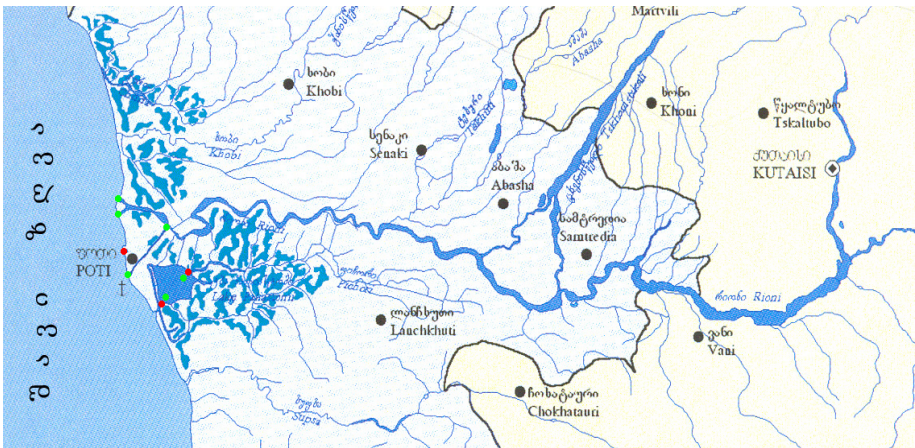


ხათუნა ნოეს ასული ჩიკვილაძე

შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზონის ცენტრალურ რეგიონში ეკოჰიდროლოგიური პროცესების უმსჯავლა



თბილისი
2009



ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
Institute of Hydrometeorology
Институт Гидрометеорологии

თელავის ი.გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხათუნა ნომს ასული ჩიკვილაძე

**შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო
ზონის ცენტრალურ რეგიონში
ეკოჰიდროლოგიური პროცესების
უესწავლა**

თბილისი
2009

უაკ 551.510.41

მონოგრაფიაში წარმოდგენილია შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზოლის ცენტრალური რეგიონის ეკოჰიდროლოგიური პროცესების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის შედეგები. მოდელური ექსპერიმენტის შედეგად გამოყოფილი ორგანოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმები.

ISBN 978-9941-0-1178-8

რედაქტორი:

ნუზარ ბუანიძე

ქიმიის სამეცნიერო დოქტორი

რეცენზენტები:

ლიანა ინჟირველი

ქიმიის სამეცნიერო დოქტორი

ელიზბარ ელიზბარაშვილი

გეოგრაფიის მეცნიერებათა
დოქტორი



ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
Institute of Hydrometeorology
Институт Гидрометеорологии

თელავის ი.გოგებაშვილის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

შესავალი -----7

თავი I. ლიტერატურული მიმოხილვა -----13

- 1.1. შავი ზღვის ფიზიკო-გეოგრაფიული თავისებურებანი-----13
- 1.2. სანაპირო ზონის ფონური თავისებურებანი-----15
- 1.3. შავი ზღვის ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური დახასიათება-----19
- 1.4. მდინარე რიონისა და ტბა პალიასტომის ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური დახასიათება -----28
- 1.5. ბუნებრივ წყლებში ორგანული ნივთიერებების-ჰუმუსური მჟავების ფიზიკო-ქიმიური დახასიათება და მათი გავრცელების თავისებურებები -----33
- 1.6. ორგანოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმები და ოკეანეებისა და ზღვის წყლებში მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესები-----36

თავი II. კვლევის ობიექტები და მეთოდები-----40

- 2.1. ნიმუშების აღების მეთოდები -----41
- 2.2. მიკროორგანიზმების მორფოლოგიური და კულტურალური თვისებების შესწავლა -----42
- 2.3. ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმების რაოდენობის განსაზღვრა-----43
- 2.4. ფულვოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების რაოდენობის განსაზღვრა-----45
- 2.5. საკვლევი კულტურის ზრდის უნარის დადგენა-----45
- 2.6. ფულვომჟავას ბიოდესტრუქციის შესწავლა-----46

თავი III. კვლევის შედეგები და მათი განხილვა-----49

- 3.1. ქ. ფოთის აკვატორიის დაბინძურებ ის დინამიკა-----49
- 3.2. ქ. ფოთის აკვატორიის მიკრობიოლოგიური გამოკვლევა--52

3.3. მოდელური ექსპერიმენტის პირობებში ფულვომუაგების ბიოდესტრუქციის დინამიკის შესწავლა სპექტრომეტრული მეთოდის გამოყენებით-----60

3.3.1. უმდაბლესი სოკოს გვარი *hycomycetes sp. Paliastomy* საშუალებით ფულვომუაგის ბიოდესტრუქციის შედეგად მიღებული ინფრაწითელი სპექტრები და მათი ანალიზი-----64

3.3.2 ბაქტერიის გვარის *Bacillus sp. Paliastomy* საშუალებით ფულვომუაგის ბიოდესტრუქციის ინფრაწითელი სპექტრები და მათი ანალიზი-----74

თავი IV. დასკვნები-----87

გამოყენებული ლიტერატურა-----90

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

გარემოზე ადამიანის ზემოქმედების ზრდამ უარყოფითად შეცვალა საუკუნეების განმავლობაში ჩამოყალიბებული სხვადასხვა ეკოსისტემების მდგომარეობა. ამ მხრივ გამოწვევის არც მდინარეთა ეკოსისტემაა, რომელთა დაბინძურებამ გამოიწვია მონიტორინგის ქსელის ჩამოყალიბება და მდინარეების სისტემატური კვლევა. [1]

მდინარეთა ეკოსისტემები ხასიათდებიან განსხვავებული ფიზიკურ-გეოგრაფიული, გეოლოგიური, მეტეოროლოგიური და ჰიდროლოგიური მონაცემებით.[2] განსხვავებულია აგრეთვე თითოეულ მათგანზე ანთროპოგენული დატვირთვაც. ამდენად, აუცილებელია ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორების მკვეთრი დიფერენციაცია. მდინარეებზე სხვადასხვა დამაბინძურებელი წყაროების ზემოქმედებისას მნიშვნელოვანია იმ ქიმიური პროცესების კვლევა, რომლებიც მიმდინარეობენ ამ სისტემაში. ეს პროცესები იცვლება ძირითადი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების (pH, O₂ t და ა.შ.) მიხედვით და დამოკიდებულია ჰიდროდინამიკურ პროცესებზე, რომლებიც ზემოქმედებას ახდენენ სელიმენტებისა და დამაბინძურებელი ინგრედიენტების ტრანსპორტირებაზე, სისტემის ნაწილაკი-ხსნარის ჩამოყალიბებასა და ცვლილებებზე. [3]

ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრების ცვლილებამ შეიძლება გამოიწვიოს მდინარეების ეკოსისტემების მდგომარეობის მნიშვნელოვანი გაუარესება, მითუმეტეს, თუ ეს მდინარეები ჩაედინებიან ისეთ რთულ ეკოსისტემაში, როგორც არის ზღვა.

