორმა არსებით გავლენას ახდენს მემბრანის ზედაპირზე გასაყოფი ხსნარის დინების ორგანიზებაზე და გაყოფის პროცესის თვისებაზე. ფირფიტებიანი ელემენტის მქონე დანადგარის კუთრი მუშა ზედაპირი აღწევს 60-300 მ²/მ³, იგი ხასიათდება დაბალი კონცენტრაციული პოლარიზაციით. ამ ტიპის დანადგარები ხასიათდებიან შემდეგი უპირატესობებით:

1. გასაყოფი ხსნარის დინების ცირკულაციის გამო, მოდულში ასიმეტრიული სტრუქტურის მემბრანის ზედაპირზე, უმნიშვნელოა კონცენტრაციული პოლარიზაცია.
2. გამყოფი ფართის საკმაოდ დიდი მნიშვნელობა, მოდულის არც თუ დიდ ზომასთან შედარებით.
3. მრავალჯერადი გამოყენება.

შემოთ განხილულ დანადგარებს შორის, ჩვენ უპირატესობას ვანიჭებთ ბრტყელი მემბრანული ელემენტის მქონე დანადგარებს, რადგან მათი დაშლა და აწყობა სხვა ტიპის დანადგარებთან შედარებით ადვილია, ისინი შეიძლება დაეყოს სექციებად, სადაც მოთავსებული იქნება სხვადასხვა ტიპის მემბრანები, რის შედეგადაც დავადგენთ გაყოფის პროცესის ერთი და იგივე პარამეტრების დროს, სხვადასხვა ტიპის მემბრანების სელექციურობასა და გაღწევადობას, ეს გაგვიადვილებს გასაყოფი ხსნარისათვის ოპტიმალური პარამეტრების მემბრანის შერჩევას, რაც სხვა ტიპის დანადგარებში თითქმის შეუძლებელია.

4.4.4. მემბრანული გაყოფის პროცესებზე მოქმედი ფაქტორები

მემბრანების და მთლიანად მემბრანული გაყოფის პროცესის ერთერთ მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს სელექციურობა. ნახევრგამტარი მემბრანების საშუალებით გაყოფის პროცესის სელექციურობა (შეკავების უნარი) განისაზღვრება ფორმულით :

$$\varphi = \left(1 - \frac{C_{\Phi}}{C_P} \right) \cdot 100\%$$

სადაც, C_P და C_{Φ} - გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაცია საწყის ხსნარში და პერმეატში, კგ/მ³.

მემბრანული აპარატის ძირითადი მახასიათებელი არის მისი მწარმოებლობა. პროცესის ინტენსივობის ქვეშ იგულისხმება კუთრი მწარმოებლობა, ე.ი. მწარმოებლობა შეფარდებული გაყოფის ზედაპირის ფართთან და ამ სიდიდეს ეწოდება გაღწევადობა.

შესაბამისად, გაღწევადობა G მოცემულ წნევაზე გამოისახება პერმეატის რაოდენობით (მოცულობით ან მასით) V_n , რომელიც მიიღება დროის ერთეულში მემბრანის ერთეული მუშა ფართიდან S :

$$G = \frac{V_n}{S \cdot t}$$

მაშასადამე, ძირითად პარამეტრებს, რომლებიც რაოდენობრივად ახასიათებენ მემბრანული გაყოფის პროცესებს, წარმოადგენენ გაღწევადობა და სელექციურობა, რომელთა სიდიდეზეც გავლენას ახდენენ შემდეგი ფაქტორები:

- 1) გახსნილი ნივთიერებების ბუნება (ნაწილაკების ფორმა და ზომები, პოლიარობა, მუხტი);
- 2) მემბრანის ზედაპირის ეფექტურობა (ფორიანობა, საშუალო დიამეტრი, მემბრანის მუხტი, ჰიდროფილურობა) და მემბრანის სისქე;
- 3) მუშა წნევა;
- 4) ტემპერატურა;
- 5) ხსნარების ფიზიკო-ქიმიური თვისებები (კონცენტრაცია, სტრუქტურა, pH , ოსმოსური წნევა);
- 6) კონცენტრაციული პოლიარიზაცია.

ძირითად ფაქტორს, რომელიც მოქმედებს პროცესის სელექციურობაზე წარმოადგენს გახსნილი ნივთიერებების ბუნება. ამას ადასტურებს ის ფაქტი, რომ სხვადასხვა ნივთიერებებისთვის ერთი და იგივე მემბრანის სელექციურობა სხვადასხვაა.

გახსნილი ნივთიერებების დაჭერის ეფექტურობა, დამოკიდებულია აგრეთვე მისი მოლეკულების სიდიდეზე და ფორმაზე. ჰომოლოგებს შორის მეტად შეკავდება ნივთიერება დიდი მოლეკულური მასით. მაგრამ მოლეკულური მასა წარმოადგენს მხოლოდ მიახლოებით პარამეტრს, რომელიც წარმოადგენს გვამლევს მოლეკულის სიდიდესა და ფორმაზე. ვინაიდან ხაზოვანი სტრუქტურის მოლეკულა შეიძლება გავიდეს მემბრანაში, ხოლო უფრო რთული სტრუქტურის შეკავდება, მიუხედავად მათი თანაბარი მოლეკულური მასებისა.

სელექციურობა დამოკიდებულია აგრეთვე ხსნარის არევის პირობებზე. არევის პირობების გაუარესებისას მემბრანის სელექციურობა მცირდება, ვინაიდან ამ დროს იზრდება სასაზღვრო აურევადი ფენის სისქე. უფრო ინტენსიური არაევისას სასაზღვრო ფენის სისქე მცირდება და სელექციურობა იზრდება. სელექციურობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მუშა წნევა.

მემბრანების გაღწევადობაზე მოქმედებს აგრეთვე სხვადასხვა ფაქტორები. ავტორები [20,65] მიუთითებენ მემბრანების გაღწევადობის დამოკიდებულებას წნევაზე და ტემპერატურაზე. მუშა წნევის გაზრდით გაღწევადობა იზრდება, ხოლო შემცირებით – მცირდება. გაღწევადობაზე ტემპერატურის გავლენა შეიძლება ავხსნათ შემდეგი სახით: ტემპერატურის გაზრდით სიბლანტე მცირდება, ამიტომ გაღწევადობა გაიზრდება, ტემპერატურის გაზრდით.

გაღწევადობაზე გავლენას ახდენს მემბრანის სისქე. რაც მეტია მისი სიდიდე, მით მეტია მემბრანის წინააღმდეგობა, მასში ხსნარის გავლაზე.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ხსნარების მემბრანული გაყოფის დროს პროცესის მნიშვნელოვან მახასიათებელს წარმოადგენს ხსნარის ოსმოსური წნევა, რომელიც იზრდება ხსნარის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად, რაც თავის მხრივ იწვევს გაღწევადობის შემცირებას.

ელექტროლიტებისათვის ოსმოსური წნევა განისაზღვრება ფორმულით [14]:

$$\pi_i = icRT,$$

სადაც, i -იზოტონური კოეფიციენტი.

შემასწორებელი კოეფიციენტი i თითოეული ხსნარისათვის განისაზღვრება ექსპერიმენტის გზით – მაგალითად დუდილის ტემპერატურის გაზრდით, ორთქლის წნევის შემცირებით ან გაყინვის ტემპერატურის შემცირებით.

დამოკიდებულებას ოსმოსურ წნევასა და ხსნარის გაყინვის ტემპერატურის შემცირებას შორის, აქვს სახე:

$$\pi_i = \frac{\Delta T \cdot H \cdot T}{V_1 \cdot T_0 T_p},$$

სადაც: T_0 -სუფთა გამხსნელის გაყინვის ტემპერატურა, K (წყლისათვის =273,16);

T_p -შესასწავლი ხსნარის გაყინვის ტემპერატურა, K ;

ΔT - ხსნარის გაყინვის ტემპერატურის შემცირება, K ;

H - გამხსნელის ლღობის სითბო, ჯ/მოლი;

T - ხსნარის ტემპერატურა, K .

ულტრაფილტრაციის პროცესზე ხსნარის pH -ის გავლენის შესწავლისას დადგენილია, რომ მაღალსელექციური მემბრანების გაღწევადობა გამხსნელის მიმართ პრაქტიკულად არ იცვლება pH -ის ცვლილებით. იმავე დროს გაღწევადობა ცილებისთვის მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ხსნარის pH -ზე.

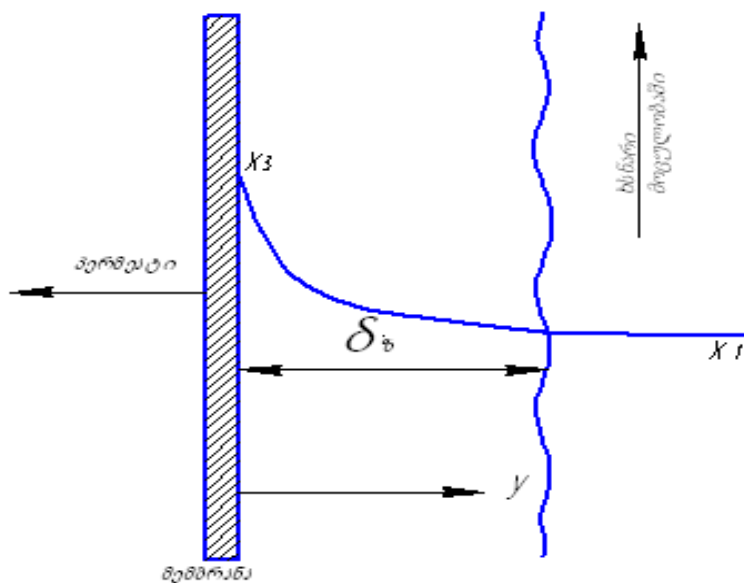
ზემოდ ნაჩვენები ფაქტორების გარდა გაღწევადობაზე მოქმედებს, აგრეთვე სხვა ფაქტორები, რომელთა შორის მთავარია კონცენტრაციული პოლიარიზაცია.

გაყოფის პროცესის დროს მემბრანის გავლით გადის ძირითადი ხსნარი, მასთან ერთად გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაცია სასაზღვრო ზოლში მემბრანის ზედაპირზე იზრდება. კონცენტრაციის გაზრდა ხდება მანამდე, სანამ სასაზღვრო ზოლიდან გახსნილი ნივთიერების დიფუზიური დინება გასაყოფ ხსნარში არ გაუტოლდება გახსნილი ნივთიერების დინებას მემბრანის გავლით, ე.ი. სანამ არ მოხდება დინამიური წონასწორობა. კონცენტრაციული პოლიარიზაციის გავლენა მემბრანის თვისებებზე ძალიან უარყოფითია, რადგან ოსმოსური წნევის გაზრდა იწვევს გაყოფის პროცესის მამოძრავებელი ძალის შემცირებას. ამავე დროს, უნდა მოხდეს მემბრანის რეგენერაცია ან შეცვლა.

მთავარი ფაქტორი, რომელიც ზღუდავს წარმოებაში ულტრაფილტრაციის პროცესის ფართო გამოყენებას, არის კონცენტრაციული პოლიარიზაციის მოვლენა. კონცენტრაციული პოლიარიზაციის მოვლენის შესწავლას, ეძღვნება სამუშაოების დიდი რაოდენობა.

კონცენტრაციული პოლიარიზაციის გაანგარიშებას, აწარმოებენ გახსნილი ნივთიერების მემბრანაში, მასაგადატანის პროცესის მოდელზე დამოკიდებულებით. თუ გახსნილი ნივთიერება სასაზღვრო ფენაში გადაიტანება მოლეკულური დიფუზიით და კონვექციით ნახ.4.12. ამ დროს

$$G_2 = -D \frac{dC}{dy} - G_1 C$$



ნახ. 4.12. კონცენტრაციის განაწილება სასაზღვრო ფენაში

სადაც G_1 და G_2 - მემბრანის კუთრი გაღწევადობა, შესაბამისად გამხსნელისა და გახსნილი ნივთიერებებისათვის;

D - გახსნილი ნივთიერების დიფუზიის კოეფიციენტი ხსნარში;

C - გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაცია;

y - მანძილი განსახილველი წერტილიდან მემბრანის ზედაპირამდე.

შემოვიტანოთ ნამდვილი სელექციურობის $\varphi_{\text{ნამ}}$ ცნება, ე.ი. სელექციურობის კონცენტრაციული პოლიარიზაციის მოვლენის გათვალისწინებით:

$$\varphi_{\text{ნამ}} = \frac{C_3 - C_2}{C_3}$$

სადაც C_3 - გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაცია მემბრანის ზედაპირზე.

თუ დავუშვებთ, რომ გახსნილი ნივთიერებების ნაკადი სასაზღვრო ფენის მთელ სიგრძეზე მუდმივია

$$G_2 = -(1 - \varphi_{\text{ნამ}}) C_3 G_1$$

ამ განტოლებების გათვალისწინებით მივიღებთ

$$D \frac{dC}{dy} + C_1 G_1 = (1 - \varphi_{\text{ნამ}}) C_3 G_1$$

სასაზღვრო პირობებია, როცა $y = 0$ $C = C_3$,

$$\text{როცა } y = \delta_{\text{ზღვ}} \quad C = C_1,$$

სადაც δ ზღვ.-სასაზღვრო ფენის სისქე.

განტოლების ინტეგრებით მივიღებთ

$$\frac{C_3}{C_1} = \hat{E}\ddot{I} = \frac{\exp\left(G_1 \frac{\delta_z}{D}\right)}{\varphi_n + (1 - \varphi_n) \exp G_1 \frac{\delta_z}{D}}$$

ფარდობა $\frac{D}{\delta_z}$ წარმოადგენს გახსნილი ნივთიერების მასაგადაცემის კოეფიციენტს,

β მემბრანის ზედაპირიდან ხსნარის მოცულობაში. თუ შევიტანთ β -ს განტოლებაში მივიღებთ:

$$K\Gamma = \frac{\exp \frac{G_1}{\beta}}{\varphi_n + (1 - \varphi_n) \exp \frac{G_1}{\beta}}$$

იმ შემთხვევაში, როცა $\varphi_{\text{ნაშ}}=1$ განტოლება მარტივდება:

$$K\Gamma = \exp \frac{G_1}{\beta}$$

თუ განტოლებაში შევიტანთ ჩილტონ-კოლბორნის ფაქტორს, რომელიც გასაყოფი ხსნარის ტურბულენტურ რეჟიმში მოძრაობისას ტოლია:

$j = (\beta/w) Sc^{2/3}$ მივიღებთ შემდეგ განტოლებას

$$\hat{E}\ddot{I} = \frac{\exp\left[(G_1 / jw) Sc^{2/3}\right]}{\varphi_e + (1 - \varphi_e) \exp\left[(G_1 / jw) Sc^{2/3}\right]}$$

სადაც $G G_1$ -მემბრანის კუთრი გაღწევადობა გამხსნელის მიხედვით;

$$j - \text{ჩილტონ-კოლბორნის ფაქტორი } \left(j = \left(\frac{\beta}{w} \right) Sc^{2/3} \right);$$

$$Sc = \frac{v}{D} - \text{შმიდტის კრიტერიუმი};$$

v - გასაყოფი ხსნარის კინემატიკური სიბლანტე;

w - გასაყოფი ხსნარის მოძრაობის საშუალო სიჩქარე;

D - დიფუზიის კოეფიციენტი;

φ_u - რეალური სელექციურობა.

არსებობს უკუსმოსისა და ულტრაფილტრაციით გაყოფის პროცესის დროს, კონცენტრაციული პოლარიზაციის გავლენის შემცირების ბევრი საშუალებები.

- 1) გასაყოფი ხსნარის ტურბულიზაცია.
- 2) მოდულის ოპტიმალური კონსტრუქცია.
- 3) მემბრანის წინასწარი დამუშავება, გასაყოფ ნივთიერებასთან მისი ზემოქმედების შემცირების მიზნით.
- 4) მიწოდებული ხსნარის წინასწარი დამუშავება.
- 5) მემბრანის გაწმენდა (მემბრანებს პერიოდულად წმენდენ: იყენებენ მემბრანის უკურეცხვას, პერმეატის ან მჟავე გახსნილი ხსნარის საშუალებით).

სხვადასხვა ჰიდროდინამიურ რეჟიმებში, ხსნარის დინების ტურბულიზაცია მნიშვნელოვნად ამცირებს, კონცენტრაციული პოლარიზაციის გავლენას. ულტრაფილტრაციის სიჩქარის გასაზრდელად საჭიროა მოხდეს გასაყოფი ხსნარის ხშირი არევა ან მემბრანის ზედაპირზე ხსნარის სიჩქარე უნდა იყოს მაღალი. ამ პირობების შესრულება იწვევს ხსნარის გადატუმბვაზე, ენერჯის ხარჯვის და ხსნარის ტემპერატურის გაზრდას. ხსნარის სიჩქარის გაზრდის გარდა, ტურბულენტური დინება მიიღწევა ულტრაბგერის სხვადასხვა მოწყობლობის გამოყენებით, რომლითაც ვაღწევთ ხელოვნური ტურბულენტური დინების შექმნას.