ზღვის წყლის ხარისხზე გავლენას ახდენს როგორც მასში ჩამდინარე წყლები, ასევე მზარდი ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად მიმდინარე ქიმიური პროცესებიც. [4]

შავი ზღვა წლების განმავლობაში განიცდიდა მნიშვნელოვან ანთროპოგენულ დატვირთვას (როგორც ზეექსპლუატაციის, ასევე დაბინძურების მხრივ). ახლანდელი მდგომარეობით სიტუაცია შედარებით გაუმჯობესდა. თუმცა შავი ზღვის სანაპირო ზონაში ინდუსტრიისა და ტრასეკას -TRACECA (ამიერკავკასიის სატრანსპორტო დერეფნის) საქმიანობა უარყოფით გავლენას ახდენს წყლის ხარისხზე. ცხადია, ტრასეკას პროექტის ფარგლებში განხორციელებული სატრანსპორტო საშუალებების ამოქმედება, ასევე არსებული და მშენებარე

ნავთობსადენი გამოიწვევს გარემოზე ანთროპოგენული დატვირთვის გაზრდას. ეს გარემოება განსაკუთრებით დიდ ზეგავლენას მოახდენს საქართველოს საგანგებო ეკონომიკური ზონის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე, ვინაიდან აქ მდებარეობს ქვეყნის მთავარი პორტები: ბათუმი და ფოთი. (სურ.1)

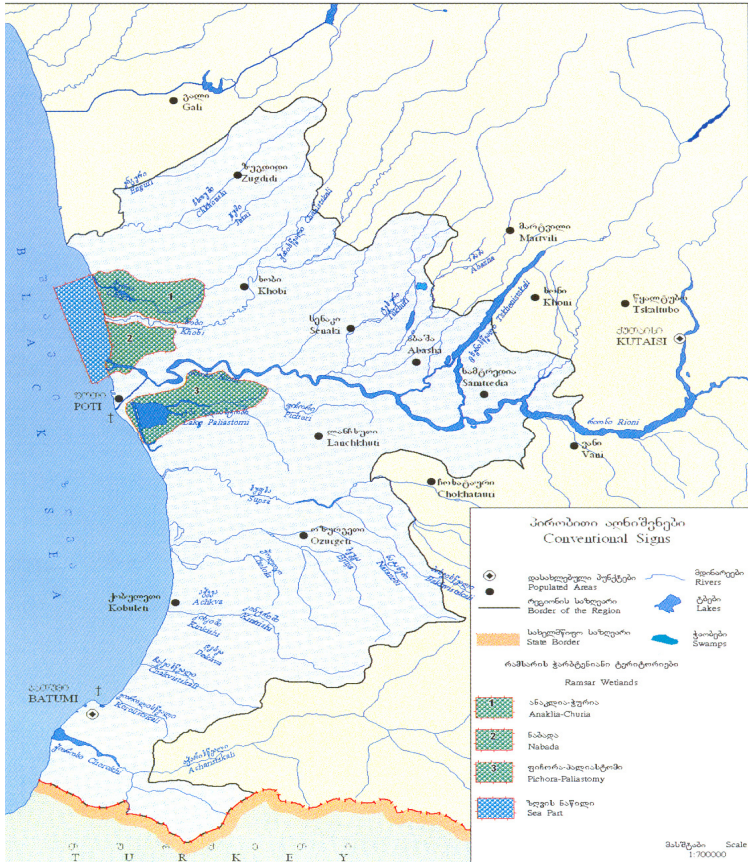


სურ.1. საგანგებო ეკონომიკური ზონა

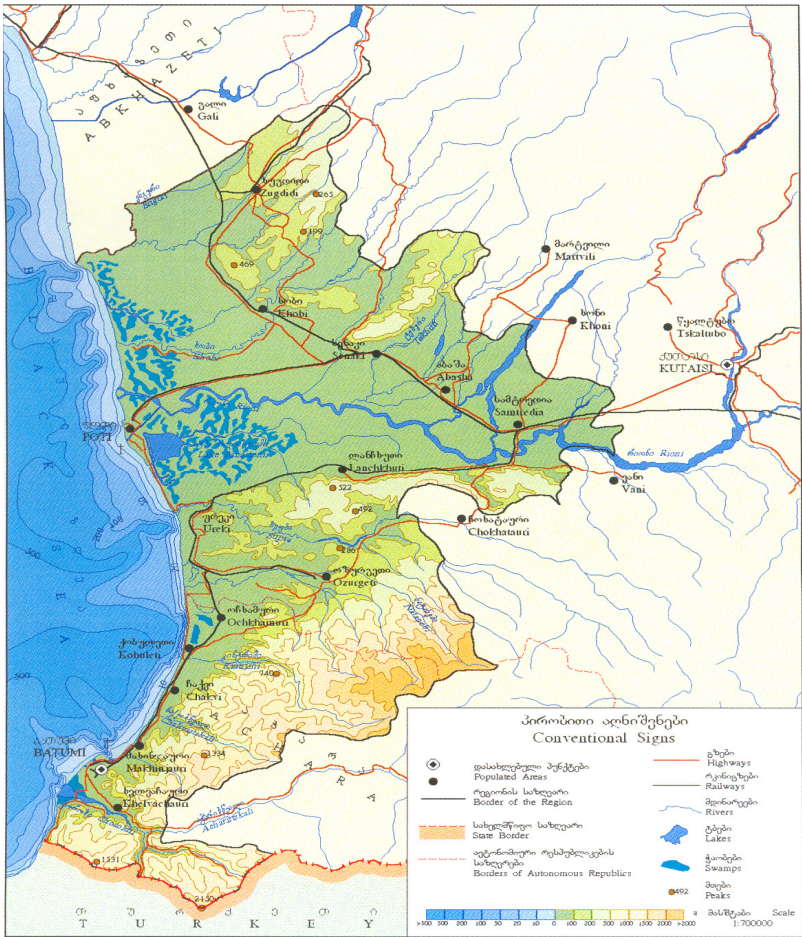
წყლის ხარისხის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მაჩვენებელს წარმოადგენენ წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებები. მათი მრავალფეროვნება, აღნაგობა და თვისებები განაპირობებენ ამ ნაერთთა მრავალმხრივ როლს წყლის ობიექტებში მიმდინარე სხვადასხვა ფიზიკო-ქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებში. ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნას, ტრანსფორმაციას, დაშლასა და მინერალიზაციას თან ახლავს ბუნებრივი წყლების შედგენილობის მნიშვნელოვანი ცვლილება. [5]

მიუხედავად იმისა, რომ დიდი ყურადღება ეთმობა შავი ზღვის აუზის დაბინძურების პრობლემებს, ბიოლოგიური თვითგაწმენდის საკითხები დღემდე არ არის ჯეროვნად შესწავლილი და შეფასებული. ეს საკითხი განსაკუთრებით ეხება საპორტო ქალაქების მიმდებარე ტერიტორიებს (მაგალითად, ქ. ფოთი).

აღსანიშნავია, რომ შავი ზღვის საქართველოს სანაპიროს ამ აკვატორიაში წყლის ობიექტები ხასიათდებიან ორგანული ნივთიერებების (ჰუმუსური მჟავების) მაღალი შემცველობით, რომლის წყაროსაც წარმოადგენს ნიადაგები და შავი ზღვის სანაპირო ზონაში მდებარე პალიასტომის ტბასთან არსებული ტორფის საბადო. მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ პალიასტომის ტბა გამოირჩევა განსაკუთრებული და მდიდარი ბიომრავალფეროვნებით და შეყვანილია რამსარის კონვენციით დაცული ტერიტორიების სიაში. (სურ. 2, 3)



სურ. 2. რამსარის კონვენციით დაცული ჭარბტენიანი ტერიტორიები



სურ. 3. რეგიონის ფიზიკური რუკა

სამუშაოს მიზანს შეადგენს შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზოლის ცენტრალური რეგიონის (დაახლოებით 1108 კმ²) ფიზიკო-გეოგრაფიული თავისებურებების, გეოგრაფიულ-ეკოლოგიური მდგომარეობის, ჰიდროლოგიური, ჰიდროქიმიური და ჰიდრობიოლოგიური კუთხით შესწავლა.