პულსირებული დინების შექმნით შესაძლებელია კონცენტრაციული პოლარიზაციის შემცირება. მაგალითად, გლუკოზის ხსნარის გაყოფისას პულსირებული დინების შექმნის შედეგად (პულსაციის სიხშირე 1 ჰც) მილისებური მემბრანების გამტარუნარიანობა გაიზარდა 80% . ამ სიდიდით გაყოფის პროცესის სიჩქარის გაზრდა მიიღწევა ხსნარის სტაციონალურ რეჟიმში მოძრაობისას, მისი სიჩქარის 6-ჯერ გაზრდით. ულტრაფილტრაციის პროცესის დროს პულსირებული დინების თეორია და პულსირების მეთოდის ეფექტური ზემოქმედება, მემბრანის თვისებებზე მოცემულია შრომებში [48,53,60].

გაცნობილი ლიტერატურის მიხედვით, თანამედროვე პირობებში არ არსებობს კონცენტრაციული პოლარიზაციის შემცირების ახალი მეთოდები, მიუხედავად ამისა, ჩვენ უპირატესობას ვანიჭებთ გაყოფის პროცესის პულსირებულ რეჟიმს, რადგან მისი განხორციელება ადვილია და უფრო ეფექტურია სხვა მეთოდებთან

შედარებით.

4.4.5. მემბრანული გაყოფის მექანიზმი

. მემბრანის გავლით მასაგადაცემის პროცესის აღწერისთვის, მკვლევარები ძირითადად იყენებენ ორ თეორიას: მოდელს გახსნა-დიფუზია და ფოროვანი მოდელი [20,65].

პირველი თეორიის შესაბამისად ყველა გასაყოფ კომპონენტს აქვს ტენდენცია გაიხსნას ფოროვან მემბრანაში და მოხდეს დიფუზია მისი გავლით. სხვადასხვა კომპონენტების ხსნადობა მემბრანაში და დიფუზიის კოეფიციენტის მნიშვნელობა დამოკიდებულია მოლეკულების სახეზე და მემბრანის ფიზიკო-ქიმიური სტრუქტურაზე.

ამ თეორიის თანახმად ხსნარების გაყოფა ხდება, შემადგენელი კომპონენტების მემბრანის მასალაში, დიფუზიის კოეფიციენტებისა და ხსნადობის სხვაობის შედეგად.

განტოლებას, რომელიც აღწერს გამხსნელისა და გახსნილი ნივთიერებების ნაკადს ამ შემთხვევაში აქვს სახე:

$$G = -\frac{D_M C_M}{RT} \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial C_M} \text{grad} C_M + V_1 \text{grad} P \right),$$

სადაც: D_M - მემბრანაში კომპონენტის დიფუზიის კოეფიციენტი;

C_M - მისი კონცენტრაცია მემბრანაში;

μ_1 - ქიმიური პოტენციალი;

V - პარციალური მოლური მოცულობა;

P - მოქმედი წნევა.

გამხსნელისათვის გაღწევადობის განტოლებას აქვს სახე:

$$G_1 = \frac{A_M (\Delta P - \Delta \pi_i)}{l_M},$$

სადაც: ΔP - ჰიდროსტატიკურ წნევათა სხვაობა;

$\Delta \pi_i$ - ხსნარისა და პერმეატის ოსმოსური წნევების სხვაობა;

l_M - მემბრანის სისქე;

A_M - მემბრანის მუდმივა.

გახსნილი ნივთიერებების ნაკადის განსაზღვრისათვის ვიყენებთ დიფუზიის განტოლებას:

$$G_2 = \frac{B_M \Delta C}{l_k}$$

სადაც: ΔC - გახსნილი ნივთიერებების კონცენტრაციათა სხვაობა მემბრანის ორივე მხარეს;

B_M - მუდმივა, რომელიც ახასიათებს მემბრანასა და გახსნილ ნივთიერებებს შორის ურთიერთქმედებას.

მეორე მოდელის შესაბამისად სითხის ნაკადი, რომელიც გადის მემბრანაში კარგად აღიწერება პუაზიელის განტოლებით:

$$G_1 = \frac{K_1}{\mu} \frac{(\Delta P - \Delta \pi_i)}{l_M} = \frac{\varepsilon \cdot r^2 \cdot \Delta P}{8\mu \cdot l_M},$$

სადაც: ε - ფორიანობა ($\varepsilon = N\pi \cdot r^2$ და ჩვეულებრივ ტოლია მემბრანაში წყლის შემცველობის);

N - ერთეულ ზედაპირზე ფორების რაოდენობა;

μ - გამხსნელის სიბლანტე.

მემბრანის გავლით, გამხსნელის გასვლის მექანიზმის, ორივე მოდელის აღწერა, დაფუძნებულია დინებისა და წნევის დამოკიდებულებაზე. მიუხედავად იმისა, რომ დიფუზიური მოდელი ჩანს უფრო ხელსაყრელად, უკუოსმოსის პროცესის ასაღწერად, ხოლო ფორების მოდელი ფართოდ გამოიყენება ულტრაფილტრაციის პროცესის ასაღწერად, მრავალი ავტორი თვლის მასაგადატანას, როგორც ორი მექანიზმის შედეგს. გარდა ზემოთ აღწერილი გამტარიანობის მექანიზმის ორი მოდელისა, არსებობს სხვებიც, მაგალითად, უარყოფითი ადსორბციის ჰიპოთეზა.

მეცნიერების მიერ უფრო ფართოდ იქნა გაანალიზებული, ულტრაფილტრაციის მეთოდით ხსნარების გაყოფის თეორია, რომელიც ითვალისწინებს არა მარტო დინებას ფორებში, არამედ კონცენტრაციული პოლარიზაციის გავლენას. გახსნილი ნივთიერებების მოლეკულების და იონების გადაადგილებას მემბრანის გავლით ისინი იხილავენ, როგორც პოტენციური წინააღმდეგობების გადალახვას. შრომებში მოცემულია შედეგები, რომლებიც აღწერენ კონცენტრაციის განაწილებას და ხსნარების გაყოფის ეფექტიანობას.

შემდგომში ბ.ვ. დერიაგინის, ნ.ვ. ჩურაევის, გ.ა. მარტინოვის და ვ.მ. სტაროვის მიერ იქნა აღწერილი ულტრაფილტრაციის მეთოდით, ხსნარის გაყოფის თეორია, ავტორებმა შემოიტანეს ფიზიკო-ქიმიური პარამეტრის Φ_0 -ის ცნება, რომელიც ახასიათებს გამხსნელი ფენის გავლით, გახსნილი ნივთიერების მოლეკულისა და მემბრანის ზედაპირის ურთიერთქმედების ენერგიას.

ფიზიკო-ქიმიური პარამეტრის Φ_0 -ის მნიშვნელობა, დამოკიდებულია ფორის რადიუსზე r და ადსორბციის ძალის ბუნებაზე.

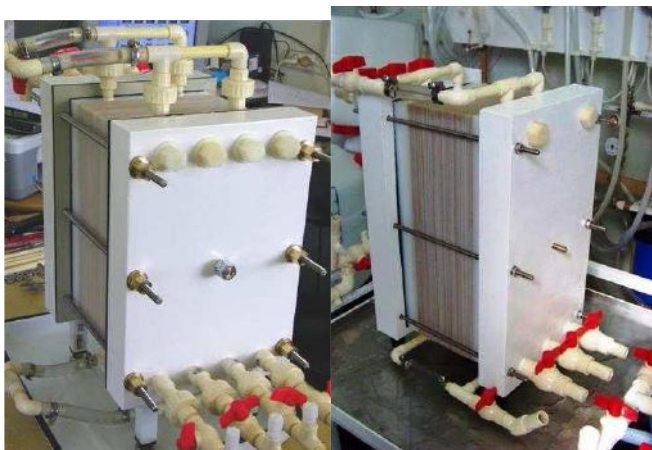
ინტერესს იწვევს ანალოგიური შედეგები, რომლებიც მიიღეს მეცნიერებმა ისეთი შემთხვევებისათვის, როცა ენერგია ნულზე მეტია, ე.ი. როცა ხსნარის კონცენტრაცია ფორებში დაბალია, საერთო მოცულობასთან შედარებით.

ამ თეორიის თანახმად სელექციურობა მეტწილად დამოკიდებულია ეფექტურ პოტენციალზე. Φ_0 -ის გაზრდა იწვევს Φ -ის მომატებას.

თანამედროვე პირობებში, მიუხედავად იმისა, რომ მემბრანული პროცესები ფართოდ გამოიყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში, მისი თეორიული კვლევა ჯერ კიდევ არა სრულყოფილია.

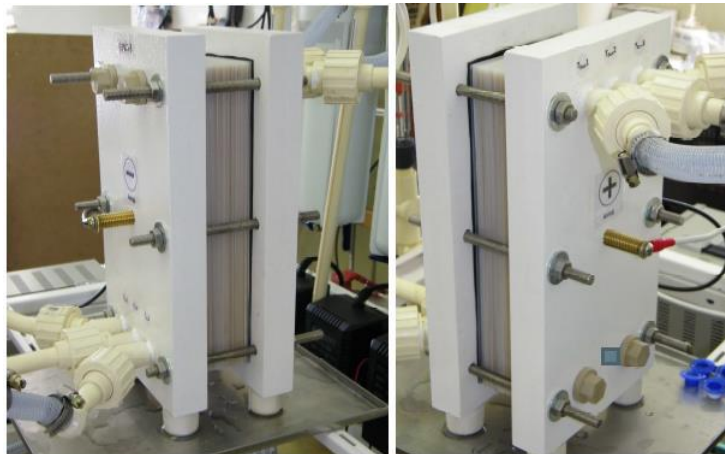
4.4.6. ელექტრომემბრანული პროცესები და აპარატები

ელექტრომემბრანული აპარატები, (ნახ.4.13.4.14.) დანადგარები, რომლებიც მუშაობენ ელექტროდიალიზის პრინციპზე, არის უნიკალური სპეციალური ნაკეთობა, ლაბორატორიული და საცდელ-საწარმოო სამუშაოების შესასრულებლად, გამტკნარების და სხვა ტექნოლოგიურ პროცესებში [66,67,68].



ნახ.4.13. აპარატი ЭМА-100

ელექტრომემბრანული აპარატები შესდგებიან შემდეგი ძირითადი დეტალებისა და კვანძებისაგან:



ნახ.4.14. აპარატი ЭМА-60

- დამწნეხი ფილები ანტიკოროზიული ქიმიურად მდგრადი დაფარვით;
- მემბრანებს შორისი პოლიეთილენის სადებები ბადე-სეპარატორებით;
- იონცვლადი მემბრანები;
- დამწნეხ ფილებში ჩამონტაჟებული ელექტროდები;
- დასაშლელი ხრახნული შეერთებები ტექნოლოგიურ მილგაყვანილობებთან მისაერთებლად.

კონსტრუქციულად ელექტრომემბრანული აპარატი წარმოადგენს, პაკეტს აკრებილს იონცვლადი მემბრანების და მემბრანებს შორის საფენის მონაცვლეობით, დამწნეხ ფილებს შორის და შემჭიდროებულია სარქებით.

თითოეული საფენი ორი მეზობელი ზედა და ქვედა მემბრანებით ქმნის საკანს, რომელიც წარმოადგენს ჰერმეტიკულ გამდინარე საკანს, რომლის სიღრმეშიც მოთავსებულია სეპარატორ-ტურბულიზატორები, რომელთა დანიშნულებაა შექმნან ხსნარის ნაკადის მოთხოვნილი ტურბულიზაცია და გამორიცხონ მემბრანების ერთმანეთთან შეხება. მემბრანებს შორის საფენებში მოკლე მხარეებში შესრულებულია ნახვრეტები, რომლებიც აწყობისას პაკეტის მთელ სიმაღლეზე ქმნიან ვერტიკალურ არხებს (გამანაწილებელი-კოლექტორები) გადამუშავებაზე მიწოდებული ხსნარების შეყვანისა და გამოყვანის სისტემისათვის. მემბრანებს შორის საფენები ამ სახის

აპარატებისათვის ორი ტიპისაა: მკვებავი ღრეჩოთი შუა და განაპირა ნახვრეტებში. ურთიერთსაპირისპირო ნახვრეტს გააჩნია გამდინარე არხის მკვებავი ღრეჩო.

პაკეტის აკრებისას საფენის ვერტიკალური ღერძის გარშემო მობრუნებით, იცვლება მკვებავი ღრეჩოების მდებარეობა-ღრეჩოების გადაადგილება, ერთი ნახვრეტიდან მეორეზე. ასეთნაირად იქმნებიან ერთმანეთისაგან იზოლირებული საკნების,ჯგუფები.

მუშაობის პროცესში ხსნარები უწყვეტად გაედინებიან აპარატის შესაბამის საკნებში. თითოეული ტრაქტის გამომდინარე ნაკადები ერთიანდებიან შემკრებ გამომყვან არხებში. პაკეტის განაპირა საკნები, განლაგებული უშვალოდ ელექტროდებთან, წარმოადგენენ ელექტროდულს. აპარატის კონსტრუქცია გამორიცხავს გადასამუშავებელი ხსნარების კონტაქტს ნებისმიერ დეტალებთან და კვანძებთან, გარდა ხსნარების მიმყვანი და გამყვანი შეერთებებისა, პოლიეთილენის საფენებისა და მემბრანებისა. აპარატის ჩართვის სისტემაში გათვალისწინებულია განრთვის ადგილები ტექნოლოგიურ მილგაყვანილობებთან მისაერთებლად და ელექტრული კვების ჩასართავად. მისი წყალობით აპარატი შეიძლება გადავადგილოთ აწყობილი სახით.

არსებული ელექტროდიალიზის აპარატების კონსტრუქციების და რეჟიმული პარამეტრების, ბალასტური წყლების გაწმენდის მიზნით გამოყენების შესაძლებლობის გასარკვევად, აუცილებელია პროცესის შემდგომი თეორიული და ექსპერიმენტალური კვლევები.

4.5. მემბრანული ტექნოლოგიით ფილტრაციის თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა.

4.5.1. პულსირებული დინება მილში.

მილისებრ მემბრანულ აპარატში კონცენტრაციული პოლარიზაციის შესამცირებლად ავტორების [62,63] ანლოგიურად, სადაც განხილულია პულსირებული წნევის მოქმედებით დინება ბრტყელ მემბრანულ არხში, ჩვენ განვიხილოთ სასაზღვრო

აურევადი ფენის ცვლილება მილში, სითხის წნევათა სხვაობის პერიოდული ცვლილებით. ასეთი რხევები შეიძლება განხორციელდეს დგუშის მოძრაობით ხან ერთ და ხან მეორე მხარეს. განვიხილოთ გრძელი მილი მრგვალი განივი კვეთით. ვთქვათ x არის კოორდინატა მილის ღერძის გასწვრივ, ხოლო r რადიალური დაცილება მილის შუა ნაწილიდან. შეიძლება მივიღოთ, რომ განხილული მოვლენა არ არის დამოკიდებული x კოორდინატზე, შესაბამისად x -ზე არ არის დამოკიდებული სიჩქარის მილის ღერძის გასწვრივ მდგენელი u . ამ შემთხვევაში სხვა შემადგენელი სიჩქარეებიც ქრებიან და ნავიე-სტოქსის სამი განტოლების ნაცვლად ყოველგვარი გამარტივების გარეშე ჩვენ ვიღებთ მხოლოდ ერთ განტოლებას.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \lambda \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right) \quad (4.1)$$

სასაზღვრო პირობებით როცა $r=R$ (ე.ი, მილის კედლებზე).

დავუშვათ წნევის გრადიენტი იცვლება ჰარმონიული კანონით, შესაბამისად

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = K \cos nt \quad (4.2)$$

სადაც K არის მუდმივი და ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია შემოვიტანოთ კომპლექსური ფორმა ამ განტოლების ჩასაწერად; მაშინ მივიღებთ

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = K e^{int} \quad (4.3)$$

სადაც ფიზიკური აზრი აქვს რა თქმა უნდა კომპლექსური სიდიდის ნამდვილ ნაწილს.

შემდგომში სიჩქარისათვის მივიღოთ შემდეგი გამოსახულება:

$$u(r, t) = f(r) e^{int}. \quad (4.4)$$

თუ u ამ გამოსახულებას ჩავსვამთ (4.1) განტოლებაში, ჩვენ მივიღებთ დიფერენციალურ განტოლებას ამპლიტუდის $f(r)$ განაწილებისათვის

$$f''(r) + \frac{1}{r} f'(r) - \frac{in}{\nu} f(r) = -K/\nu. \quad (4.5)$$

ამ განტოლების ამოხსნით ჩვენ ვიპოვით სიჩქარეთა განაწილებას

$$u(r, t) = -\frac{K}{n} e^{int} \left[1 - \frac{J_0 \left(r \sqrt{\frac{-in}{\nu}} \right)}{J_0 \left(R \sqrt{\frac{-in}{\nu}} \right)} \right]. \quad (4.6)$$

სადაც J_0 არის ნულოვანი რიგის პირველი სახის ბესელის ფუნქცია. განტოლების (4.1)

წრფივობის გამო ამოხსნები, შეიძლება დაედოს ერთი მეორეს. ამოხსნის (4.6) გამოკვლევა ზოგადი შემთხვევისთვის, ე.ი. ნებისმიერი n სიხშირისთვის, საკმაოდ გამწვანებულია კომპლექსურ არგუმენტის ბესელის ფუნქციის არსებობის გამო. მაგრამ ამიტომ ზღვრული შემთხვევები ძალიან მცირე და ძალიან დიდი სიხშირეებისთვის გამოიკვლევა მარტივად.