ამ მიზნით მოცემულ ნაშრომში დასახული იქნა შემდეგი ამოცანები:

- ფოთის აკვატორიის–მდინარე რიონისა და ტბა პალიასტომის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ თავისებურებათა გამოვლენა ანთროპოგენული დატვირთვის (სტრესის) გათვალისწინებით;
- რეგიონის ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური მდგომარეობის დახასიათება;
- ეკოლოგიური მდგომარეობის შესწავლა მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობისა და მათი გავრცელების თავისებურებების გათვალისწინებით;
- ორგანოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების აქტიური შტამების გამოყოფა და გამოყოფილი მიკროორგანიზმების ზრდის ტენდენციის შესწავლა;
- ორგანოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების საშუალებით ჰუმუსური მჟავების ბიოდესტრუქციის დინამიკის შესწავლა მოღველური ექსპერიმენტის პირობებში;
- საკვლევ რეგიონში მიკროორგანიზმების როლი წყლის ხარისხის გაუმჯობესების პროცესებში.

თავი I. ლიტერატურული მიმოხილვა

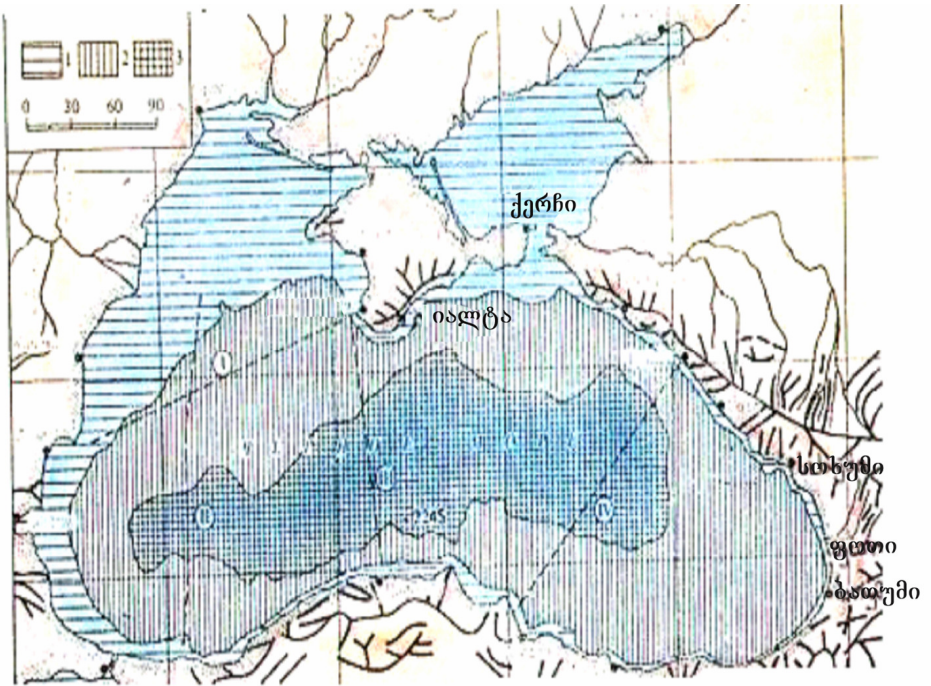
1.1 შავი ზღვის ფიზიკო-გეობრაფიული თავისებურებანი

მორფომეტრიული დახასიათება. შავი ზღვა ტიპური ჩაკეტილი ზღვაა. ის ჩრდილო-აღმოსავლეთით ქერჩის სრუტით უკავშირდება- აზოვის ზღვას, სამხრეთ-დასავლეთით ბოსფორის სრუტით- მარმარილოს ზღვას, ხოლო დარდანელის სრუტით ეგეოსისა და ხმელთაშუა ზღვებს. იგი პლანეტის ზღვების 1/853 ნაწილს შეადგენს. [6]

შავი ზღვის მაქსიმალური სიგრძე დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ- 1149 კმ-ია, ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ - 611 კმ. ზედაპირის ფართობი $420,3 \times 10^3$ კმ²-ია, აზოვის ზღვასთან ერთად 462×10^3 კმ², წყლის მოცულობა 537×10^3 კმ³. საშუალო სიღრმეა 1271 მ; ხოლო მაქსიმალური სიღრმე კი 2245 მ. მასში ჩაედინება შემდეგი ძირითადი მდინარეები: დუნაი, დნესტრი, სამხრეთის ბუგი, დნეპრი, რიონი და სხვა. სანაპირო ხაზის სიგრძე შემოიხაზება 4020-4100 კმ-ით. ნახევარკუნძულებს შორის ყველაზე დიდია ყირიმის, ხოლო თურქეთის ტერიტორიაზე კი ინჯებურენისა და იასუნის ნახევარკუნძულები. მნიშვნელოვანი უბეებია: კარკინიკის, კალამიტის, დნეპრ-ბუგის, დნესტრის, ვარნის, ბურგასის, სინოპისა და სამსუნის. [6]

როგორც ცნობილია, შავი ზღვის ფსკერის რელიეფი ძირითადად არ განსხვავდება სხვა ოკეანის აუზების რელიეფისაგან. შავი ზღვის შემთხვევაშიც გამოიყოფა სამი ძირითადი ფორმა: შელფი, მატერიკული დახრილობა და ღრმა ქვაბული. (სურ. 4)

როგორც სურათ 4-დან ჩანს, შელფი კავკასიის რეგიონში წყვეტილად მიჰყვება ვიწრო სანაპირო ზოლს. [6]



სურ. 4. შავი ზღვის ბათიმეტრიულო რუკა. 1-შელფი, 2- მატერიკული დახრილობა, 3-ღრმა ქვაბული

მზის რადიაცია. გეოგრაფიული განედი განსაზღვრავს და განაპირობებს მზის რადიაციის ინტენსიობას. ბოსფორის რაიონში წლიური რადიაციის ჯამი ტოლია 140 კკალ/სმ²; ვარნაში - 130 კკალ/სმ²; ყირიმის სანაპიროს ჩრდილოეთით კი 120 კკალ/სმ²; მზის რადიაციის საშუალო წლიური ხანგრძლივობა განსხვავებულია რეგიონების მიხედვით: ვარნაში - 2237 სთ, იალტაში - 2223 სთ, ევპატორიაში - 2484 სთ და ა.შ. მზის რადიაციის ინტენსიობა განსაკუთრებით მაღალია ზაფხულში.

კლიმატი. შავი ზღვის სანაპიროს კლიმატი ძირითადად ფორმირდება ფიზიკო-გეოგრაფიული, რადიაციული და ცირკულაციური ფაქტორების გავლენით.

ჰაერის მასების გადატანას შავი ზღვის რაიონში ძირი-

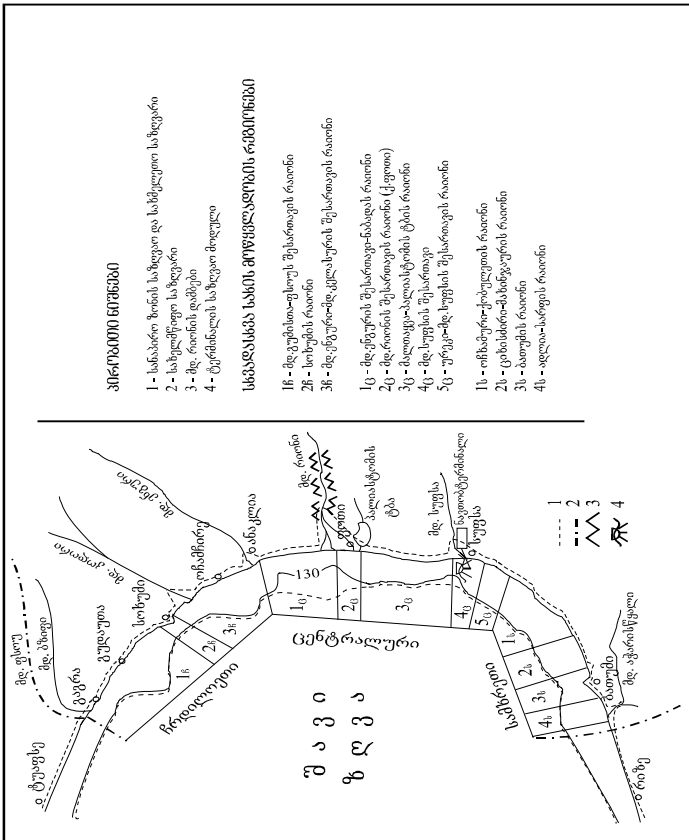
თაღად განაპირობებს ციკლონური და ანტიციკლონური ურთიერთობები, რომლებიც ვითარდებიან ევროპის ტერიტორიაზე. მთელი წლის განმავლობაში განსაკუთრებით ძლიერ მოქმედებს აზოვის ანტიციკლონი, ზამთარში - ხმელთაშუა ზღვის ციკლონი და აღმოსავლეთ ევროპული ანტიციკლონი. შავი ზღვის აუზის კლიმატზე დიდ გავლენას ახდენს აღმოსავლეთ ევროპის დაბლობი და ბალკანეთის ნახევარკუნძულის აღმოსავლეთი ნაწილი, რომელთა თავზე ფორმირდება კონტინენტალური ჰაერი - ზამთარში ძალიან ცივი, ზაფხულში კი ცხელი.

12. სანაპირო ზონის ფონური თავისებურებები

საქართველოს სანაპირო ზონა მოიცავს შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროს 320 კმ სიგრძის მონაკვეთს (სურ.5) მდ. ფსოუს შესართავიდან (სახელმწიფო საზღვარი რუსეთის ფედერაციასთან) კელენდრის კონცხამდე (საზღვარი თურქეთთან). საზღვაო საზღვარი უმეტესად 130 მ-იან იზობათს მიუყვება და მხოლოდ დიდ მდინარეთა შესართავებში გადაიხრება ზღვისკენ. სახმელეთო საზღვარი წარმოადგენს იმ წარმოსახვით ზღვარს, სადამდეც ვრცელდება ზღვის წყლის გავლენა მისი ყველაზე მაღალი აქტიურობის დროს. ამ ზონის ფართობი დაახლოებით 2600 კმ²-ა, საზღვაო ნაწილისა - 2200 კმ² (85%), საშუალო სიგანეა დაახლოებით 8.0 კმ, უდიდესი სიგანე 25 კმ აღწევს (გუდაუთის მეჩენი). საკვლევი რეგიონი მდებარეობს კავკასიის ტექტონიკურ ზონაში, რომელსაც ახასიათებს მაღალი აქტიურობა, მერედიანული რღვევის ხაზები, საუკუნოვანი რყევის დიდი სიჩქარე და ვერტიკალური მოძრაობის ტენდენციის მკვეთრი ცვალებადობა სანაპირო ხაზის გასწვრივ. სანაპირო ზონა ამ თავისებურებათა მიხედვით იყოფა სამ ძირითად ნაწილად, რომელთაგან განაპირა, ანუ ჩრდილოეთი და სამხრეთი მონაკვეთები მაღლა მიიწევენ 1.5-3.0 მმ/წ სიჩქარით, ხოლო ცენტრალური, ანუ მდ. ენგურისა და მდ. ნატანებს შორის მოქცეული მონაკვეთი იძირება 1.0-5.6 მმ/წ სიჩქარით. ამასთან ყველაზე სწრაფად იძირება (C=4.0-5.6 მმ/წ) ცენტრალური მონაკვეთის ფოთი-სუფსის სანაპირო. [7]

მსოფლიო ოკეანის დონის ცვალებადობის ანალიზმა უჩვენა, რომ წყლის დონის აწევა არის კლიმატური დათბობის შედეგი. ამდენად, შავი ზღვის დონის პერმანენტული ზრდა

არის მსოფლიო ოკეანის თანამდროვე ევტაზიის შემადგენელი ნაწილი და გამოწვეულია კლიმატის გლობალური დათბობის ციკლით. ზღვის დონის ევსტაზიურმა აწევამ საქართველოს ზღვისპირეთში შექმნა ეკოლოგიური და ეკონომიკური პრობლემები. საქართველოს სანაპირო ზონა ეკონომიკური პრობლემების, ანუ მოწყვლადობის სიმძიმის, აგრეთვე ევსტაზიური და ეკოლოგიური პროცესების ერთობლივი შედეგების მიხედვით შეიძლება დაიყოს ჩრდილოეთ (მდ. ენგურამდე), სამხრეთ (მდ. ნატანებიდან სამხრეთით) და ცენტრალურ მონაკვეთებად (სურ. 5). [8]



სურ.5. საქართველოს სანაპირო ზონის ძირითადი მონაკვეთები და უბნები მოწყვლადობისა და ადაპტაციის მიხედვით

ზღვის დინამიკური სისტემის ერთ-ერთი მთავარი ენერგეტიკული წყაროა ქარი, რომლის მიმართულებას ზღვის აუზის ოროგრაფია და ჰაერის მასების მოძრაობის ტრაექტორიები განსაზღვრავენ. ამის გამო ზღვის აკვატორიაზე ძირითადია ჩრდილოეთის, სამხრეთ-დასავლეთის და აღმოსავლეთის რუმბის ქარები, რომელთაგან თითოეული გარკვეული კუთხით არის მიმართული ზღვის მიმართ, მაგრამ ისე, რომ მათი ჯამური ვექტორის მიმართულება განაპირობებს წყლის მასების მოძრაობას დასავლეთიდან აღმოსავლეთით და რამდენიმე ციკლონურ ჩაკეტილ წრეზე, რომლებიც ძირითადი დინების შიგნით მოქმედებენ. ზღვის დინამიკის თვალსაზრისით სერიოზული მნიშვნელობა აქვს შტორმულ ქარებს, რომლებიც იწვევენ ძლიერ დელტას და წყლის მოდენას ნაპირისაკენ, რის გამოც სანაპიროს გასწვრივ, განსაკუთრებით ყურეებსა და მდინარეთა შესართავებში ზღვის დონე 6-8 საათის განმავლობაში 0.6-1.0 იზრდება, ხოლო შტორმული ტალღების სიმაღლე ზვირთცემის ზოლში 4.5-5.0მ აღწევს. [7]

შავი ზღვის დონეზე დაკვირვებათა მიხედვით წყლის დონის პერმანენტული აწვევა დაიწყო 1923-1925 წლებიდან და მიმდინარეობს 2.5 მმ/წ სიჩქარით. ზღვის დონის აბსოლიტურმა ნაზრდმა 1998 წლისათვის 18 სმ მიაღწია, ხოლო შეფარდებითმა, რომელიც წარმოადგენს ზღვის ზედაპირის აწვევას სანაპიროს მიმართ, ზოგან 50 სმ გადააჭარბა. [7]