თუ უგანზომილებო სიდიდე $\sqrt{n/vR}$ ძალიან მცირეა (ზალიან ნელი რხევები), მაშინ ბესელის ფუნქციის ამონახსნის რიგად დაშლით და უკანასკნელში პირველი ორი წევრის დატოვებით, მივიღებთ

$$u(r, t) = -\frac{K}{n} e^{int} \left[1 - \frac{1 + \frac{in}{4v} r^2}{1 + \frac{in}{4v} R^2} \right]. \quad (4.7)$$

ან თუ ისევ გადავალთ ნამდვილი საგნობრივი ფორმით ჩაწერაზე,

$$u(r, t) = \frac{K}{4v} e^{int} (R^2 - r^2) = \frac{K}{4v} (R^2 - r^2) \cos nt. \quad (4.8)$$

შესაბამისად წნევების ნელი რხევების დროს, სიჩქარეების რხევები სრულდება, წნევის რხევებთან ერთ ფაზაში და სიჩქარის რხევის ამპლიტუდა, მილის დიამეტრის გასწვრივ იცვლება პარაბოლური კანონით, ე.ი. ისე, როგორც სტაციონალური დინების დროს.

თუ უგანზომილებო სიდიდე $\sqrt{n/vR}$ ძალიან დიდია (ძალიან სწრავი რხევები), მაშინ ბესელის ფუნქციის ასიმპტოტურად დაშლით და მხედველობაში მიღებით, რომ

$$J_0(z) \rightarrow \sqrt{\frac{2}{\pi z}} e^{iz} z^{-1/2}, \quad (4.9)$$

ჩვენ მივიღებთ

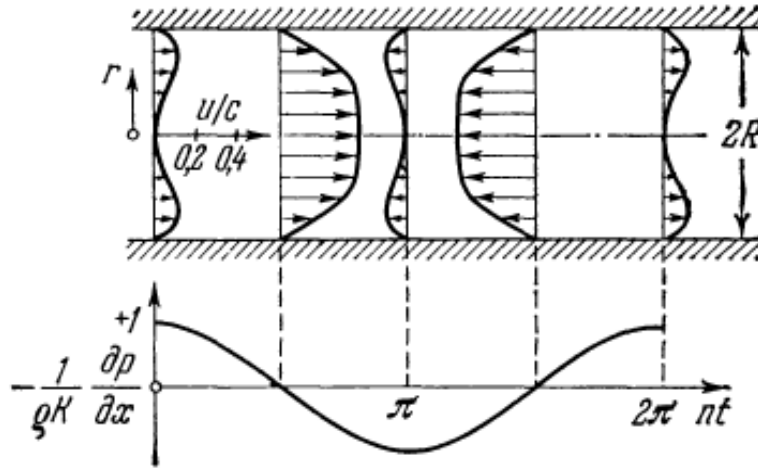
$$u(r, t) = -\frac{iK}{n} e^{int} \left\{ 1 - \sqrt{\frac{R}{r}} \exp \left[-(1+i) \sqrt{\frac{n}{2v}} (R-r) \right] \right\}. \quad (4.10)$$

ან თუ გადავალთ ნამდვილი ფორმით ჩაწერაზე

$$u(r, t) = \frac{K}{n} \left\{ \sin nt - \sqrt{\frac{R}{r}} \exp \left(-\sqrt{\frac{n}{2v}} (R-r) \right) \sin \left[nt - \sqrt{\frac{n}{2v}} (R-r) \right] \right\}. \quad (4.11)$$

$\sqrt{n/vR}$ დიდი მნიშვნელობებისთვის მეორე წევრი ფიგურულ ფრჩხილებში კედლიდან

დაცილებების $R-r$ გაზრდით სწრაფად მცირდება, ამიტომ შორს კედლიდან გავლენას ახდენს მხოლოდ პირველი წევრი, რომელიც არაა დამოკიდებული კედლიდან დაცილებაზე. შესაბამისად ამოხსნას (4.11) აქვს სასაზღვრო ფენისათვის მახასიათებელი თვისებები. კედლიდან დიდ მანძილზე სითხის რხევები ხდება ხახუნის გარეშე და ფაზაში, რომელიც აღმგზნები ძალის რხევის ფაზისაგან დამრულია პერიოდის ნახევარით.



ნახ. 4.15. სიჩქარის განაწილება მილში სითხის პულსირებული დინების დროს რხევის სხვა და სხვა პერიოდში. წნევის გრადიენტი -

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho K \cos(nt); \quad K = \sqrt{\frac{n}{\nu R}} = 5c = \frac{Kk^2}{8n} = 3,125 K/m.$$

ნახ. 4.15 გამოსახულია მილში ოსცილირებადი დინების სიჩქარეთა პროფილი $(\sqrt{\frac{n}{\nu R}} = 5)$ საშუალო სიხშირის რხევების პერიოდის სხვადასხვა დროებში.

ქვემოთ გამოხაზული წნევის გრადიენტის დროის მიხედვით ცვლილების მრუდიდან, ცხადად ჩანს მილის შუაში დინების ფაზის წინსწრება, კედლის მხოლობლობაში მდებარე ფენებთან შედარებით.

სიჩქარის ცვლილების კვადრატის საშუალო მნიშვნელობა, რომელიც ძნელი არ არის დავინახოთ (4.11) ფორმულიდან, ტოლია

$$\overline{u^2(r)} = \frac{R^2}{2n^2} \left\{ 1 - 2 \sqrt{\frac{R}{r}} \exp \left[-\sqrt{\frac{n}{2\nu}} (R-r) \right] \cos \left[\sqrt{\frac{n}{2\nu}} (R-r) \right] + \frac{R}{r} \exp \left[-2 \sqrt{\frac{n}{2\nu}} (R-r) \right] \right\}. \quad (4.12)$$

თუ დაცილება კედლიდან $y = R-r$ მცირეა R რადიუსთან შედარებით, მაშინ

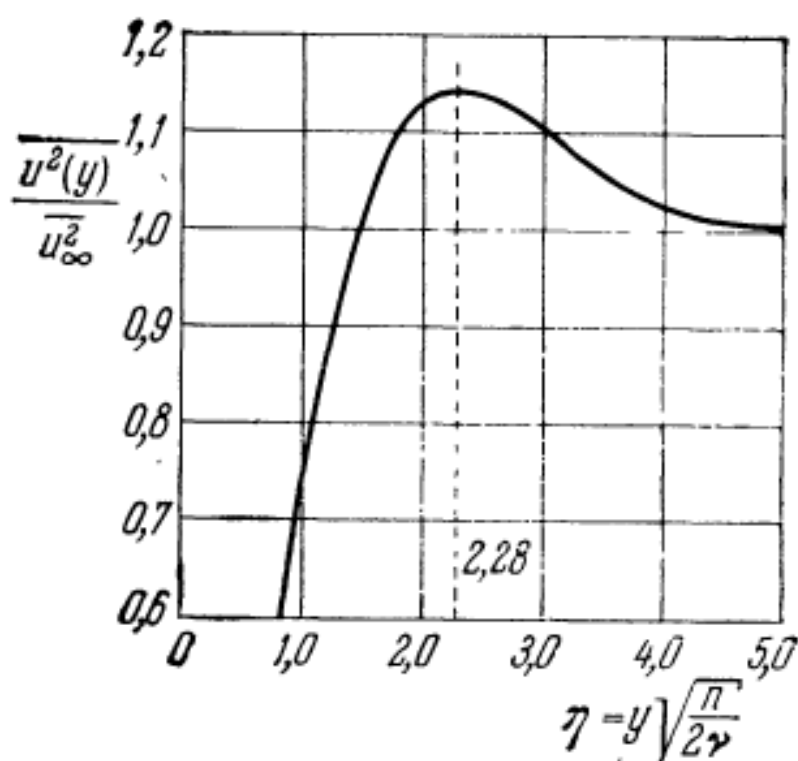
ფარდობა R/r მიახლოებით ტოლია ერთის. მაშინ თუ შემოვიღებთ კედლიდან უგანზომილებო დაცილებას

$$\eta = (R - r) \sqrt{\frac{n}{2v}} = \gamma \sqrt{\frac{n}{2v}} \quad (4.13)$$

წინა ფორმულიდან ჩვენ მივიღებთ

$$\frac{\overline{u^2(y)}}{K^2/2n^2} = 1 - 2 \cos \eta \exp(-\eta) + \exp(-2\eta). \quad (4.14)$$

ამ ფორმულით გამოთვლილი გასაშუალოებული სიჩქარის კვადრატის განაწილება ნაჩვენებია ნახ. 4.16.



ნახ. 4.16. დროის მიხედვით სიჩქარის კვადრატის გასაშუალებული მნიშვნელობის განაწილება მილში სითხის პერიოდული დინების დროს. რხევის სხვა და სხვა პერიოდში.

ჩვენ ვხედავთ, რომ ამ საშუალოს მაქსიმუმი დევს არა დიდ მანძილზე კედლიდან (ე.ი. არა მილის ღერძზე)

$$\eta = y \sqrt{\frac{n}{2v}} = 2.28 \quad (4.15)$$

y – დაცილება მილის კედლიდან; $\overline{u_z} = K^2/2n^2$ -დროის მიხედვით გასაშუალოებული სიჩქარის კვადრატის მნიშვნელობა, კედლიდან დიდ მანძილზე (ეგრეთ წოდებული რიჩარდსონის ანულიარული ეფექტი [36]). ეს თეორიული დასკვნა კარგად ემთხვევა ე.გ.რიჩარდსონის და ე.ტაილერის გაზომვების შედეგებს.

4.5.2. ექსპერიმენტალური სტენდი პულსირებული წნევის პირობებში მემბრანული გაყოფის პროცესის გამოსაკვლევად

იმისათვის, რომ მოვახდინოთ სტენდის დაპროექტება მემბრანული გაყოფის პროცესზე, პულსირებული წნევის გავლენის, ექსპერიმენტალური კვლევისათვის უპირველეს ყოვლისა შევარჩიოთ კონკრეტული მემბრანული პროცესი.

თეორიულმა კვლევამ გვიჩვენა, რომ პულსირებული წნევის მოქმედება ეფექტურია მიკროფილტრაციისთვის, როცა ის მიმდინარეობს მემბრანის ზედაპირზე ნალექის წარმოქმნით, ულტრაფილტრაციისათვის და უკუოსმოსისათვის [62,63].

უკუოსმოსსა და ულტრაფილტრაციას აქვთ ბევრი საერთო: ამ პროცესების მამოძრავებელი ძალაა წნევათა სხვაობა, მათი განხორციელებისათვის იყენებენ ერთი და იგივე მასალებისაგან დამზადებულ მემბრანებს და ანალოგიურია ამ პროცესების წარმართვისათვის საჭირო აპარატების კონსტრუქციები. ამასთან ერთად მათ შორის არის არსებითი განსხვავებები: მუშა წნევა, მემბრანების ფორის ზომები, გასაყოფი ნაწილაკების ზომები.

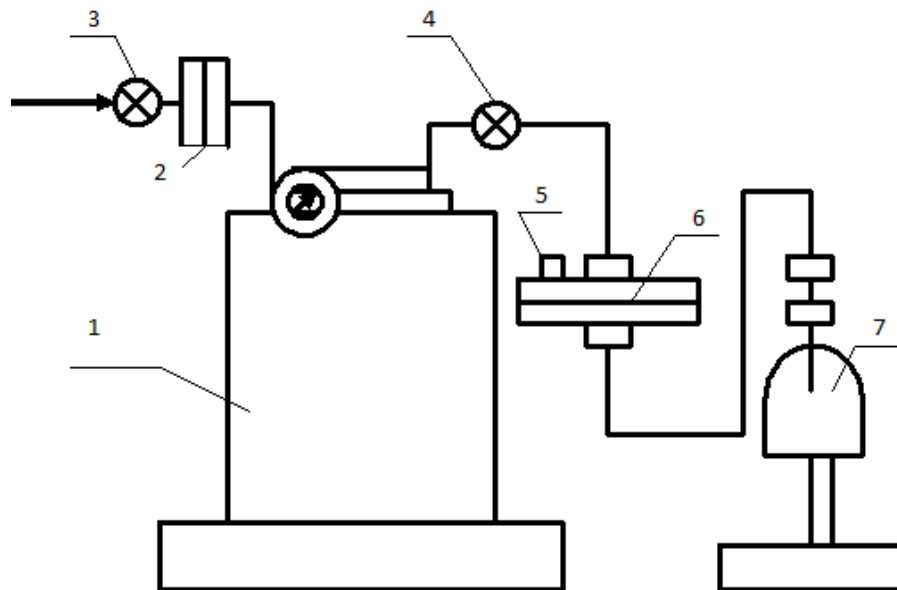
უკუოსმოსისათვის იყენებენ მემბრანებს, რომელთაც აქვთ ფორის ზომები რამოდენიმე ანგსტრემიდან რამოდენიმე ათეულ ანგსტრემამდე, ხოლო ულტრაფილტრაციისათვის – რამოდენიმე ათეული ანგსტრემიდან, რამოდენიმე ასეულ ანგსტრემამდე.

უკუოსმოსის დროს, წნევამ შეიძლება მიაღწიოს მნიშვნელოვან სიდიდემდე – რამოდენიმე ათეული მეგაპასკალი. ულტრაფილტრაციის დროს ოსმოსური წნევა უმნიშვნელოა და ის შეიძლება უგულებელვყოთ [20]. ამასთან დაკავშირებით, ულტრაფილტრაციას ჩვეულებრივ წარმართავენ დაბალ წნევებზე (0.3-დან 1.0 მპა), ხოლო უკუოსმოსს – მაღალ წნევებზე (2.0-დან 10.0 მპა) და უფრო მეტიც.

უკუოსმოსი და ულტრაფილტრაცია პრინციპულად განსხვავდება ჩვეულებრივი ფილტრაციისაგან. თუ ფილტრაციის დროს პროდუქტი კრისტალური ან ამორფული ნალექის სახით რჩება, მფილტრავი ტიხარის ზედაპირზე, უკუოსმოსისა და ულტრაფილტრაციის დროს ყალიბდება ორი ხსნარი, რომელთაგან ერთი გამდიდრებულია გახსნილი ნივთიერებებით. ამ პროცესებში გახსნილი ნივთიერებების დაგროვება მემბრანის ზედაპირთან დაუშვებელია, რადგანაც ამას მივყავართ მემბრანების სელექციურობის და გაღწევადობის მკვეთრ შემცირებასთან.

იმისათვის, რომ მოვახდინოთ გამოყენებული მემბრანების შერჩევა, პულსირებული წნევის შემთხვევაში პროცესის კინეტიკის დადგენა და საწარმოო აპარატის კონსტრუქციის დადგენა, უნდა ვაწარმოოთ პროცესების ექსპერიმენტალური კვლევა, რისთვისაც ვიყენებთ ექსპერიმენტულ სტენდებს. (ნახ.4.17., 4.18.,4.19.).

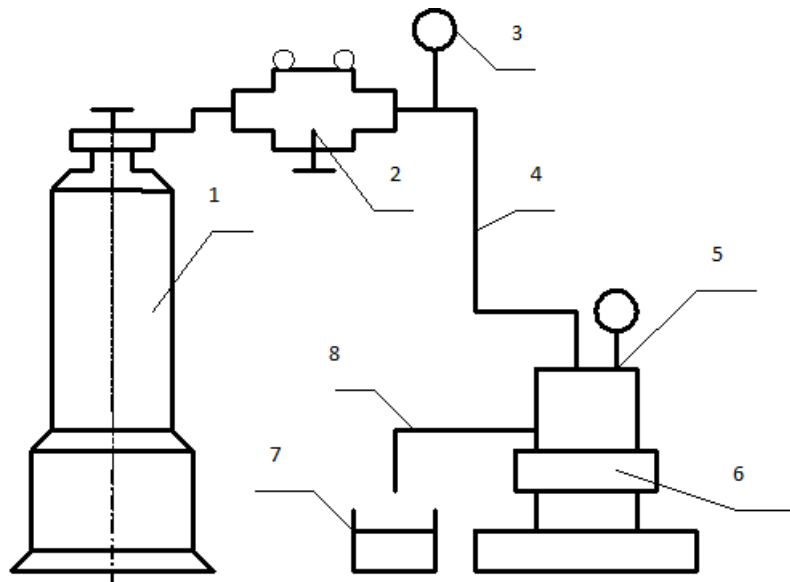
მრავალრიცხოვანი ლაბორატორიული დანიშნულებისათვის საკმარისია სრულიად მარტივი მოწყობილობები, მაგრამ მიკრო და ულტრაფილტრებზე მუშაობის დროს, სასურველია გვქონდეს სპეციალური დანადგარები. ფირმები “მილიპორი”, “ამიკონი” და “ნუკლეოპორი”, ულტრაფილტრებთან სამუშაოდ აწარმოებენ აპარატურის ფართო სპექტრს. ვინაიდან მიკრო და ულტრაფილტრაციის წარმართვისათვის წნევათა სხვაობა არ არის დიდი, შეიძლება გამოვიყენოთ პერისტალტიკური ტუმბო, ან შეკუმშული ინერტული აირი.