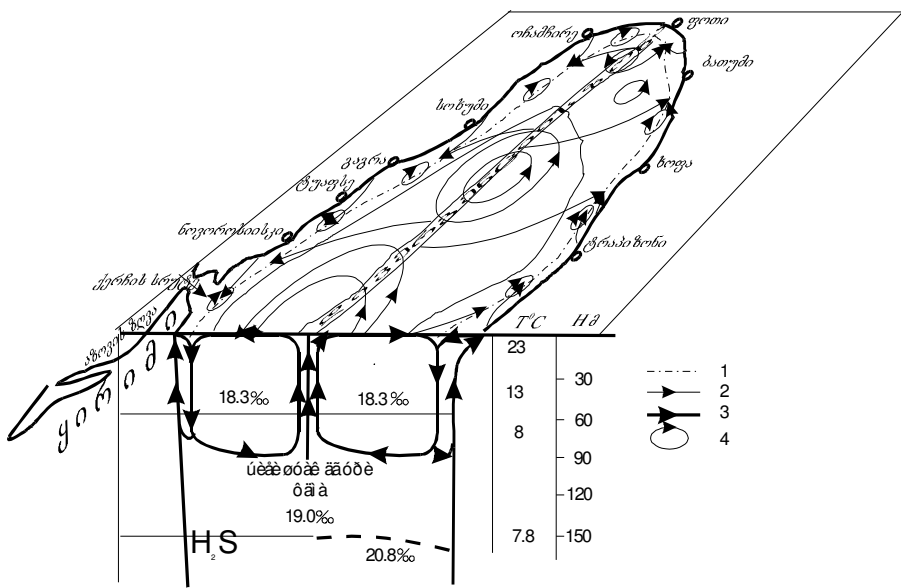
ფოთისა და რიონის დელტის უბანში შეფარდებითი ევსტაზია უდიდესია და 7.6 მმ/წ აღწევს. ეს ნიშნავს, რომ ფოთის ტერიტორია ბოლო 70-80 წლის განმავლობაში ზღვის, პალეოსტომის ტბის და მდ. რიონის მიმართ თითქმის 0.52 მ-ით დაიძირა. წყალმოვარდნის საწინაარმდეგო დამბები, რომლებიც ქალაქს იცავს მდ. რიონისა და პალეოსტომის ტბისაგან, უკვე ვეღარ უზრუნველყოფენ ქალაქის საიმედო დაცვას. რასაც ადასტურებს მდ. რიონის 1987 და 1997 წლების კატასტროფული წყალმოვარდნები. [7]

მოწყვლადობის მიძიმე სახეა ფოთისა სანაპიროს ჩარეცხვა-დატბორვა, რის გამოც ზღვამ წინ თითქმის 0.9 კმ-ით წამოიწია და 600 ჰა პლაჟი ჩარეცხა. ეს პროცესი ისე ინტენსიურად მიმდინარეობს, რომ სერიოზულ საფრთხეს უქმნის მეორე, ანუ მალთაყვა-სუფსის უბანში ზღვისპირა დიუნის თხემზე გამავალ საავტომობილო ტრასას, რომელიც ქ. ფოთს

სუფსის ტერმინალთან აკავშირებს. ამ უბანზე ევსტაზიამ 32-55 სმ მიაღწია, რის გამოც ზღვამ ხმელეთის სიღრმეში 50-70 მ-ით შემოიწია.

საკვლევ რეგიონში ზღვის ჰორიზონტალურ ცირკულაციას ქმნიან დრეიფული და მდინარისმიერი დინებები, ხოლო ვერტიკალურს – შავი ზღვის ცენტრალური დივერგენცია და პერიფერიული კონვერგენცია. აქ მთავრია ძირითადი დრეიფული დინება, რომელიც ირგვლივ უკლის ზღვას და რომლის შედეგთან შეხების არეში წარმოიქმნება გრივალური დაღმავალი რინგები.

შავი ზღვის დივერგენტულ-კონვერგენტული დინამიკა, დრეიფულ და მდინარისმიერ დინებებთან ერთად განაპირობებს წყლის ვერტიკალურ ოთხწრიული ბრუნვის სისტემას (სურ.6), რომელთაგან განაპირა წრებრუნვები მოიცავენ სანაპირო ზონას, ხოლო ცენტრალური – ზღვის დანარჩენ ნაწილს. [8]



სურ. 6. შავი ზღვის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ცირკულაცია: 1 - კონვერგენციის ზონა; 2 - დრეიფული დი-

ნებები; 3 – ვერტიკალური ცირკულაციური დინებები; 4 – კონვერგენციის რინგები

ლიტერატურიდან ცნობილია [9], რომ საკვლევი რეგიონი წარმოადგენს კოლხეთის ბიოგეოგრაფიულ რეგიონს, რომელიც გამყინვარებათა ეპოქებში მესამეულის ფლორის წარმომადგენელთა თავშესაფარი (რეფუგიუმი) იყო. მცენარეთა მთელი რიგი სახეობებისა, რომლებსაც დღესაც მყარი ფიტოცენოზური პოზიცია თუ გამოკვეთილი ეკოლოგიური ნიშა უჭირავს რელიქტურია. ამასთან, რელიქტების მნიშვნელოვანი ნაწილი ადგილობრივი წარმოშობისაა, რიგი სახეობებისა კი ლოკალურ ენდემებს წარმოადგენს და უიშვიათესია.

რეგიონის თანამედროვე ეკოლოგიურ-ფიტოცენოლოგიური სტრუქტურის თვალსაზრისით აქ განსაკუთრებული როლი ნახევრადგანრთხმულ, უპირატესად ბუჩქნარ, რელიქტთა ჯგუფს ეკუთვნის. ამ ჯგუფის ბირთვის მარადმწვანე რელიქტები ქმნის როგორცაა: პონტოს შქერი, უნგერნის შქერი (ლოკალური ენდემი), სმირნოვის შქერი (ლოკალური ენდემი), წყავი, ბაძგი, თავვისარა, ეპიგეა (უიშვიათესი ლოკალური ენდემი) და სხვა. ამ ჯგუფის არსებობა მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს კოლხეთის ეკოსისტემების დინამიკის თანამედროვე ტენდენციებსა თუ სტაბილურობას.

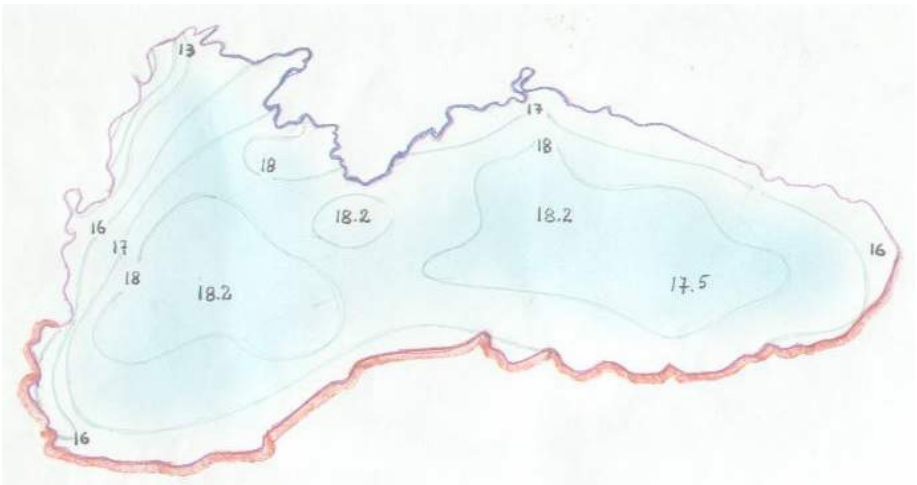
13. შავი ზღვის ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური დასახიათება

შავი ზღვის წყლები ქიმიური შედგენილობით განსხვავდება სხვა ზღვების წყლებისაგან. ეს აიხსნება მისი ჰიდროლოგიური თავისებურებებით, განსაკუთრებით კი მისი წყლის მასის ჩამოყალიბების თავისებურებებით, სტრუქტურითა და დინამიკით.