ნახ.4.17. “მილიპორის” ფირმის მემბრანული დანადგარის პრინციპული სქემა

მემბრანების შერჩევას ვაწარმოებთ, ჩვენს ლაბორატორიაში არსებულ დანადგარზე, რომლის პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ.4.17. ამ სტენდზე გამოყენებული მემბრანული უჯრედი, არ იძლევა გასაყოფი ხსნარის არევის საშუალებას და ვერ მოვახდენთ კონცენტრაციული პოლიარიზაციის მავნე გავლენის შემცირებას.

გასაყოფ ხსნარს ვასხამთ მემბრანულ უჯრედში 5, ზედა მილტუჩზე გაკეთებული ნახვრეტიდან, რომელსაც შემდეგ ვხურავთ ხრახნიანი საცობით. პერმეატს ვიღებთ მილყელიდან 8, რომელიც გაკეთებულია ქვედა მილტუჩზე. მემბრანულ უჯრედში მოთავსებული ამრევი ფრთის მოძრაობაში მოყვანა ხდება მაგნიტური ამრევის 6. საშუალებით.



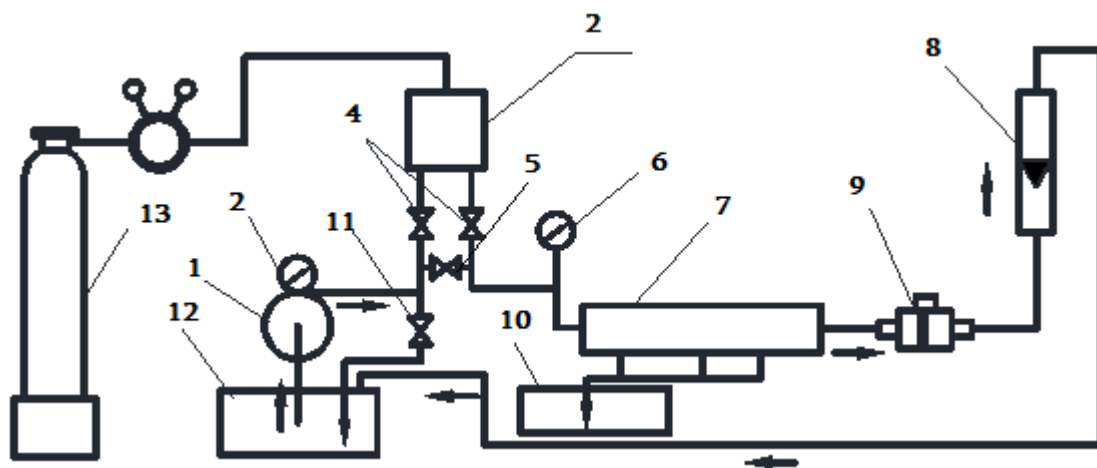
ნახ. 4.18. ჩიხური მიკრო და ულტრაფილტრაციის ლაბორატორიული დანადგარის სქემა

1- ბალონი აირით; 2-რედუქტორი; 3-მანომეტრი; 4-მილი; 5-მემბრანული უჯრედი ამრევით; 6-მაგნიტური ამრევი; 7-ფილტრატის შემკრები; 8-ფილტრატის გამომყვანი მილი.

მეორე ტიპის ლაბორატორიული დანადგარი (ნახ.4.19.) დანიშნულია მიკრო და ულტრაფილტრაციის პროცესის კინეტიკაზე, სხვადასხვა ფაქტორების გავლენის შესასწავლად გამდინარე რეჟიმში. იგი შესდგება პერისტალტიკური ტუმბოსაგან 1, ჰიდროაკუმულატორისაგან 3, მემბრანული აპარატისაგან 7, ჭურჭლისაგან საწყისი

ხსნარისათვის 12, ონკანებისაგან 4, 5 და 11, პერმეატის შემკრებისაგან 10. წნევათა სხვაობას მემბრანული აპარატის შესასვლელში და გამოსასვლელში აჩვენებენ მანომეტრები 6. და 9. ჰიდროაკუმულატორი დანიშნულია წნევის რხევის ჩასახშობად, რაც გამოწვეულია პერისტალტიკური ტუმბოთი ნაკადის პულსირებული მიწოდებით. ჰიდროაკუმულატორის დამუხტვა შეკუმშული აირით ხდება ბალონიდან 13.

დანადგარი მუშაობს შემდეგი სქემით: სახარჯო ავზიდან 12. გასაყოფი ხსნარი მიეწოდება მემბრანულ აპარატს 7. მემბრანულ აპარატში წნევის მოქმედებით გამხსნელის ნაწილი გადის მემბრანაში და იკრიბება პერმეატის შემკრებში 10. ცირკულირებული ხსნარი ისევ ხვდება სახარჯო ავზში. ცირკულირებას ვიყენებთ ერთის მხრივ იმიტომ, რომ აპარატში ერთ გავლაზე არ ხერხდება საჭირო საბოლოო კონცენტრაციის მიღება და მეორეს მხრივ საჭიროა მემბრანის ზედაპირის გასწვრივ სითხის ნაკადის მნიშვნელოვანი სიჩქარის შექმნა.



ნახ.4.19. მემბრანებს შორის არხში პულსირებული წნევის მოქმედების დროს კოლოიდური ხსნარების მიკრო და ულტრაფილტრაციის კინეტიკის შესწავლისათვის განკუთვნილი ექსპერიმენტალური სტენდის სქემა:

1-პერისტალტიკური ტუმბო; 2-ტახომეტრი; 3-ჰიდროაკუმულატორი; 4,5,11- ონკანები; 6-მანომეტრი; 7-გამდინარე უჯრედი; 8-ხარჯმზომი; 9-ონკან-მანომეტრი; 10- პერმეატის შემკრები; 12-სახარჯო ჭურჭელი; 13- ბალონი დაჭირხნული აზოტით

იმისათვის, რომ მოვახდინოთ ბალასტის წყლის მიკრო და ულტრაფილტრაციისათვის მემბრანების შერჩევა, პულსირებული წნევის შემთხვევაში, პროცესების კინეტიკის შესწავლა და საწარმოო აპარატის კონსტრუქციის დადგენა

კვლევები, ვაწარმოეთ ექსპერიმენტალურ სტენდებზე, რომელთა შემადგენლობაში შედის:

- 1) მემბრანული უჯრედი ამრევის გარეშე;
- 2) მემბრანული უჯრედი ამრევით ;
- 3) მაგნიტური ამრევი;
- 4) რესივერი;
- 5) აზოტის ბალონი;
- 6) მანომეტრები;
- 7) აირის რედუქტორი;
- 8) მენზურები
- 9) დამაკავშირებელი შლანგები და არმატურა;
- 10) მემბრანა 15458-050N (სარტორიუსის ფირმის);
- 11) ფტოროპლასტის მემბრანა (შ. რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, მემბრანული ტექნოლოგიის დეპარტამენტი);
- 12) მემბრანა YIIM-600.

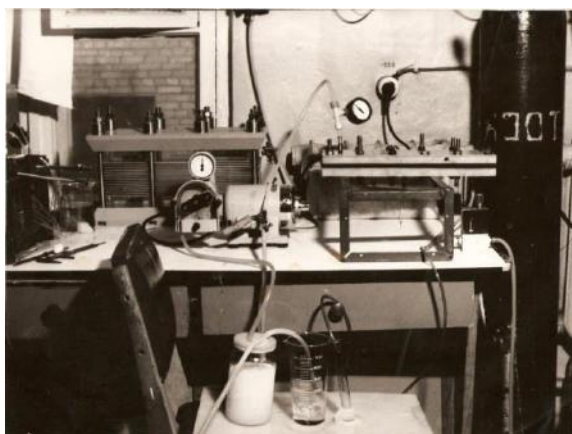
სტენდების სურათები ნაჩვენებია ნახ.4.20, ნახ.4.21 და ნახ.4.22.



ნახ.4.20.წნევის ქვეშ ფილტრაციის მემბრანული დანადგარის საერთო ხედი



ნახ.4.21. ჩიხში ულტრაფილტრაციის ამრევიანი მემბრანული უჯრედი



ნახ. 4. 22. გამდინარე ტიპის ულტრაფილტრაციის ლაბორატორიული დანადგარის საერთო ხედი

4.5.3. მემბრანული გაყოფის პროცესზე პულსირებული წნევის გავლენის ექსპერიმენტალური კვლევა

შემოთავაზებული თეორიული დასკვნების ექსპერიმენტალური შემოწმებისათვის, ჩავატარეთ ლაბორატორიული კვლევები. ულტრაფილტრაციის პროცესის კინეტიკაზე, პულსირებული წნევის გავლენის ექსპერიმენტალური კვლევა, ვაწარმოვეთ გამდინარე ტიპის უჯრედზე.

„პულსირებულ“ რეჟიმში ულტრაფილტრაციის წარმართვისათვის დანიშნული, ლაბორატორიული დანადგარის საერთო ხედი ნაჩვენებია სურათზე (ნახ.4.19).

დანადგარი შესდგება გამდინარე უჯრედისგან 7, პერისტალტიკური ტუმბოსაგან 1, რომელიც ქმნის პულსირებულ წნევას. მატარის, რომელზედაც დასმულია გორგოლაჭები, ბრუნვის სიხშირის ცვლილებით, შეიძლება შევცვალოთ წნევის

პულსაციის სიხშირე. პულსაციის ამპლიტუდის შესაცვლელად და რეჟიმში „პულსაციის გარეშე“ სამუშაოდ სქემაში გათვალისწინებულია დემფერი 3, რომელშიც უკუ წნევა იქმნება შეკუმშული აირით (აზოტით). სისტემაში წნევის მუდმივი გრადიენტი დგება ვენტის-მანომეტრით 9. მემბრანულ არხში გამდინარე ნაკადის ხარჯის გასაზომად გათვალისწინებულია ხარჯზომი 8, რომლის ჩვენებისა და არხის პარამეტრების მიხედვით ვადგენთ, მემბრანის გასწვრივ ნაკადის სიჩქარეს.

დანადგარი მუშაობს ორ რეჟიმში: „პულსაციით“ და „პულსაციის გარეშე“. პირველი რეჟიმით მუშაობისას სისტემიდან ამორთვება დემფერი, ამისათვის ვკეტავთ ონკანებს 4. და ვაღებთ ონკანს 5. გასაყოფი ხსნარი სახარჯო ავზიდან 12. პულსირებული ნაკადით მიეწოდება უჯრედს, ხსნარის ნაწილი მემბრანის გავლით ხვდება პერმეატის შემკრებში 10, ნარჩენი ბრუნდება სახარჯო ჭურჭელში და ასე ცირკულირებს. პულსაციის სიხშირის შესაცვლელად მატარის ბრუნთა რიცხვის ცვლილებამ, რომ არ გამოიწვიოს გამდინარე ნაკადის სიჩქარის და სისტემაში წნევის ცვლილება, გათვალისწინებულია სათადარიგო ხაზი ონკანით 11. მეორე რეჟიმით მუშაობისას ონკანს 5 ვკეტავთ, ხოლო ვენტისებს 4. ვაღებთ და დემფერში 3. მიეწოდება შეკუმშული აირი, სისტემაში პულსაციის ჩასახშობად.

ვღებთ ვატარებდით კოლოიდური ხსნარების (დაკალიბრებული ლატექსი, ზღვის წყალი, ბალასტის წყალი), ულტრაფილტრაციის დროს უგანზომილებო კომპლექსის

$$\eta = (R - r) \sqrt{\frac{R}{2v}}$$

სიდიდის (ცვლილით წნევის პულსაციის ცვლილებით 1 წმ⁻¹-დან 12 წმ⁻¹-მდე) მემბრანების გაღწევადობაზე გავლენის დასადგენად.

ექსპერიმენტს ვატარებდით შემდეგი თანმიმდევრობით: ვადგენდით მემბრანების გაღწევადობას დისტილირებულ წყალზე. პულსაციის სხვა და სხვა სიხშირის დროს რეჟიმში „პულსაციით“, ვყოფდით კოლოიდურ ხსნარებს. ვადგენდით მემბრანების გაღწევადობის დამოკიდებულებას პროცესის ხანგრძლივობაზე და პულსაციის სიხშირეზე. შემდეგ რეჟიმში „პულსაციის გარეშე“ ვადგენდით გამოსაკვლევი ხსნარების ულტრაფილტრაციის დროს, მემბრანების გაღწევადობის დამოკიდებულებას პროცესის ხანგრძლივობაზე. გაყოფის პროცესის დამთავრების შემდეგ, ვამოწმებდით წყალგამტარებლობას დისტილირებულ წყალზე, რეჟიმებში „პულსაციის გარეშე“ და „პულსაციით“.

კოლოიდური ხსნარად პულსირებულ რეჟიმში, ულტრაფილტრაციის დროს შერჩეული იქნა, პოლისტიროლური ლატექსის მოდელური ხსნარი, ზღვის წყალი და სხვადა სხვა ბალასტური წყალი. პოლისტიროლური ლატექსი იძლევა კოლოიდურ ხსნარს და შესაძლებელია უფრო ნათელი სურათის მიღება, რომელიც ასახავს წნევის პულსაციის გავლენას ულტრაფილტრაციის მემბრანების გაღწევადობაზე, აგრეთვე შესაძლებელია ნაწილაკების დისპერსულობის ვარირება და ამით რეალური ხსნარების იმიტირება.

4.5.4. მემბრანების გაღწევადობის და სელექციურობის პულსირებულ წნევაზე დამოკიდებულების ექსპერიმენტალური კვლევა

პირველ რიგში მოვახდინეთ დასამუშავებელი ნიმუშების ანალიზი [47,48,49,59,60] კანონმდებლობის შესაბამისად:

ცხრილი14

ყულევის ნავსადგურში ტანკერიდან –“Metin K “...აღებული ბალასტური წყლის ანალიზი

N	მაჩვენებლები	ნიმუში	ნორმა	უ.ფ.დ.შ.	უ.ო.დ.შ.
1.	წყალში გახსნილი ჟანგბადი	8,1 მგ/ლ	6,0 მგ/ლ	7,0 მგ/ლ	6,5 მგ/ლ
2.	pH	7,9	6,5–8,5	7,9	7,9
3.	მარილიანობა	15,9 მგ/ლ	19,0–22,0‰	15 მგ/ლ	6,0 მგ/ლ
4.	შეწონილი ნაწილაკები	2,0 მგ/ლ	30 მგ/ლ	0	0
5.	სპილენძი	0,9 მგ/ლ	0,001 მგ/ლ	0,0009 მგ/ლ	0
6.	რკინა	0,06 მგ/ლ	0,005 მგ/ლ	0	0
7.	ნიტრატები	1,3 მგ/ლ	40 მგ/ლ	0,4 მგ/ლ	0,2 მგ/ლ
8.	ნიტრიტები	0,35 მგ/ლ	0,08 მგ/ლ	0,06 მგ/ლ	0,01მგ/ლ
9.	ამიაკი	0,05 მგ/ლ	0,39 მგ/ლ	0,05 მგ/ლ	0,01 მგ/ლ
10.	საერთო აზოტი	1,6 მგ/ლ	50 მგ/ლ	1,6 მგ/ლ	0,2 მგ/ლ
11.	ფოფორი საერთო	0,2 მგ/ლ	0,0001 მგ/ლ	0,00009 მგ/ლ	0
12.	БПК 5–ჟბმ –ჟანგბადის ბიოქიმიური	5,7 მგ/ლ	არ უნდა	6,0 მგ/ლ	6,0 მგ/ლ

	მოთხოვნილება		იყოს 3 მგ/ლ -ზე		
13.	XПК	15 მგ/ლ	15 მგ/ლ-30 მგ/ლ -ზე	6,0 მგ/ლ	6,0 მგ/ლ
14.	ნავთობროდუქტები	0,7 მგ/ლ	0,05 მგ/ლ	0,021 მგ/ლ	0

ცხრილი 15

ყულევის ნავსადგურში ტანკერიდან "Seaespress" აღებული ბალასტური წყლის ანალიზი

N	მაჩვენებლები	ნიმუში	ნორმა	უ.ფ.დ.შ.	უ.ო.დ.შ.
1.	წყალში გახსნილი ჟანგბადი	8,4 მგ/ლ	6,0 მგ/ლ	7,0 მგ/ლ	6,0 მგ/ლ
2.	pH	7,9	6,5-8,5	7,9	7,9
3.	მარილიანობა	16,7 მგ/ლ	19,0-22,0‰	1 6,0 მგ/ლ	4,8 მგ/ლ
4.	შეწონილი ნაწილაკები	2,0 მგ/ლ	30 მგ/ლ	0	0
5.	სპილენძი	0,7 მგ/ლ	0,001 მგ/ლ	0,0009 მგ/ლ	0
6.	რკინა	0,09 მგ/ლ	0,005 მგ/ლ	0	0
7.	ნიტრატები	1,35 მგ/ლ	40 მგ/ლ	0,04 მგ/ლ	0,02 მგ/ლ
8.	ნიტრიტები	0,4 მგ/ლ	0,08 მგ/ლ	0,06 მგ/ლ	0,01 მგ/ლ
9.	ამმიაკი	0,07 მგ/ლ	0,39 მგ/ლ	0,05 მგ/ლ	0,01 მგ/ლ
10.	საერთო აზოტი	1,9 მგ/ლ	50 მგ/ლ	1,8 მგ/ლ	0,2 მგ/ლ
11.	ფოფორი საერთო	0,21 მგ/ლ	0,0001 მგ/ლ	0	0
12.	БПК 5-ჟბმ -ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება	5,9 მგ/ლ	არ უნდა იყოს 3 მგ/ლ - ზე	6,0 მგ/ლ	6,0 მგ/ლ

13.	XPK	15,8 მგ/ლ	15 მგ/ლ–30 მგ/ლ –ზე	6,0 მგ/ლ	6,0 მგ/ლ
14.	ნავთობროდუქტები	0,5 მგ/ლ	0,05 მგ/ლ	0,015	0

ცხრილი16

ბათუმის ნავსადგური – N 5 ნავმისადგომთან ჩამდინარე წყლების სინჯი 2016.04

წყლის t°	12° C	უ.ფ.დ.შ.	უ.ო.დ.შ.
შეფერილობა	უფერო	უფერო	უფერო
სუნი (ბალებში)	1 ბალი	1 ბალი	1 ბალი
ნალექი	არ არის	არ არის	არ არის
გამჭვირვალობა	გამჭვირვალე	გამჭვირვალე	გამჭვირვალე
შეწონილი ნაწილაკები	4,0 მგ/ლ	0	0
მშრალი ნაშთი	–	-	-
ქლორიდები	–	-	-
PH	8,5	6,5	6,0
ნარჩენი ქლორი	–	-	-
ამონიუმი	1,67 მგ/ლ	1,2	0
ნიტრატები	–	-	-
ხსნადი ჟანგბადი	5,9 მგ/ლ	6 მგ/ლ	6 მგ/ლ

ცხრილი17

ბათუმის ნავსადგური – ტანკერი „ Cassiopea Star” – სამეურნეო ფეკალური წყლების სინჯი–გამწმენდი ნაგებობის გამშვები მილიდან– 2016 .02.

წყლის t°	10° C	უ.ფ.დ.შ.	უ.ო.დ.შ.
შეფერილობა	ყვითელი	უფერო	უფერო
სუნი (ბალებში)	5 ბალი	1ბალი	1 ბალი
ნალექი	არის	არ არის	არ არის
გამჭვირვალობა	მღვრიე	გამჭვირვალე	გამჭვირვალე

შეწონილი ნაწილაკები	58 მგ/ლ	0	0
მშრალი ნაშთი	–	-	-
ქლორიდები	–	-	-
PH	5,3	6	7
ნარჩენი ქლორი	13,0 მგ/ლ	3 მგ/ლ	1 მგ/ლ
ამმონიუმი	–	-	-
ნიტრატები	–	-	-
ხსნადი ჟანგბადი	3,8 მგ/ლ	4,4 მგ/ლ	4 მგ/ლ

ცხრილი18

ბათუმის ნავსადგური – გემი „ვოლგო –ბალტი –213“ – სამეურნეო
ფეკალური წყლების სინჯი– 2016 .04.

წყლის t°	11° C	უ.ფ.დ.შ.	უ.ო.დ.შ.
შეფერილობა	ღია ყვითელი	უფერო	უფერო
სუნი (ბალებში)	2 ბალი	1 ბალი	1ბალი
ნალექი	არის	არ არის	არ არის
გამჭვირვალობა	მღვრიე	გამჭირვალე	გამჭირვალე
შეწონილი ნაწილაკები	–	-	-
მშრალი ნაშთი	–	-	-
ქლორიდები	–	-	-
PH	5,	6	6,5
ნარჩენი ქლორი	–	-	-
ამმონიუმი	–	-	-
ნიტრატები	–	-	-
ხსნადი ჟანგბადი	–	-	-
ნავთობპროდუქტი	4,0 მგ/ლ	0,1მგ/ლ	0

ექსპერიმენტების პირობები და შედეგები მოცემულია ცხრილებში 19 და 20. საიდანაც ნათლად ჩანს, რომ მემბრანების გაღწევადობა რეჟიმში „პულსაციით“, ულტრაფილტრაციის სიჩქარე თითქმის არ იცვლება, ხოლო დისტილირებული წყლით, გარეცხვის დროს, საშუალოდ 70%-ით აღემატება მემბრანების გაღწევადობას, რეჟიმში „პულსაციის გარეშე“.

ცხრილი 19

ლატექსის ხსნარისა და ზღვის წყლის მემბრანებზე VAM – 450

ულტრაფილტრაციის ექსპერიმენტალური მონაცემები

№	25 მლ ფილტრატის გამოდინების დრო, წამებში			
	პულსაციის გარეშე $P = 0,1$ მპა		პულსაციით $P = (0,1 \pm 0,01)$ მპა, $\omega = 5$ წმ ⁻¹	
	ლატექსი	ზღვის წყალი	ლატექსი	ზღვის წყალი
1.	470	1140	318	1218
2.	474	1311	337	1213
3.	475	1315	346	1213
4.	482	1348	347	1163
5.	615	1525	347	1158
6.	620	1602	347	1200

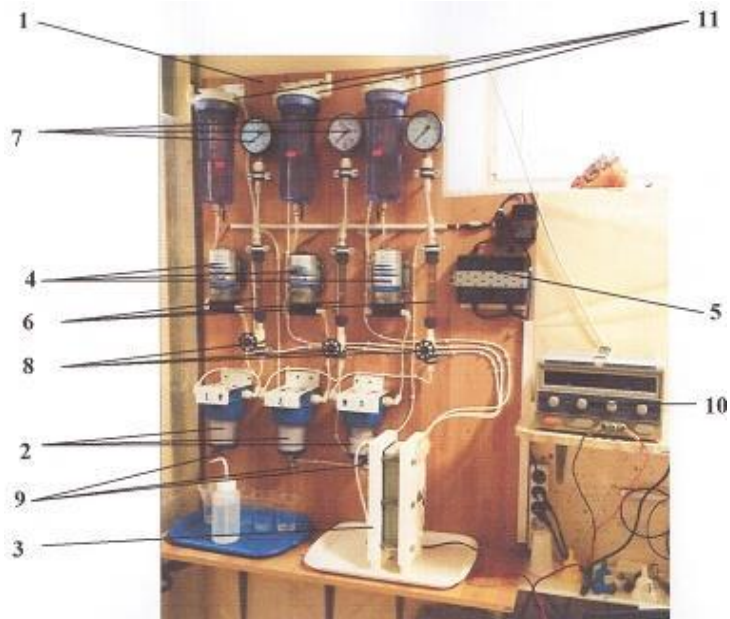
ცხრილი 20

ექსპერიმენტული მონაცემები დისტილირებული წყლით მემბრანების გარეცხვის პროცესში

№	25 მლ ფილტრატის გამოდინების დრო, წამებში	
	პულსაციის გარეშე $P = 0,12$ მპა	პულსაციით $P = (0,1 \pm 0,01)$ მპა, $\omega = 5$ წმ ⁻¹
	1.	1260
2.	1020	580
3.	1020	506
4.	980	480
5.	980	468
6.	980	460

4.5.5. ელექტროდიალიზის ექსპერიმენტული კვლევა

ჩვენს მიერ შექმნილი იქნა ელექტროდიალიზის ლაბორატორიული დანადგარი (ნახ.4.23), რომელიც დანიშნულია გამტკნარების, ხსნარების კონცენტრირების, ახალი ნივთიერებების სინთეზის, pH კორექტირების, ამინომჟავების გაყოფის, შესაბამისი მარილების ხსნარებიდან მჟავებისა და ტუტეების მიღების, ორგანული ხსნარებიდან არაორგანული შენაერთების მოცილების პროცესების შესასწავლად [1-5].



ნახ.4.23 ელექტროდიალიზის ლაბორატორიული დანადგარი

დანადგარი დამზადებულია კედლის სტენდის (1) სახით, რომელზედაც განლაგებულია დამოუკიდებლად და დამონტაჟებულია: ხსნარების მექანიკური ფილტრაციის ბლოკი(2), ელექტროდიალიზის მემბრანული აპარატი(3), ტუმბოების ბლოკი (4) ელექტრული კვების წყაროებით (5), ჰიდრავლიკური პულტი როტამეტრებით (6), მანომეტრებით (7), მარეგულირებელი ონკანებით (8), სინჯის ასაღები ონკანებით (9) და აპარატის ელექტრული კვების წყარო (10). მუშა ტევადობები (11), გამომშვები ონკანებით. მუშა ტევადობების ზედა ნაწილში გათვალისწინებულია შემაჯავალი ნახვრეტები, მუშა ხსნარების ძაბრით ჩასასხმელად. ელექტროდიალიზის აპარატი თავსდება მუშა მაგიდაზე, სურათზე მოყვანილი განლაგების ანალოგიურად.

წინამდებარე სამუშაოში ჩატარებულია, ნატრიუმის ქლორიდის 20, 10 და 1% (ცხრ.21,22,23) ხსნარების ელექტროდიალიზის პროცესების კვლევა. მოდელოზ ხსნარად ვიყენებდით სხვადასხვა კონცენტრაციის NaCl ხსნარს; მუდმივი დენის წყაროდ – გამმართველს HY3005C, რომელიც საშუალებას გვაძლევდა მიგველო დენის სიმკვრივე 15მა/სმ²-მდე.

ცხრილი 21

NaCl საწყისი კონცენტრაცია ≈20 გ/ლ

№	დრო ,(წთ)	დენისძა ლა,(ა)	ძაბვა,(ვ)	მარილშემცველობა(TDS)	კონცენტრაციის შემცირება,(%)
---	--------------	-------------------	-----------	----------------------	--------------------------------

				კონცენტრატი,(გ/ლ)	გამრეცხი წყალი,(გ/ლ)	პროდუქტი,(გ/ლ)	
1	0	20,3	130	21,15	7,15	20,85	–
2	5	20,4	132	25,0	–	17,25	17,27
3	10	20,4	136	26,75	–	13,0	24,64
4	15	20,4	144	28,5	–	9,25	28,85
5	20	20,3	163	29,5	–	4,20	54,59
6	25	19,0	326	30,5	–	1,08	74,29
7	30	9,9	444	30,8	–	0,250	76,85
8	35	7,0	458	31,0	7,10	0,126	49,60

ცხრილი 21 შედეგების ანალიზიდან ჩანს რომ, როცა NaCl მარილის საწყისი კონცენტრაცია ტოლია 20,85გ/ლ, ცდის მსვლელობის დროს პირველი 15 წთ NaCl ხსნარი კარგავს 20% NaCl, 20 წუთის განმავლობაში ხსნარი იწყებს უფრო სწრაფად გასუფთავებას, კარგავს 70% NaCl. უკანასკნელ 5 წუთში გამტკნარება კვლავ ნელდება ხსნარი კარგავს მხოლოდ 5% მარილს. დენი თითქმის მუდმივია, მაგრამ მოულოდნელად იწყებს შემცირებას, ეს ხდება იმიტომ, რომ დაბალი კონცენტრაციის ელექტროლიტი ღარიბია ვიდრე მაღალი კონცენტრაციის. ბოლოში კონცენტრატის მარილშემცველობა შეადგენს 31,0გ/ლ, რაც ახლოსაა NaCl მარილის გახსნის ზღვართან. ეს ნიშნავს, რომ პროცესი გრძელდება კონცენტრატის განზავების გარეშე და მარილის ხსნარში, შეიძლება გამოიყოს კრისტალები და არის შესაძლებლობა მივიღოთ ორი პროდუქტი: NaCl მარილი და წყალი.

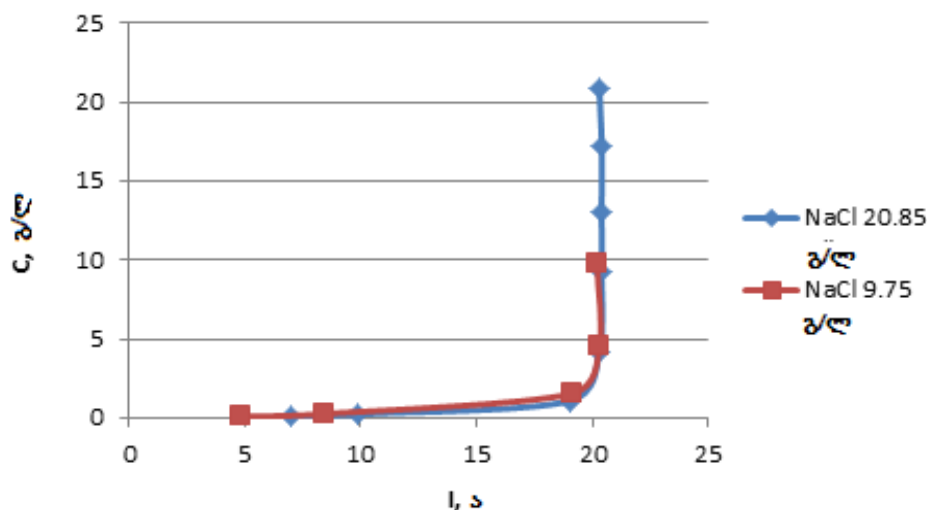
ცხრილი 22

NaCl საწყისი კონცენტრაცია ≈10 გ/ლ

№	დრო,(წთ)	დენისძალა,(ა)	ძაბვა,(ვ)	მარილშემცველობა(TDS)			კონცენტრაციის შემცირება,(%)
				კონცენტრატი,(გ/ლ)	გამრეცხი წყალი,(გ/ლ)	პროდუქტი,(გ/ლ)	
1	0	20,2	168	10,55	8,3	9,75	–

2	5	20,3	182	14,8	–	4,50	53,85
3	10	19,1	311	16,0	–	1,55	65,56
4	15	8,4	450	17,6	–	0,27	82,58
5	20	4,8	468	17,8	8,22	0,091	66,30

ცხრილის 21 შედეგების ანალიზიდან ჩანს, რომ როცა NaCl საწყისი კონცენტრაცია იყო 9,75გ/ლ, პირველ და ბოლო 5 წთ-ში, კონცენტრაცია მცირდება 50%, ტესტის 10-დან 15 წუთამდე, კონცენტრაცია შემცირდა 80%-ით. მთლიანად ელექტროდიალიზის პროცესში, ხსნარის კონცენტრაცია შემცირდა 9,75გ/ლ-დან 0,091გ/ლ-მდე. შეიძლება აგრეთვე აღვნიშნოთ, რომ ყველა ზემოაღნიშნული გაწმენდის ხარისხი არის, როცა კონცენტრაციაა 1გ/ლ.



ნახ.4.24. NaCl კონცენტრაცია დენის ძალისაგან დამოკიდებულებით

ნახ.4.24 ზე მოცემულია NaCl კონცენტრაციის დამოკიდებულება დენის ძალაზე საიდანაც ჩანს, რომ მრუდები თითქმის იდენტურია. ეს აიხსნება იმით, რომ გასაანალიზებელი ხსნარების ქიმიური შემადგენლობა ერთნაირია. ე.ი. ერთნაირად ატარებს ელექტროდენს.

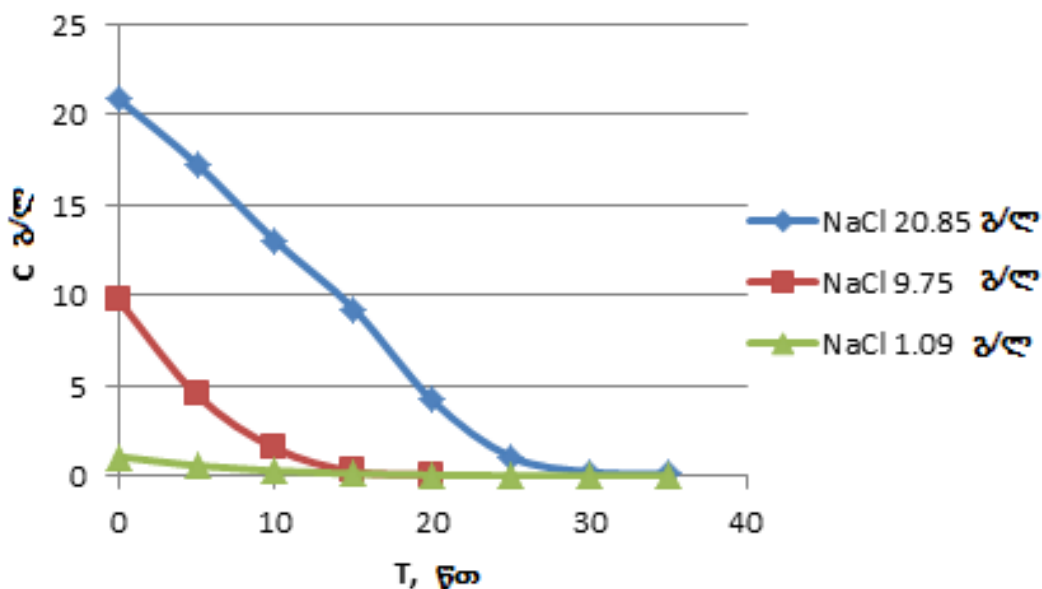
ცხრილი 23

NaCl საწყისი კონცენტრაცია ≈1გ/ლ

№	დრო ,(წთ)	დენისძა ლა,(ა)	ძაბვა,(ვ)	მარილშემცველობა(TDS)	კონცენტრაციის შემცირება,(%)
---	--------------	-------------------	-----------	----------------------	--------------------------------

				კონცენტრატი,(გ/ლ)	გამრეცხი წყალი,(გ/ლ)	პროდუქტი,(გ/ლ)	
1	0	0,5	31	2,16	3,30	1,090	-
2	5	0,3	31	2,64	-	0,596	45,32
3	10	0,2	31	3,04	-	0.303	49,16
4	15	0,1	31	3,22	-	0,147	51,49
5	20	0,1	31	3,24	-	0,0731	50,27
6	25	0,1	31	3,30	-	0,0388	46,92
7	30	0,1	31	3,33	-	0,0231	40,46
8	35	0,1	31	3,48	3,13	0,0146	36,80

მნიშვნელოვნად მცირე კონცენტრაციის ხსნარის შემთხვევაში, როცა ხსნარის მარილშემცველობა ტოლია 1,09 გ/ლ (ცხრილი 23) და ყოველ 5 წთ-ში, საშუალოდ 50%-ით ეცემა. შედეგების საფუძველზე შეიძლება ვთქვათ, რომ თუ ხსნარში მარილის NaCl საწყისი კონცენტრაცია არის 1გ/ლ, იმისათვის, რომ დავაჩქაროთ პროცესი უნდა გამოვიყენოთ ნაკლებად სელექციური მემბრანები, გაგზარდოთ ძაბვა ან მივიღოთ სხვა ახალი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილება.