ჯერ კიდევ უძველესი დროიდან ცნობილი იყო, რომ შავი ზღვის (პონტოს) წყალი ნაკლებად მარილიანია-დაახლოებით 2-ჯერ ვიდრე მსოფლიო ოკეანეების წყლები. ეს გამოწვეულია იმით, რომ შავ ზღვაში ჩაედინება დიდი რაოდენობით მდინარეთა მტკნარი წყლები. მათ შორის ყველაზე დიდი მდინარეა დუნაი (ევროპაში სიდიდით მეორე). მას წელიწადში ზღვაში ჩააქვს 203კმ³ მტკნარი წყალი. მდინარე დნეპრი სიდიდით მეორეა, რომელიც ჩაედინება შავი

ზღვის აუზში. მდინარე რიონს, რომელსაც ჩააქვს კავკასიიდან ჩამონადენი მტკნარი წყლები, კოლხეთის დაბლობის გავლით ზღვის აუზში ჩააქვს წელიწადში დაახლოებით 13 კმ³ წყალი. აჭარის რეგიონში შავ ზღვაში ჩაედინება მდინარე ჭოროხი და ჩააქვს ზღვაში ყოველწლიურად 9 კმ³ წყალი, აგრეთვე თურქეთის ტერიტორიიდან მდინარეები კიზილ-ირმაკი, ეშილ-ირმაკი და საქარა, რომელთა წყლის რაოდენობა ზღვაში უტოლდება 23 კმ³. [6-10]

შავი ზღვის აუზის მარილიანობის მუდმივობა (17-18°) პირდაპირ დამოკიდებულია წყლის ზედაპირულ აორთქლების ინტენსიობაზე, ხმელთაშუა ზღვისა და მარმარილოს ზღვების წყლებთან ურთიერთგაცვლის პროცესებზე. (სურ. 7)

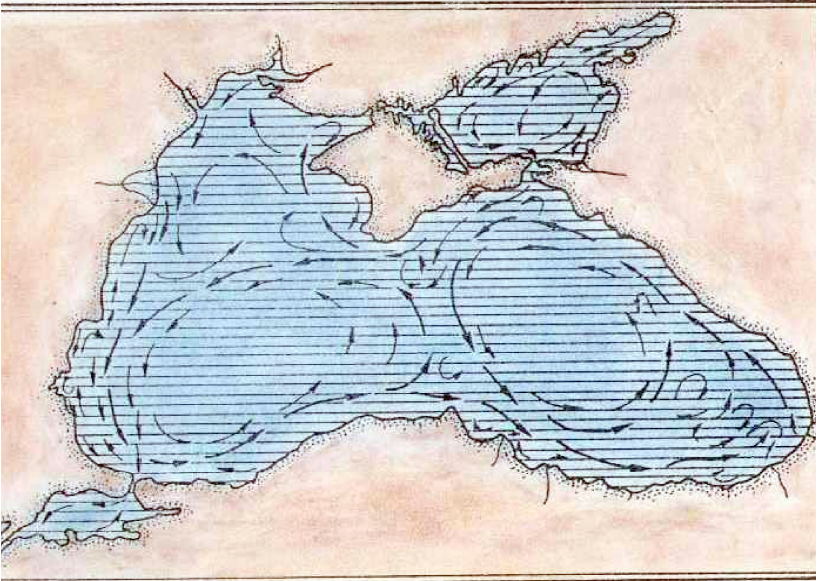


სურ. 7. შავი ზღვის ზედაპირულ წყლებში დამახასიათებელი მარილიანობა (‰)

მარილიანობა ზღვის ცენტრალურ ნაწილში სეზონების მიხედვით უმნიშვნელოდ შეიძლება შეიცვალოს. ნაპირების გასწვრივ კი მდინარის მტკნარი წყლების გავლენით მცირდება და სეზონური ცვალებადობაც უფრო მკაფიოდ არის გამოხატული და 16-დან 17 ‰-მდეა. შავი ზღვის წყლების მარილიანობა მკვეთრად იზრდება სიღრმეში. შავი ზღვის

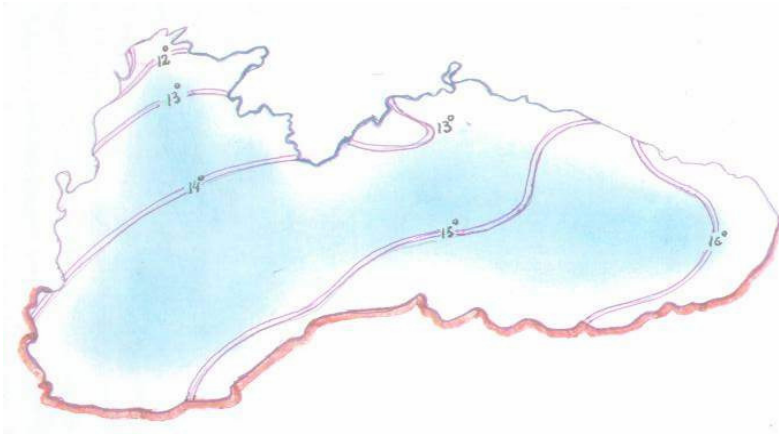
დრმაწყლიან უბნებში მარილიანობის ცვლილება შეიმჩნევა მხოლოდ 75 მ-მდე, ანუ იმ სიღრმემდე, სადამდეც აღწევს ზამთრის ვერტიკალური ცირკულაცია. გაზაფხულზე კი, როცა ვერტიკალური გადაადგილება პრაქტიკულად არ ხდება, მარილიანობაში განსხვავება სიღრმის მიხედვით აღწევს თავის მაქსიმუმს. ამ დროს წყლის ზედაპირზე მარილიანობა მინიმალურია, სიღრმეში – მაქსიმალური.

თანამედროვე გამოკვლევების შედეგად დამტკიცებული იქნა შიდა სიღრმის დინებების არსებობა მარმარილოს ზღვიდან შავი ზღვისაკენ, რომლებიც მოქმედებენ მთელი წლის განმავლობაში და იცვლიან მოქმედების ინტენსიობას ჰიდროლოგიურ და მეტეოროლოგიურ ფაქტორებთან კავშირში სეზონების მიხედვით. შემოდის რა მარმარილოს (შედარებით მაღალ სიმკვრივის მქონე) წყლები შავი ზღვის აუზში, იგი ერევა სიღრმეში მყოფ გოგირდწყალბადიანი ფენის წყლებს და შემდგომ ამ წყალთა ნარევი მოიწევს ზემოთ და უერთდება (ანუ ერევა) ნაკლებად მარილიან შავი ზღვის ზედაპირულ წყლებს, რის შედეგადაც ფორმირდება სპეციფიკური ქიმიური შედგენილობის ზედაპირული წყლის შრე. ზედაპირული წყლების ნამატი კი თავისთავად უკან უბრუნდება ბოსფორის სრუტეს ზედაპირული დინებების შედეგად. შავ ზღვაში ზედაპირული დინებები აღმოცენდებიან მდინარეების შესართავებთან და იხრებიან მარჯვნივ. დინების შემდგომი მიმართულებები კი დამოკიდებულია ქარის მიმართულებაზე და ნაპირის კონფიგურაციაზე. შავი ზღვისათვის დამახასიათებელი ზედაპირული დინებები მოცემულია სურ. 8-ზე.



სურ. 8. შავი ზღვის ზედაპირული დინებების სქემა

საშუალო წლიური ტემპერატურა შავი ზღვის წყლებში ძირითადად განისაზღვრება მათი გეოგრაფიული მდებარეობით და დინებების არსებობით. ყველაზე მაღალი ტემპერატურაა აგვისტოში, მინიმალური კი თებერვალში. ტემპერატურის სეზონური ცვლილება ძირითადად შეიმჩნევა 75 მ სიღრმემდე, შემდეგ ის პრაქტიკულად არ იცვლება. 500 მ სიღრმის ქვემოთ არის $8,9^{\circ}\text{C}$, ხოლო 2000 მ სიღრმეში კი $9,1^{\circ}\text{C}$. ტემპერატურის წლიური ცვალებადობა კი მერყეობს 17-20 გრადუსის ფარგლებში. (სურ. 9)