ნახ.4.25 NaCl ელექტროდიალიზის სიჩქარე

ნახ.4.25-ზე მოცემულია სხვადასხვა კონცენტრაციის NaCl-ის

ელექტროდიალიზის სიჩქარე. ჩვენ ვხედავთ, რომ როცა NaCl-ის საწყისი კონცენტრაცია 9,75 გ/ლ-ია, ხსნარი ნამდვილად იწმინდება, ამ მომენტისთვის პირველ ტესტში (საწყისი კონცენტრაცია 20გ/ლ) NaCl კონცენტრაცია ხსნარში 10გ/ლ ამეტებს. მრუდის განხილვა აჩვენებს, როცა საწყისი კონცენტრაცია ტოლია 1,09გ/ლ, გამტკნარება ხდება თანაბრად. აქედან გამომდინარე შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ მემბრანა არის მეტად ეფექტური, როცა NaCl-ის კონცენტრაციაა 10გ/ლ-დან 1გ/ლ-მდე.

ნახ.4.25 წარმოდგენილი მრუდების შედარება გვიჩვენებს, რომ ექსპერიმენტის შედეგები არა მარტო ხარისხობრივ, არამედ საკმაოდ კარგ რაოდენობრივ თანხვედრაშია თეორიული გაანგარიშების მონაცემებთან. ეს ნიშნავს, რომ ჩვენ მიერ გამოყენებული მათემატიკური მოდელები, საკმაოდ ადეკვატურად აღწერენ ელექტრომემბრანული სისტემების საკნებში [64,74,75]. მიმდინარე არასტაციონალურ, არა იზოთერმულ პროცესებს.

სხვა და სხვა მარილების ხსნარების ელექტროდიალიზით, გაყოფის პროცესის ეფექტურობის გამოცდისათვის, ერთნაირ პირობებში ჩავატარეთ ელექტროდიალიზის გამოკვლევა, ერთი და იგივე საწყისი კონცენტრაციის მარილებისათვის. ცდები ჩავატარეთ ჩვენს მიერ შექმნილ ელექტროდიალიზის ლაბორატორიულ დანადგარზე. არჩეული იქნა მარილები-CaCl₂, MgSO₄ და Na₂SO₄, რადგან ძირითადად ისინი გვხდება ბუნებრივ მარილიან წყლებში.

ცხრილი 24

CaCl₂ ხსნარის გამოცდა

№	დრო ,(წთ)	დენისძა ლა,(ა)	ძაბვა,(ვ)	მარილშემცველობა(TDS)			კონცენტრაციის შემცირება,(%)
				კონცენტრატი,(გ/ ლ)	გამრეცხი წყალი,(გ/ ლ)	პროდუქტი ,(გ/ლ)	
1	0	0,6	31	2,56	3,22	1,060	-
2	5	0,4	31	3,08	-	0,5	46,51
3	10	0,2	31	3,33	-	0,294	48,15
4	15	0,2	31	3,56	-	0,140	52,38
5	20	0,1	31	3,64	-	0,0707	49,50
6	25	0,1	31	3,65	-	0,0357	49,50
7	30	0,1	31	3,67	-	0,0208	41,74
8	35	0,1	31	3,69	2,99	0,0150	27,88

ცხრილი 24-ის მონაცემების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ წყლის გამტკნარება ხდება თანაბრად მთელი პროცესის განმავლობაში. 30წთ-მდე კონცენტრაცია ყოველ 5წთ-ში მცირდება თითქმის 50%-ით, მაგრამ ხსნარის მარილშემცველობა მიდის 35,7მგ/ლ, გაწმენდის დრო მცირდება თითქმის ნახევრამდე-27%-მდე 5წთ განმავლობაში. ხსნარის საწყისი კონცენტრაცია CaCl_2 იყო- 1060მგ/ლ, ელექტროდიალიზის შემდეგ, ხსნარის კონცენტრაცია შემცირდა -15მგ/ლ-მდე.

ცხრილი 25

MgSO₄ ხსნარის გამოცდა

№	დრო ,(წთ)	დენის ძალა,(ა)	ძაბვა,(ვ)	მარილშემცველობა(TDS)			კონცენტრაციის შემცირება,(%)
				კონცენტრაცია,(გ/ლ)	გამრეცხი წყალი,(გ/ლ)	პროდუქტი, (გ/ლ)	
1	0	0,6	31	2,04	3,63	1,070	-
2	5	0,4	31	2,70	-	0,665	37,85
3	10	0,3	31	2,99	-	0,364	45,26
4	15	0,2	31	3,17	-	0,181	50,27
5	20	0,1	31	3,28	-	0,092	49,28
6	25	0,1	31	3,30	-	0,0535	41,72
7	30	0,1	31	3,41	-	0,033	38,32
8	35	0,1	31	3,42	3,44	0,0206	37,58

ცხრილი 26

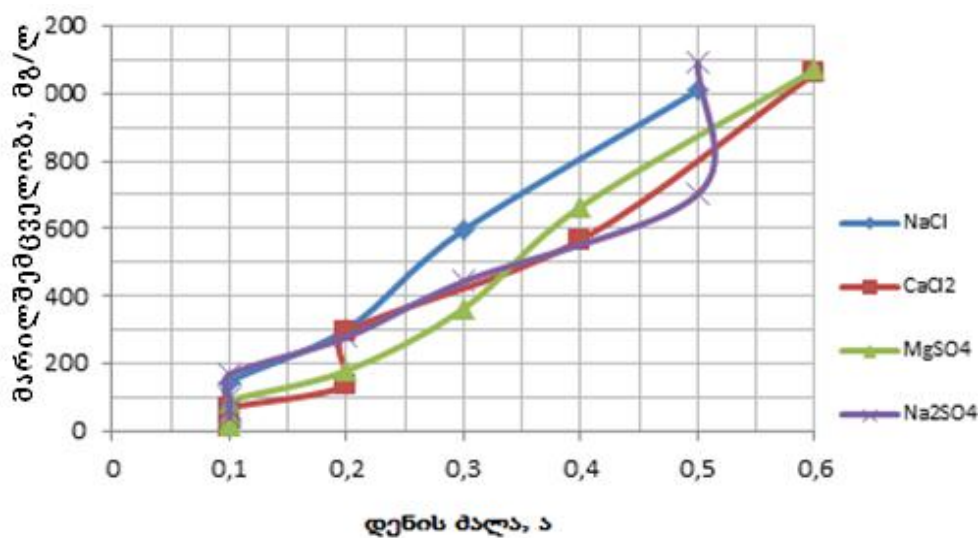
Na₂SO₄ ხსნარის გამოცდა

№	დრო ,(წთ)	დენის ძალა,(ა)	ძაბვა,(ვ)	მარილშემცველობა(TDS)			კონცენტრაციის შემცირება,(%)
				კონცენტრაცია,(გ/ლ)	გამრეცხი წყალი,(გ/ლ)	პროდუქტი, (გ/ლ)	

					ლ)		
1	0	0,5	31	2,35	3,04	1,090	–
2	5	0,5	31	2,78	–	0,702	35,60
3	10	0,3	31	3,13	-	0,444	36,75
4	15	0,2	31	3,35	-	0,280	36,94
5	20	0,1	31	3,47	-	0,170	39,29
6	25	0,1	31	3,56	-	0,103	39,41
7	30	0,1	31	3,58	-	0,066	35,73
8	35	0,1	31	3,61	2,77	0,042	36,56

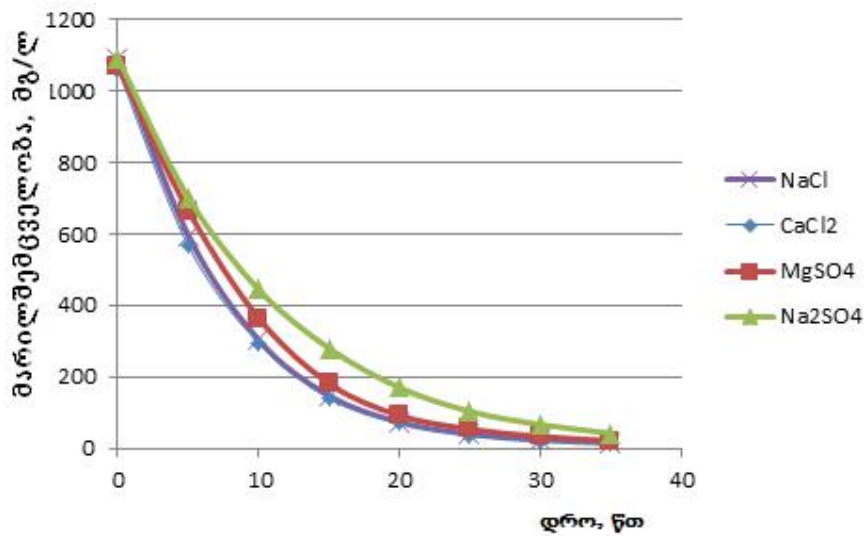
MgSO₄ ხსნარის ელექტროდიალიზის გამოცდის შედეგების ანალიზი (ცხრ.25) გვიჩვენებს, რომ გაყოფის დასაწყისში და ბოლოში კარგავს მარილის დაახლოებით 40%-ს, ხოლო 10 წთ-ის შემდეგ სიჩქარე იზრდება და ხსნარი კარგავს 50% MgSO₄-ს, ამის შემდეგ გამტკნარების დონე კვლავ მცირდება. მტკნარება რჩება არათანაბარი - 20,6მგ/ლ.

ცხრილი 26-ის მონაცემების განხილვისას აღმოჩნდა, რომ მარილის მოცილება თანაბარია ელექტროდიალიზის მთელი პროცესის განმავლობაში. ყოველ 5წთ-ში საშუალოდ კარგავს 36% Na₂SO₄. ხსნარი გავწმინდეთ 42,0 მგ/ლ კონცენტრაციამდე 35 წთ განმავლობაში.



ნახ.4.26 NaCl, CaCl₂, MgSO₄ და Na₂SO₄ მარილების კონცენტრაციის დენის ძალაზე დამოკიდებულება

ნახ.4.26-ზე მოცემულია სხვა და სხვა მარილების (NaCl, CaCl₂, MgSO₄ და Na₂SO₄) კონცენტრაციის დენის ძალაზე დამოკიდებულების გრაფიკი, საიდანაც ჩანს, რომ სისტემაში დენის ძალა ეცემა კონცენტრაციის შემცირებით. CaCl₂-ის მრუდს აქვს შესვენება-0,2 ა კონცენტრაცია 294 მგ/ლ-დან დაეცა 140 მგ/ლ კონცენტრაციამდე და 0,1 ა ზღვრულ კონცენტრაციამდე 70,7 მგ/ლ მთელი გამოცდის განმავლობაში. ეს აღნიშნავს, რომ CaCl₂ 100 მგ/ლ კონცენტრაციისას, დენს ატარებს უკეთესად, ვიდრე სხვა კონცენტრაციაზე. MgSO₄ და NaCl მრუდები არიან ერთგვაროვანი იონები, მემბრანის გავლით ტრანსპორტირდებიან ერთი და იგივე სიჩქარით. ანალოგიურად შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ მარილი წარმოქმნილია ერთგვაროვანი ანიონებისა და კათიონებისაგან. Na₂SO₄ ხსნარი ნელა იწმინდება. სხვა და სხვა ხსნარის ელექტროდიალიზის შედეგების განსხვავება გამოწვეულია იმით, რომ Cl⁻ იონები მოძრაობს SO₄⁻ იონებზე სწრაფად და კათიონები შემდეგი თანმიმდევრობით: Ca²⁺ > Mg²⁺ > Na⁺.



ნახ. 4.27 NaCl, CaCl₂, MgSO₄ და Na₂SO₄ მარილების ელექტროდიალიზის სიჩქარე

NaCl, CaCl₂, MgSO₄ და Na₂SO₄ მარილების დროის მიხედვით კონცენტრაციის ცვლილების მრუდების ანალიზი (ნახ.4.27) გვიჩვენებს, რომ NaCl და CaCl₂ მრუდები ემთხვევა, რაც ნიშნავს, რომ ელექტროდიალიზის დროს გამტკნარების პროცესი მიმდინარეობს ერთი და იგივე სიჩქარით. Na₂SO₄ მრუდი იმყოფება ყველაზე მაღლა, ეს

აიხსნება იმით, რომ ერთი და იგივე პირობებში, ერთი და იგივე პერიოდში, ხსნარის გაწმენდის ხარისხი არის უფრო მცირე. MgSO₄ მრუდი მოთავსებულია სხვა მრუდებს შორის, შესაბამისად მისი სიჩქარე არის საშუალო. სხვა გამოკვლეულ მარილებთან შედარებით. ყველა შესწავლილი მარილებიდან მეტად ეფექტურია CaCl₂ ხსნარის გაწმენდა და ორჯერ უარესია Na₂SO₄ ხსნარის გაწმენდა [57,58,59,60,61].

მიღებული შედეგების ანალიზზე დაყრდნობით, მოვახდინეთ შავი ზღვის წყლის ელექტროდიალიზით გამტკნარების პროცესის კვლევა. შავი ზღვის წყლის საშუალო მარილშემცველობაა 15-16გ/ლ, მსოფლიო ოკეანეების–35გ/ლ, ხოლო ბალტიის ზღვის წყლის–5,77გ/ლ. შავი ზღვის წყალი განვაზავეთ მტკნარი წყლით 5,77 გ/ლ კონცენტრაციამდე. შავი ზღვის წყლის ელექტროდიალიზით გამტკნარების პროცესის შედეგები მოცემულია ცხრილში 27.

ელექტროდიალიზი ყველაზე ეფექტურია, მცირე მარილშემცველობის ბუნებრივი წყლების გასამტკნარებლად. იმიტომ ავიღეთ ბალტიის ზღვის წყლის ეკვივალენტური მარილშემცველობის წყალი, ამ წყლის გამტკნარება ეფექტურია და არ მოითხოვს დიდ ენერგიას. შავი ზღვის წყლის მარილშემცველობის შესამცირებლად გაყოფა ვაწარმოვეთ უკუოსმოსის მემბრანაზე სელექციურობით 70% და შემდეგ პენტრატი გავყავით ელექტროდიალიზით. ყოველ 15 წუთში ხსნარი კარგავს 55,8% მარილებს. პროცესის წარმართვის განმავლობაში (45წთ) წყალი მტკნარდება 51,2 მგ/ლ კონცენტრაციამდე და შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც საწარმოო (ტექნიკური) წყალი ან საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის. შესრულებულმა გაანგარიშებებმა გვიჩვენა, რომ ამ დროს მემბრანების სელექციურობა არის 99,11%.

ცხრილი 27

-შავი ზღვის წყლის გამოცდის შედეგები (განზავებულია 5,7გ/ლ-მდე)

№	დრო, (წთ)	დენისძალა, (ა)	ძაბვა, (ვ)	მარილშემცველობა(TDS)			კონცენტრაციის შემცირება, (%)
				კონცენტრატი, (გ/ლ)	გამრეცხი წყალი, (გ/ლ)	პროდუქტი, (გ/ლ)	
1	0	2,15	31	6,58	3,86	5,77	–
2	15	1,2	31	8,26	–	2,94	49,05
3	30	0,4	31	9,36	–	0,457	84,46
4	45	0,1	31	13,1	3,30	0,0512	88,80

-ჩავატარეთ ონკანის წყლის ელექტროდიალიზით გაწმენდა, რომლის შედეგები მოცემულია ცხრილში 28.

ცხრილი 28

ონკანის წყლის გამოცდის შედეგები

№	დრო ,(წთ)	დენისძა ლა,(ა)	ძაბვა,(ვ)	მარილშემცველობა(TDS)			კონცენტრაციის შემცირება,(%)
				კონცენტრატი,(გ/ ლ)	გამრეცხიწყა ლი,(გ/ლ)	პროდუქტ ი,(გ/ლ)	
1	0	0,5	31	5,96	2,03	0,254	-
2	15	0,1	31	6,12	-	0,0882	65,28
3	30	0,1	31	6,27	1,96	0,0242	72,56

წყალი აღებული იქნა ონკანიდან მინერალიზაციით-254 მგ/ლ იგი აკმაყოფილებს წყალმომარაგების სტანდარტს, მაგრამ არ გამოდგება თბოფიკაციური და ზოგიერთი საწარმოო მიზნით. ელექტროდიალიზით დამუშავების შემდეგ (30წთ-ის) მინერალიზაცია დაეცა 24,2 მგ/ლ. ასეთი წყალი მისაღებია კოგენერაციისთვის. პირველი 15 წთ განმავლობაში გამოსაკვლევ ი ხსნარი კარგავს გახსნილი მარილების 65%, შემდეგ 15 წთ-ზე მეტი დროის განმავლობაში ხსნარი კარგავს 73% მარილებს. მთლიანად გამოცდის 30 წთ განმავლობაში მოცილებული იონების რაოდენობა შეადგენს 91,65%. გამოცდის შედეგების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ როცა წყალში გახსნილია მხოლოდ მარილის ერთი სახეობა, ელექტროდიალიზის პროცესი მიმდინარეობს უფრო ნელა, ვიდრე სხვა და სხვა მარილების შემთხვევაში.

4.6. გემებზე ბალასტის წყლის ეკოლოგიური უსაფრთხოების სისტემის პრინციპიალური სქემის დამუშავება

როგორც ექსპერიმენტულად დავადგინეთ, გემებზე ბალასტური წყლების

ეკოლოგიური უსაფრთხოება შეიძლება უზრუნველვყოთ, ულტრაფილტრაციის პროცესის გამოყენებით. ამიტომ გემებზე ამ პროცესის განსახორციელებლად, შეიძლება გამოვიყენოთ დახურული სააქციო საზოგადოება „მემბრანები“-ის მიერ, დამუშავებული მილისებრი ულტრაფილტრაციის დანადგარი, სადაც პროცესის ინტენსიფიკაციას მოვახდენთ, შესაბამისი პარამეტრებით წნევის პულსაციით, რაც ექსპერიმენტულად დადგენილია ჩვენს მიერ.

ულტრაფილტრაციის დანადგარები მილისებრი ულტრაფილტრებით, შეიძლება გამოყენებული იქნეს, გემების ტრიუმების (ლიალური) წყლების და ტანკერების ბალასტური წყლების გასაწმენდად [71,72,73]. იგი შეიძლება გამოყენებული იქნას აგრეთვე ნამუშევარი სარეცხი და გაცხიმოვნებელი ხსნარების რეგენერაციისათვის, ნამუშევარი შემზეთ გამაცივებელი სითხეების უტილიზაციისათვის, ზეთების და ნავთობპროდუქტების დაჭერისა და კონცენტრირებისათვის, სატრანსპორტო საშუალებების სარეცხ უბნებზე და ა.შ. დანადგარი იქნება სექციური ტიპის მწარმოებლობით 0,15-6,0 მ³/სთ. სელექციურობა შეწონილი ნაწილაკები- არანაკლებ 99-99,9%, ნავთობპროდუქტები- არა ნაკლებ 95-99%



ნახ.4.28 მილისებრი ულტრაფილტრაციის დანადგარი

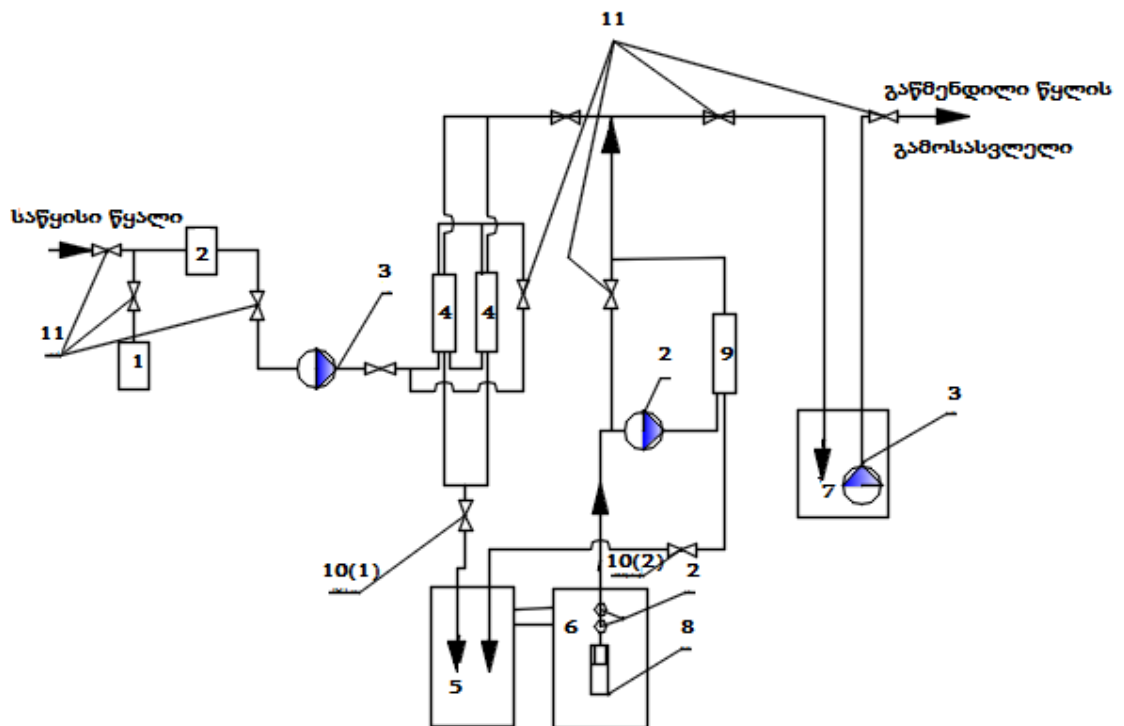
4.7. მიმღებ პორტში ბალასტური და ჩამდინარე წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის და ტექნიკური წყლის მისაღები სისტემის პრინციპიალური სქემის დამუშავება.

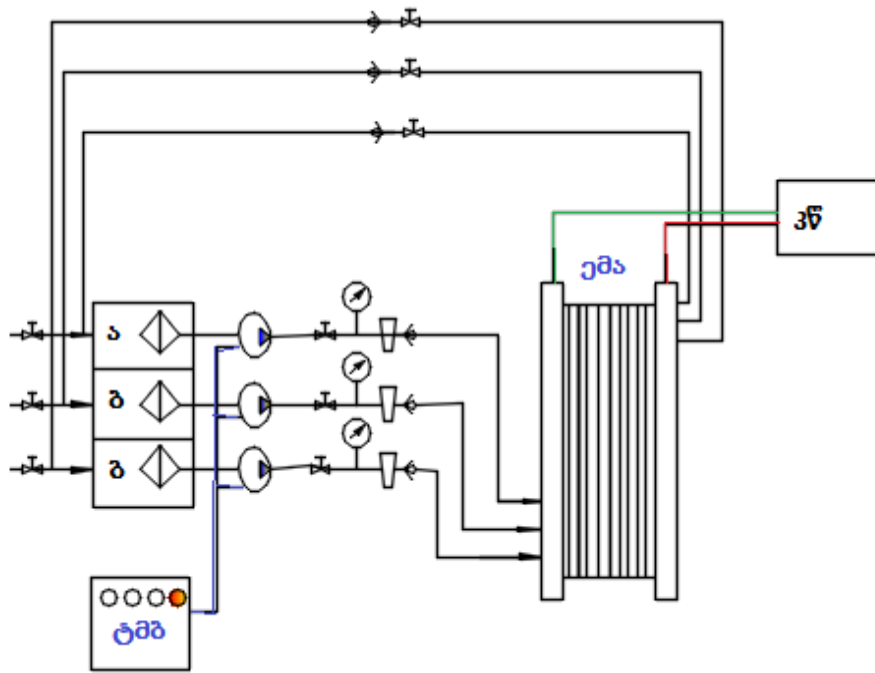
კვლევის შედეგებზე დაყრდნობით დავამუშავეთ მოწყობილობა ზღვის და ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად ნახ.4.29.

დამუშავებული სისტემა მიეკუთვნება მემბრანულ ტექნიკას და შეიძლება გამოყენებული იყოს ჩამდინარე წყლების, გემების ტრიუმების წყლის, ტანკერების ბალასტური წყლების და სხვა უკუოსმოსის და ელექტროდიალიზის მეთოდებით გაწმენდის (გამტკნარების) პროცესებში, სხვადასხვა რეაგენტების (ინგიბატორების) გამოყენების გარეშე. მოთხოვნილი ტექნიკური შედეგი მიიღწევა: უკუოსმოსის მემბრანებით გაყოფით წნევის პულსაციის დროს, რეგულარული ჰიდრავლიკური გარეცხვებით, მაგნიტური სარქველების დახმარებით და კონცენტრატის მუდმივი შემცირებით (ჭუჭყიანი წყალი, რომელიც არ გადის მემბრანაში) ორსაფეხურიანი გაწმენდის გზით, რომელშიდაც მეორე საფეხური გამოიყენება კონცენტრატის ცირკულაციისათვის. უკუოსმოსის მემბრანები „ღია არხით“ ეს არის რუნოლური ტიპის მემბრანები, რომლებშიდაც არ გვაქვს მატურბულიზებული ბადე და არხი არის „ღია“, ტურბულიზაცია მიიღწევა პულსირებული წნევით, რის წყალობითაც მასში უზრუნველყოფილია ის ჰიდრავლიკური პირობები, რაც მილისებრ არხში.

მემბრანული არხის კონსტრუქციის ცვლილება საშუალებას გვაძლევს

მოვახდინოთ ნალექის კრისტალების წარმოქმნის ლიკვიდაცია და შევთავაზოთ წყლის გაწმენდის ახალი ტექნოლოგიები კონცენტრატის უტილიზაციით და საკუთარ მოხმარებაზე საჭირო ხარჯის შემცირებით. მატურბულიზებული ბადის მოცილება და წინაღობის შემცირება უზრუნველყოფს შევინარჩუნოთ მემბრანებში ჩქაროსნული რეჟიმი, რაც უზრუნველყოფს მემბრანის ზედაპირიდან ნაწილაკების მოწყვეტას და გამოირიცხავს ნალექის წარმოქმნას ლამინარულ ნაკადშიც კი. არხიდან ბადის მოხსნა წყვეტს აგრეთვე უძრავი ზონების ლიკვიდაციის პრობლემას, რომლებშიდაც იწყება მცირედ ხსნადი მარილების კრისტალების ჩასახვა, რის შედეგადაც მივდივართ მემბრანის ზედაპირზე კრისტალური ნადებით დაფარული არეების წარმოქმნასთან. ნახაზზე 2.29 მოცემულია წყლის გაწმენდის დანადგარის სქემა. მოწყობილობა შეიცავს: გამაფართოებელ ავზს 1, ბადიან ფილტრს 2, ტუმბოს 3, პირველი საფეხურის უკუოსმოსის დანადგარს 4, კონცენტრატის შემგროვებელ ტევადობას 6, გამაშვალედებელ ტევადობას 7, ჩაძირულ ტუმბოს 8, მეორე საფეხურის უკუოსმოსის დანადგარს 9, მაგნიტურ სარქველებს 10(1) და 10(2), დამწნევ არმატურას 11.





ნახ.4.29 ბალასტური და ჩამდინარე წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის სისტემა

გამწმენდი მოწყობილობა მუშობს შემდეგი სახით: საწყისი წყალი მიეწოდება სისტემის დასაწყისში გამაფართოებელი ავზის 1.გავლით ბადისებრ ფილტრში 2. შემდეგ ტუმბოთი 3. წყალი მიეწოდება უკუოსმოსის პირველ საფეხურს 4. მაგნიტური სარქველი 10(1). მოცემულ შუალედებში ირთვება და ამით უზრუნველყოფს უკუოსმოსის 4. ჰიდრაულიკურ გარეცხვას. პირველი საფეხურის შემდეგ საწყისი წყალი იყოფა ორ ნაკადად - ფილტრატი (გაწმენდილი წყალი) და კონცენტრატი (კონცენტრირებული ჭუჭყი), ამის შემდეგ პირველი საფეხურის ფილტრატი მიემართება გამაშვალედებელ ჭურჭელში 7. ხოლო პირველი საფეხურის კონცენტრატი გადადის უკუოსმოსის სალექარში 5. საიდანაც მაქსიმალური მოცულობის მიღწევის შემდეგ გადაიდვრება შემკრებ ჭურჭელში 6. და შემკრები ჭურჭლიდან ჩაძირული ტუმბოს 8. საშუალებით წყალი მიეწოდება უკუოსმოსის მეორე საფეხურზე 9, სადაც იყოფა პირველი საფეხურის 4. პრინციპით ფილტრატად და კონცენტრატად. შემდეგ ფილტრატი კვლავ მიეწოდება ჭურჭელში 7. ხოლო კონცენტრატი ჭურჭელში 5. ამით თანდათან მცირდება კონცენტრატის მოცულობა , მაგნიტური სარქველი 10(2.)იღება დროის მოცემულ შუალედებში და ამით უზრუნველყოფს უკუოსმოსის 9. ჰიდრაულიკურ გარეცხვას, ხოლო დამწნევი არმატურა 11. უზრუნველყოფს სისტემის

ცალკეული ელემენტების შეცვლის შესაძლებლობას. მაშასადამე შემოთავაზებული მოწყობილობის საშუალებით მიიღწევა, მოთხოვნილი ტექნიკური შედეგი ავტომატურ რეჟიმში მუდმივი მომსახურე პერსონალის გარეშე.

ბალასტური გაწმენდილი მარილიანი წყალი იღვრება ზღვაში, ხოლო ზღვის წყლის გადამუშავების დროს პერმეატი მიეწოდება ელექტროდიალიზით 51,2 მგ/ლ კონცენტრაციამდე გამტკნარების პროცესზე ტექნიკური წყლის მისაღებად.

ძირითადი დასკვნები:

1. ბალასტის ოპერაციების ჩატარება, თანამედროვე ეტაპზე, წარმოადგენს საზღვაო გადაზიდვების კონტროლის კანონიერ პროცესს, რადგან იგი ეხება მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ პრობლემას, კერძოდ ზღვის სხვადასხვა სახის ბინადართ, მათ შორის ბაქტერიების და ვირუსების გავრცელებას, რომელიც პათოგენურია ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. იგი ერთერთია იმ ანთროპოგენურ ზემოქმედებებს შორის, რომელთა შედეგები შეუქცევადი ხასიათისაა;
2. შესრულდა გემების შემთხვევითი შემადგენლობის ბალასტური და ჩამდინარე წყლების გაუვნებლობის ტექნოლოგიის დამუშავება, მემბრანული პროცესების (ულტრაფილტრაცია, უკუოსმოსი და ელექტროდიალიზი) გამოყენებით, თანდათანობითი მართვით მუდმივი კონტროლის გზით, როგორც გემებზე ისე მიმდებ სტაციონალურ პორტში;
3. ჩატარდა კვლევები ბალასტის და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მიზნით, მისი კონტროლის, გემის რეისის ხანგრძლივობის და ბალასტის წყლის ტემპერატურის ცვლილებაზე დამოკიდებულებით. მიღებულია შედეგები ეკოლოგიურად

- უსაფრთხო ბალასტის წყლის უზრუნველყოფის მიზნით;
4. დამუშავდა მილისებრ მემბრანულ არხში პულსირებული წნევის მოქმედებით სითხის მოძრაობის მათემატიკური მოდელი;
 5. დადგენილია მილისებრ მემბრანულ არხში პულსირებული წნევის მოქმედების დროს სიჩქარის განაწილების სურათი;
 6. დადგენილია მილისებრ მემბრანულ არხში, წნევის პულსაციის ოპტიმალური სიხშირე;
 7. დადგენილია მემბრანული ტექნოლოგიების (ულტრაფილტრაცია, უკუოსმოსი, ელექტროდიალიზი) გამოყენების შესაძლებლობა, ბალასტის და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მიზნით.
 8. შეირჩა მემბრანები და ოპტიმალური პარამეტრები, ბალასტის და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მემბრანული პროცესებისათვის.
 9. დამუშავდა პრინციპიალური სქემა, გემებზე ბალასტის წყლის ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით;
 10. დამუშავდა სქემა, მიმდებ პორტში ბალასტური წყლების ეკოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფის მიზნით და ტექნიკური წყლის მისაღებად.

ტერმინოლოგიის განმარტებები

ხომალდის ბალასტირება- გემისთვის ზღვაოსნობის აუცილებელი ხარისხის მინიჭება მყარი ან თხევადი ბალასტის მიღებისა და განთავსების გზით.

ბალასტის წყალი- ბორტზე მიღებული წყალი, მასში შეწონილი ნივთიერებებით გემის დაჯდომის და მდგრადობის კონტროლის მიზნით.

ბალასტის ჭურჭელი- ბორტზე განლაგებული ცისტერნები, ორმაგპირიანი ნაკვეთურები და სხვა, რომლებიც დანიშნულია ბალასტის წყლის მისაღებად.