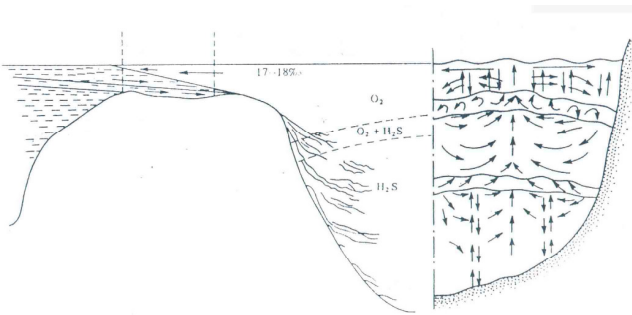
სურ. 9. შავი ზღვის ზედაპირული წყლის საშუალო წლიური ტემპერატურის გადანაწილება

ტემპერატურისა და მარილიანობის მიხედვით წყლის სიმკვრივე დიდ ინტერვალში მერყეობს, როგორც დროის, ასევე სივრცის მიხედვით. ზედაპირულ ფენებში გაზაფხულსა და ზაფხულში ის მცირდება. სიმკვრივის საშუალო მნიშვნელობა ~ 1,0123. მაქსიმალური (სიღრმის რაიონებში) კი აღწევს 1,0173. სანაპირო ზოლის რაიონებში, იქ სადაც ჩაედინება მდინარის წყლები, მისი მნიშვნელობა შეიძლება 1-ზე ნაკლებიც კი იყოს. [9-10]

წყლის ფენების ვერტიკალური გადაადგილებისათვის უკეთესი პირობები იქმნება ზამთარში. ამ სეზონში ვერტიკალური ცირკულაცია ძირითადად მიმდინარეობს ზედა 100 მ-იან ზონაში და მხოლოდ იშვიათად შეიძლება გაიზარდოს 150-200 მ-მდე. ამ ზონაში ვერტიკალური გადაადგილება ხორციელდება მარმარილოს ზღვის წყლის ჩამოდინების ხარჯზე. მარმარილოს და შავი ზღვის წყლების მარილიანობის საფუძველზე გამოთვლილია, რომ დაახლოებით 500 წელიწადში შესაძლებელია შავი ზღვის სიღრმეში წყლების სრული გაახლება. თუმცა ეს პროცესი დაჩქარებულია შავი ზღვის წყლების უკუდინებების ხარჯზე მარმარილოს ზღვაში, შიდა ტალღების

ზემოქმედების გავლენით, წყლის ტურბულენტობისა და ეგზოთერმული პროცესების გამო, თვით წყლის აწვევისა და დაწვევისას ციკლონური და ანტიციკლონური დინებების პროცესში და სხვა. შავი ზღვის წყლებში ვერტიკალური გაცვლის და მარმარილოს ზღვიდან შავ ზღვაში ჩამოდინების სქემა მოცემულია სურათზე 10.

მარმარილოს ბოსფორის შავი ზღვა
ზღვა სრუტე

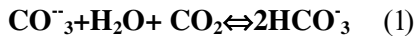


სურ. 10 შავი ზღვის წყლებში ვერტიკალური გაცვლის და მარმარილოს ზღვიდან შავ ზღვაში ჩამოდინების სქემა წყარო:

შავი ზღვის წყლების ქიმიური თავისებურებანი ძირითადად განპირობებულია სიღრმის ფენების უკიდურესად სუსტი ძვრადობით და დიდი რაოდენობით ჩამდინარე წყლების არსებობით (მდინარეების სახით). ცხადია, ამ შემთხვევაში მნიშვნელობა აქვს არა მარტო მდინარეების მიერ ჩატანილი წყლების მოცულობას, არამედ მათ ქიმიურ შედგენილობასაც, ზღვის ზედაპირული ფენების აორთქლებისა და ტემპერატურის ცვლილების პროცესების ინტენსიობას და მასში მიმდინარე ფიზიკო-ქიმიურ და ბიოქიმიურ პროცესებს. ეს უკანასკნელი იწვევს არა მარტო რაოდენობრივ, არამედ თვისობრივ ცვლილებებსაც ზღვის სიღრმეში არსებულ მარილებსა თუ გაზებში.

შავი ზღვის წყლის 1 ლ მოცულობა ნიმუშის აორთქლებისას ვიდებთ მყარ ნაშთს 18 გრამის ოდენობით. როგორც ყველა სხვა ზღვის წყლების შედგენილობაში, ამ შემთხვევაშიც მყარი ნაშთი შეიცავს **NaCl**, **KCl**, **MgSO₄**, **CaCO₃**, მარილებს, რომლებიც იმყოფებიან დისოცირებულ მდგომარეობაში შემდეგი იონების სახით: **Cl⁻**; **SO₄²⁻**; **HCO₃⁻**; **CO₃²⁻**; **Na⁺**; **Mg²⁺**; **Ca²⁺** და **K⁺**. ჩამოთვლილი იონების პროცენტული თანაფარდობა შავი ზღვის წყლებში განსხვავებულია ოკეანის წყლებთან შედარებით. [10-11]

ზღვის სიდრმეში ანაერობული ბაქტერიების გავლენით **SO₄²⁻**-ის იონები აღდგებიან და წარმოიქმნება **H₂S** და ჰიდროკარბონატები, რის შედეგადაც ამ ფენის წყლის ზონაში მცირდება **SO₄²⁻**-ის შემცველობა და იზრდება **HCO₃⁻**-ისა. შავი ზღვის ზედაპირზე დიდი მოცულობით ჩამდინარე წყლების გამო მცირეა ქლორ იონების, სულფატ და სულფიდ იონების შემცველობა ოკეანის წყლებთან შედარებით. კარბონატ იონების შემცველობა ზედაპირული ფენის წყლებში განისაზღვრება წლის სეზონურობით და **CO₂**-ის გადანაწილებით მოცემულ ზედაპირზე. ბიკარბონატისა და კარბონატის იონებს შორის არსებობს შემდეგი წონასწორული დამოკიდებულება:



ფოტოსინთეზის პროცესის გააქტიურებისას წონასწორობა გადახრილია მარცხნივ, ანუ ზაფხულში ჭარბობს **CO₃²⁻**-ის რაოდენობა, ზამთარში კი პირიქით.

ქლორიდების გარდა წყალში გვხვდება აგრეთვე სხვა ჰალოგენიდები (ბრომიდები, ფტორიდები, იოდიდები). ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით [6,9,10], 1 კგ ზედაპირულ შავი ზღვის წყალში არის 0,025 გრ **Br₂**; 0,0006 გრ **F₂** და 0,00002 გრ **I₂**; 0,0018 გრ ბორატები და ბორის მჟავა, სიდრმეში კი ამ უკანასკნელის შემცველობა უტოლდება 0,03 გრ-ს. წყლის სიდრმეში აღინიშნება ჰიდროსულფიდ იონები (0,01 გრ), რაც აიხსნება წყლის ამ ზონაში გოგირდწყალბადის არსებობით. ამ ბოლო მონაცემებით შავი ზღვის წყლები იქნენ თავისებურ სპეციფიურობას და გამოირჩევიან მსოფლიო ზღვების წყლებისაგან.