ბიოლოგიური უსაფრთხოება- პიროვნების, საზოგადოების, სახელმწიფოს დაცვა საშიში ბიოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებისაგან, რომელიც პირდაპირ ან ირიბად დაკავშირებულია მრეწველობასთან, სოციალურ-ეკონომიკურ პირობებთან, გეოპოლიტიკურ ინფრასტრუქტურასთან და ეკოლოგიურ სისტემასთან.

წყლის პათოგენური ორგანიზმები- წყლის პათოგენური ორგანიზმები, რომლებიც ზღვებში ხვდებიან სხვადასხვა გზით, საფრთხეს უქმნიან როგორც გარემოს, ასევე ადამიანის ჯანმრთელობას, აუარესებენ

ბიოლოგიურ მრავალფეროვნებას.

სატვირთო გემი- გემი, რომელიც ემსახურება მშრალი, თხევადი და კომბინირებული ტვირთების გადაზიდვას.

დედვეიტი- გადასატანი ტვირთის, ეკიპაჟის, საწვავის მარაგის, წყლის და სხვა მასალების მასა.

კაბოტაჟური გადაზიდვა- წარმოადგენს საწყალოსნო გადაზიდვას, რომელიც ხორციელდება ერთი და იმავე ქვეყნის საზღვაო პორტებს შორის.

ბიოლოგიური უსაფრთხოების უზრუნველყოფა- ბიოლოგიური უსაფრთხოების შენარჩუნება მინიმალურად მისაღებ დონეზე და ადამიანის ორგანიზმზე და გარემოზე მოქმედი საშიში ბიოლოგიური ფაქტორების რისკების მინიმუმამდე დაყვანა.

სავალდებულო დადგენილება საზღვაო პორტის მიმართ- ეს არის დოკუმენტი, რომელიც თითოეული პორტისათვის შეიცავს სპეციფიკურ ინფორმაციას და ავალდებულებს ყველა გემს, ფიზიკურ თუ იურიდიულ პირს მის შესრულებას მიუხედავად ნაციონალური წარმომავლობისა და საკუთრებისა.

ზღვის წყლის მარილიანობა- ყველა მყარი მინერალური ნივთიერების საერთო რაოდენობა (გრამებში), გახსნილი 1კგ ზღვის წყალში გამოსახება პრომელებში და აღინიშნება %.

სტიკედორული კომპანია- სპეციალიზირებული ორგანიზაციის და ფირმის დასახელება, რომელიც უზრუნველყოფს გემის დატვირთვა-გადმოტვირთვას.

გემის მდგრადობა- გემის უნარი დაუბრუნდეს საწყის მდგომარეობას მასზე იმ გარე ძალების მოქმედების შემდეგ, რომელსაც იგი გამოყავს წონასწორობიდან.

გემი- მცურავი ნაგებობა, რომელიც დანიშნულია ტვირთების გადასატანად, მგზავრების გადასაყვანად და სხვა სახის სამუშაოების შესასრულებლად.

შიგა ცურვის გემი- გემი, რომელიც დანიშნულია შიგა წყლებში ექსპლუატაციისათვის.

შერეული (მდინარე-ზღვა) ცურვის გემი- გემი, რომელიც ასრულებს როგორც შიგა სამდინარო რეისებს, ასევე ცურავს საზღვაო-საოკეანო რაიონებში

და აქვს ნაოსნობის საზღვაო რეგისტრის კლასი.

გემის ჟურნალი- ერთ-ერთი ძირითადი დოკუმენტი გემზე. გემის ჟურნალში ფიქსირდება ჯგუფის სია, პორტში შესვლის და გასვლის თარიღი, სიჩქარე, კურსი, ქარის ძალა რეისის დროს, სავახტო ეკიპაჟის წევრების გვარები, სავახტო შტურმანის გვარი და ყველა იმ მოხსენების სრული ჩანაწერი, რომელიც განხორციელდა რეისის დროს.

ბალასტის წყლის მართვა- გულისხმობს მექანიკურ, ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებს ცალცალკე ან ერთად აღებულს, რომელიც დანიშნულია წყლის მავნე და პათოგენური ორგანიზმების გაუვნებლობას ან მოცილებას, ბალასტის წყლის მიღების და დაცლის დროს.

ფუტშტოკი- დანაყოფებიანი ლარტყა, რომელიც დანიშნულია წყლის დონის გასაზომად ზღვაში, მდინარეში, ტბაზე, ასევე გამოიყენება ბალასტის წყლის დონის განსაზღვრის მიზნით.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Ecochlor System начинает проверку эффективности созданной ею системы зачистки балластных вод. Интернет: <http://www.maritimes.ru/news/1/272.htm> 08.08.2005.
2. Rukhadze Sh.Sh., Apridonidze M.D., Tvalchrelidze A.K. "THE MATHEMATICAL MODEL OF SEPARATION PROCESS IN THE DUCTS OF ELECTROMEMBRANE APPARATUS" // IV INTERNATIONAL CONFERENCE ON COLLOID CHEMISTRY AND PHYSICOCHEMICAL MECHANICS. COLLECTION OF WORKS, Moscow. -2013 P. 512-514
3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1976. — 279 с.
4. Александров А.В. Судовые системы. Л.: Судостроение, 1966. — 220 с.
5. Александров Б.Г. Проблема переноса водных организмов судами и некоторые подходы к оценке риска новых инвазий // Морской экологический журнал. — 2004. — Т. 3. № 1. — С. 5-17.
6. Анцулевич А. Е., Старобогатов Я. И. Первое обнаружение моллюсков отряда Nudibranchia (Tritoniiformes) в Каспийском море // Зоологический журнал, 1990.-Том

- 69, вып. П. С. 138-140.
7. Барац В.А., Николаев М.В., Эльпинер Л.И. Водоснабжение судов речного флота. М.: Транспорт, 1974. - 144 с.
 8. Бахир В. М., Леонов Б. И., Паничева С. А. и др. Химический состав и функциональные свойства хлорсодержащих дезинфицирующих растворов // Вестник новых медицинских технологий. — 2003. — № 4. С. 17-25.
 9. Беляк А. А., Касаткина А. Н., Гонтовой А. В. И др. К вопросу об использовании растворов гипохлорита натрия в водоподготовке // Питьевая вода. — 2007. — № 2. — С. 25—34.
 10. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. — 3-е изд.-М.: Наука, 1983. -80 с.
 11. Браун Т., Лемей Г.Ю. Химия в центре наук: в 2-х частях. Ч. 2. Пер. с англ. -М.: Мир, 1983. - 520 с.
 12. Вершинин Н.П. Установки активации процессов. Использование в промышленности и сельском хозяйстве. Экология. — Ростов-на Дону. — 2004.-314 с.
 13. Возная Н.Ф. Химия воды и микробиология. М.: Высшая школа, 1979. — 340 с.
 14. Гилмор Т.Г. Доклад на VIII международном семинаре по субстандартному судоходству. С.Пб., 2005. -60 с.
 15. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. 9-е изд. - М.: Высшая школа, 2003. - 479 с.
 16. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы определения общего железа. -М.: Изд-во стандартов, 1982. С. 60-66.
 17. Даниэльс Ф., Альберти Р. Физическая химия. Пер. с англ. -М.: Высшая школа, 1967. 770 с.
 18. Дгебуадзе Ю.Ю. Проблемы инвазий чужеродных организмов // Экологическая безопасность и инвазии чужеродных организмов. М.: МСОП, ИПЭЭ РАН. 2002. - С. 11-14.
 19. Дубов Ю.А., Травкин С.И., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. — М.: Наука. 1986. - 296 с.

20. Дытнерский Ю.И. Мембранные процессы разделения жидких смесей. - М.: Химия, 1975.-232 с.
21. Дэвид Г. Метод парных сравнений. М.: Статистика, 1978. - 144 с.
22. Ежова Е. Незванные гости / Инф.-аналитический журнал «Морская индустрия». Интернет: <http://www.maritimeindustry.htm> 2006.
23. Епифанов Б.С. Судовые системы: Учебник. — Д.: Судостроение, 1980. — 176 с.
24. Ермошкин Н.Г., Калугин В.Н., Корнилов Э.В., Кулешов И.Н. Судовые установки очистки сточных вод: способы и схемы очистки, устройство и эксплуатация: Учебн. пособ./ Под общ. ред. Пипченко А.Н. Одесса: ФЕНІКС - 56 с.
25. Жуков Н.Н., Драгинский В.І., Алексеева Л.П. Озонирование воды в технологии водоподготовки // Водоснабжение и санитарная техника. -2000.-№1 С. 2-4.
26. Зайцев О.С. Общая химия. Направление и скорость химических процессов. Строение вещества. М.: Высшая школа, 1983. - 248 с.
27. Звягинцев А.Ю., Ивин В.В., Кашин И.А. и др. Население балластных вод судов в порту Владивосток 2009 г. // Биология моря. — 2009. № 1. — С. 29-40.
28. Ильин В.А., Садовничий В.А., Сендов Б.Х. Математический анализ. М.: Изд-во МГУ, 1985. - 662 с.
29. Инструкция по разработке судовых руководств по безопасной замене балласта в море. Российский Морской Регистр Судоходства, 2006 г., 17с.
30. Кандырин Ю.В. Автоматизированный многокритериальный выбор альтернатив в инженерном проектировании: Учеб. пособие / Под ред. В.Ф. Взятыхшева. -М.: Изд-во МЭИ. 1992. - 52 с.
31. Кандырин Ю.В., Шкурина Г.Л. Процедуры генерации и выбора при проектировании технических объектов: Учеб. пособие. — Рекомендовано УМО по САПР Минобра РФ. Волгоград: ВолГТУ. - 1999. - 84 с.
32. Каримова О.А., Зекцер И.С. Вода под водой. // Сборник научнопопулярных статей победителей конкурса РФФИ 2006г. Выпуск 10. Под ред. В.И. Конова. - М.: Октопус, 2007. - С. 309-317.
33. Каспийская экологическая программа. Интернет: <http://caspienenvironment.org/> 2002.

34. Кеслер А.А., Фунтикова Е.В., Давыдова С.В. Общее устройство судов внутреннего и смешанного плавания: Учеб. пособие / под ред. Е.П. Роннова. Н. Новгород: изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2006. - 112 с.
35. Кичигин, В. И. Моделирование процессов очистки воды: Учеб. Пособие / В.И. Кичигин. М.: изд-во АСВ, 2003. - 230с.
36. Колонии Г.В. , Герасимов С.М., Морозов В.Н. Биологическое загрязнение // Экология. 1992. - №2. - С. 89-94.
37. Коробов В.Б. О методологии построения шкал для классификации природных объектов на основе балльных оценок. // Проблемы региональной экологии. 2002. - № 4. - С. 99-108.
38. Коробов В.Б., Кочуров Б.И. Балльные классификации в геоэкологии: преимущества и недостатки. Методы экологических исследований // Проблемы региональной экологии. 2007. - № 1. - С. 39-43.
39. Костюченко С.В. Технологические особенности выбора оборудования для обеззараживания воды УФ -излучением // Водоснабжение и санитарная техника. М. - 2003. - С. 3.
40. Кульский Я.А. Основы химии и технологии воды. Киев: Наукова думка, 1991.-564
41. Кульский Я.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды / Под ред. Л.А. Кульского. К.: Наукова думка. - 1983. - 528 с.
42. Курников, А.С. Концепция повышения экологической безопасности судна / А.С. Курников. Н. Новгород: ВГАВТ, 2002. - 80с.
43. Кутовая Э. Федеральная целевая программа «Мировой океан» / Науч,-практический журнал «Экология производства». Интернет: <http://www.ecoindustry.ru/news.htm> 12.05.2006.
44. М.Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2006. - 575 с.
45. Маркова М. Опасность проникновения чужеродных видов / Национальный информационный центр по науке и инновациям. Интернет: <http://www.sciencerf.ru> январь, 2006.

46. Материалы третьего заседания Группы по морским источникам загрязнений (HELCOMMARITIME). Копенгаген, Дания.- 26-28 окт. 2004г.
47. Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими 2004года. СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2005. - 120 с.
48. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная протоколом 1978 г. к ней. МАРПОЛ 73/78: в 3х кн. СПб.: ЦНИИМФ, 2000. - 669 с.
49. Министерство природных ресурсов Российской Федерации. Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. М.: 2002. 137 с.
50. МУ 2.1.2.694-98 Использование ультрафиолетового излучения при обеззараживании воды плавательных бассейнов от 02.06.1998. Интернет: <http://шшшлп&роо1.ги/СанПиН/уф-в-бассейнеМУ-2.1.2.htm>.
51. МУ 2.1.5.800 99 Организация Госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод от 27.12.1999. - М., 2000. :- 14 с.
52. МУ 3.2.17.57-03 Санитарно-паразитологическая оценка эффективности обеззараживания воды ультрафиолетовым излучением от 28.09.2003. Интернет: http://www.bestpravo.ru/fed2003/data03/tex_14193.htm.
53. Николаев И. И. Последствия непредвиденного антропогенного расселения
54. Обеззараживание воды хлором. Интернет: <http://www.coagulant.com.ua> 20.01.2011.61
55. Овчинников И.Н., Овчинников Е.И. Судовые системы и трубопроводы. — Финского залива Балтийского моря в связи с биологическими инвазиями. // Труды Зоологического института РАН. Л., 1999. - Т. 279. - С. 305-325.
56. Основные факты об Организации Объединенных Наций. - М.: Весь Мир, 2005.-27
57. Патент RU №85143 U1 Система обновления судовой балластной воды. Опубл. 27.07.2009. Бюл. №21. МПК: В63В 39/03, В63В 43/06.
58. ПНД Ф 14.1:2.116-97 «Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природных и сточных водах методом ИКС». М.: ГУАК Минприроды РФ, 1995. - 8с.
59. ПНД Ф-14.1:2.113-97 Методика выполнения измерений массовой концентрации

- «активного хлора» в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. М. 1997. - 8 с.
60. ПНД Ф 14.1:2.110-97 Методика выполнения измерений содержания взвешенных веществ и общего содержания примесей в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом. — М.: 1997. — 10 с.
61. Правила экологической безопасности для судов внутреннего и смешанного плавания. РРР. -М.: МГАВТ, 2000. 52с.
62. Рухадзе Ш.Ш., Старов В.М., Апридонидзе М.Д. Интенсификация процесса мембранного разделения с наложением пульсации давления в межмембранном канале // Труды международной интернет конференции «Иновационные процессы и технологии», Кутаиси. -2011 С.103-108
63. Старов В.М., Рухадзе Ш.Ш."Кинетика ультрафильтраций коллоидных растворов" //Пищевая промышленность,№3 М.: 1988, с.24-26.
64. Твалчрелидзе А.К., Рухадзе Ш.Ш., Апридонидзе М.Д. Математическая модель движения жидкости в каналах электромембранного аппарата // II საერთაშორისო კონფერენციის "მექანიკის არაკლასიკური ამოცანები" შრომები. ქუთაისი, 2012
65. Хванг Т. Мембранные процессы разделения / Т. Хванг, С. Каммермейер; под ред. Ю.И. Дытнерского. - М.: Химия, 1981. - 464 с.
66. Чхеидзе Н.В. Гидродинамические исследования турбулизаторов электродиализных аппаратов //პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტი“ №1(7), თბილისი. - 2000. გვ. 83-87
67. Чхеидзе Н.В. Массообменные процессы в ламинарном потоке в ячейках электродиализного опреснительного аппарата //საქართველოს საინჟინრო სახელეწი, №1, 2000. გვ. 55-58
68. Чхеидзе Н.В., Бурджანაძე დ.გ., Енукидзе Н.Е., Курцхалия Ц.С. Применение кавитационных процессов в электродиализе жестких вод //საქართველოს საინჟინრო სახელეწი, №4, 2004. გვ. 112-117
69. Чхеидзе Н.В., Енукидзе Н.Е., Курцхалия Ц.С. К вопросу концентрирования морской воды методом электродиализа //საქართველოს საინჟინრო სახელეწი, №2, 2006. გვ.

151-154

70. Чхеიძე Н.В., Курцхалия Ц.С. К определению допустимой величины кальциевой жёсткости при электродиализе минерализованных вод с одновременным концентрированием //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №4, 2004. გვ. 118-122
71. Чхеიძე Н.В., Соселия Г.А., Квиციანი Л.А., Джалагония Д.Н., Гигашвили З.Т. Разработка сорбционно-электромембранной технологии обессоливания воды для энергетических и технологических нужд руставского ао «АЗОТ» ///საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №1, 2006. გვ. 265-270
72. Чхеიძე Н.В., Цихелашვილი З.И. Об основах управления техногенной и экологической безопасностью и риском //საქართველოს საინჟინრო სიახლენი, №4, 2008. გვ. 99-101
73. Чхеიძე Н.В. Создание типо-ряда обессоливающих и опреснительных электродалиных установок //პერიოდული სამეცნიერო ჟურნალი „ინტელექტი“ №1(7), თბილისი. - 2000. გვ.88-92
74. აფრიდონიძე მ.დ. „წყლის გაწმენდის ელექტრომემბრანული პროცესების სრულყოფა“, სადოქტორო დისერტაცია, ქუთაისი, 2013, 150 გვ.
75. რუხაძე.შ., აფრიდონიძე მ.დ. ელექტრომემბრანული პროცესების მათემატიკური მოდელირება გრავიტაციული კონვექციის გათვალისწინებით, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე №2, 2013, გვ.102-111.