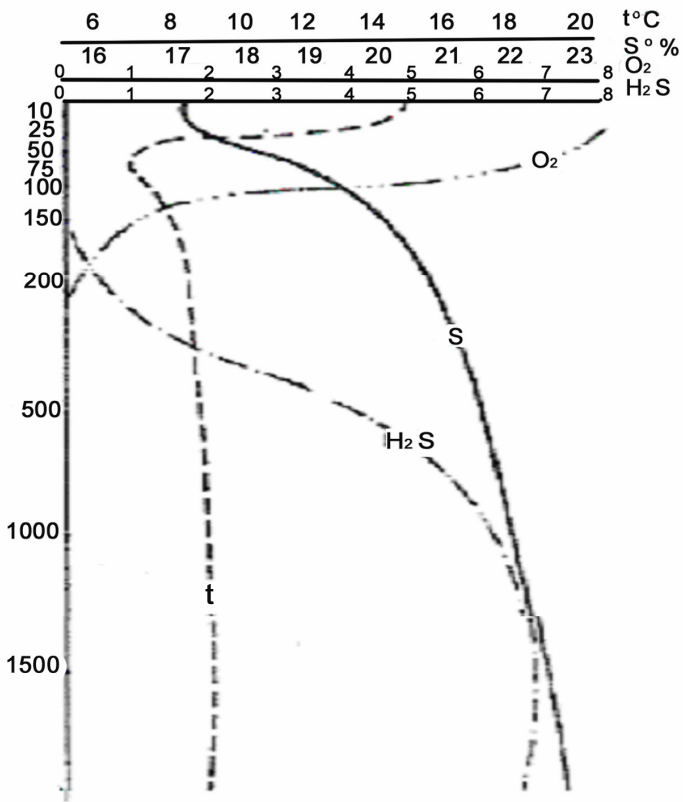
შავი ზღვის წყალში გახსნილ გაზებს შორის შემცველობის მიხედვით მნიშვნელოვანია აზოტი (**N₂**) - 12,7 მლ/ლ,

რაც შეადგენს 15,9 მგ/ლ. სიღრმეში მისი შემცველობა ოდნავ მატულობს, ხოლო თავისუფალი ჟანგბადის (O_2) შემცველობაა - 7 მლ/ლ, ანუ 10 მგ/ლ, რაც გარკვეულ ტემპერატურაზე შეესაბამება 100% გაჯერებულობას; 50მ სიღრმის ქვემოთ ჟანგბადის გაჯერებულობა თანდათან კლებულობს და 150 მ სიღრმეში წყლის ზოგიერთ რეგიონში საერთოდ ქრება. (სურ. 11)

ორგანული ნაერთები შავ ზღვაში იმყოფებიან გახსნილ, კოლოიდურ და შეწონილ მდგომარეობაში. ზედაპირული წყლების 1 ლ შეიცავს დაახლოებით 3-4 მგ მშრალ ნაშთს, ხოლო ზღვის უფრო ღრმა ფენებში მათი შემცველობა კლებულობს. (თუმცა იმ ფენებში, სადაც წყლის სიმკვრივე მკვეთრად იზრდება, ორგანულ ნაერთთა რაოდენობაც მატულობს) [11.12].

შავი ზღვის წყალში იმყოფება თითქმის ყველა ქიმიური ელემენტი ძირითადად მცირე რაოდენობით, როგორც იონების, მოლეკულების, ასევე რთული არაორგანული და ორგანული ნაერთების სახით.

მათ შორის ზოგიერთი ქიმიური ელემენტი (ბიოგენური ელემენტები), რომელთა შორის უმთავრესია ფოსფატების ფოსფორი და ნიტრატების აზოტი. ხშირად ბიოგენების შემცველობა წყალში იმდენად მცირეა, რომ ბოლომდე ხდება მათი ათვისება ფიტოპლანქტონის მიერ.



სურ. 11 ტემპერატურა (t°C), მარილიანობის (S° %), გახსნილი ჟანგბადის (O₂) და გოგირდწყალბადის (H₂S) ვერტიკალური განაწილება შავი ზღვის წყლის ღრმა შრეებში

აღსანიშნავია, რომ შავი ზღვა წარმოადგენს ქვეყნის უმთავრეს თევზსაჭერ და რეკრეაციულ რესურსს, მასში გავრცელებული თევზისა და ვეშაპის სახეობების სიმრავლე მნიშვნელოვანია, როგორცა საქართველოს განსაკუთრებული ბიომრავალფეროვნებისათვის, ასევე ქვეყნის ეკონომიკისათვის. ამასთან, იგი ხასიათდება ზღვისთვის სპეციფიური მრავალფეროვანი ბიოცენოზითა და ნაპირის ბინადრებით.

14. მდინარე რიონისა და ტბა კალიასტომის ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური დახასიათება

შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზოლი წარმოადგენს უნიკალური ჭაობიანი და ჭარბტენიანი ლანშაფტების განლაგების ზონას, სადაც ცენტრალური კოლხეთის დიდი ნაწილი და პალიასტომის ტბა შეტანილია რამსარის საერთაშორისო კონვენციით დაცული ობიექტების სიაში.

რეგიონის ჰიდროგრაფიული ქსელი მოცემულია სურათზე 12.



სურ. 12. რეგიონის ჰიდროგრაფია

რეგიონში არსებული მდინარეები საზრდოობის ხასიათის, წყლიანობისა და აუზის მორფოლოგიის მიხედვით შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად [13, 14]:

1. ტრანზიტული ანუ დიდი მდინარეები: ენგური, ხობი და რიონი რომლებიც საზრდოობენ მყინვარული, გრუნტის, წვიმის წყლებით და თოვლის ნაღობი წყლებით. მათ ახასიათებთ გაზაფხულ-ზაფხულის წყალდიდობები და ზამთრის წყალმცირობა.
1. მთისწინების, ანუ საშუალო სიგრძის მდინარეები: აბაშა, სუფსა, ნატანები, კინტრიში, ჩაქვისწყალი და ყოროლისწყალი. ისინი საზრდოობენ თოვლის ნაღობი წყლებით, წვიმისა და გრუნტის წყლებით.
2. მცირე მდინარეები, რომელთაც სათავე დაბლობზე აქვთ: ფიჩორა, ცივი, მალთაყვა, ბარცხანა, კუბისწყალი და ა.შ. ისინი საზრდოობენ წვიმისა და გრუნტის წყლებით და ახასიათებთ წყალმოვარდნები მთელი წლის განმავლობაში.

საკვლევი რაიონის თითქმის მთელ ფართობზე გრუნტის წყლები აქტიურ როლს ასრულებენ დაჭაობების პროცესში. [14]

ზღვის პლაჟურ წარმონაქმნთა წყალშემცველი ჰორიზონტი აგებულია ქვიშა-კენჭ-კაჭარის გროვებიდან და 200-500 მ-იანი ზოლის სახით მიუყვება ზღვის ნაპირს. აქ სადამკვირვებლო ჭებიდან ამოდის ზომიერი სიხისტის (3-8 მგ-ექვ) და სუსტად მინერალიზებული (0,15-0,3 გრ/ლ) ჰიდროკარბონატული კალციუმიან-მაგნიუმიანი წყლები. მათი კვების წყარო ძირითადად ატმოსფერული ნალექებია.

საქართველოს ფარგლებში ყველაზე დიდი მდინარეა რიონი, რომელიც სათავეს იღებს დიდი კავკასიონის მთიანეთში, ფასის მთიდან და ჩაედინება შავ ზღვაში ქალაქ ფოთთან.

როგორც ცნობილია, მდინარეთა ჩამონადენის მოცულობასთან მჭიდროდაა დაკავშირებული მისი კალაპოტის წყლების მყისიერი ჯამური მარაგი, ანუ კალაპოტში მყოფი წყლის მოცულობა. ზღვის სანაპიროსა და პლაჟების ფორმირებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება შავი ზღვის აუზის მდინარეების მყარი ნატანის ჩამონადენს. მდინარე რიონისათვის საშუალო მრავალწლიური ჩამონადენი ჩამკეც კვეთთან (საქოჩაკიძე) უტოლდება 13.220 კმ³-ს (სიდიდეები აღდგენილია წყალადების გათვალისწინებით), მდინარის სიმღვრივე უტოლდება 530 გრ/მ³. წყალდიდობის პერიოდში

ფსკერული და ატივინარებული ნატანის ჩამონადენის თანაფარდობა მდ. რიონისთვის 20-35% შეადგენს. მდ რიონის აუზში თავმოყრილია 124 მყინვარი, საერთო ფართობით 62.9 კმ², ისინი მდებარეობენ ზღვის დონიდან 2970 მ-დან 3500 მ-მდე, ყინულის მოცულობა შეადგენს 2.163 კმ³-ს..

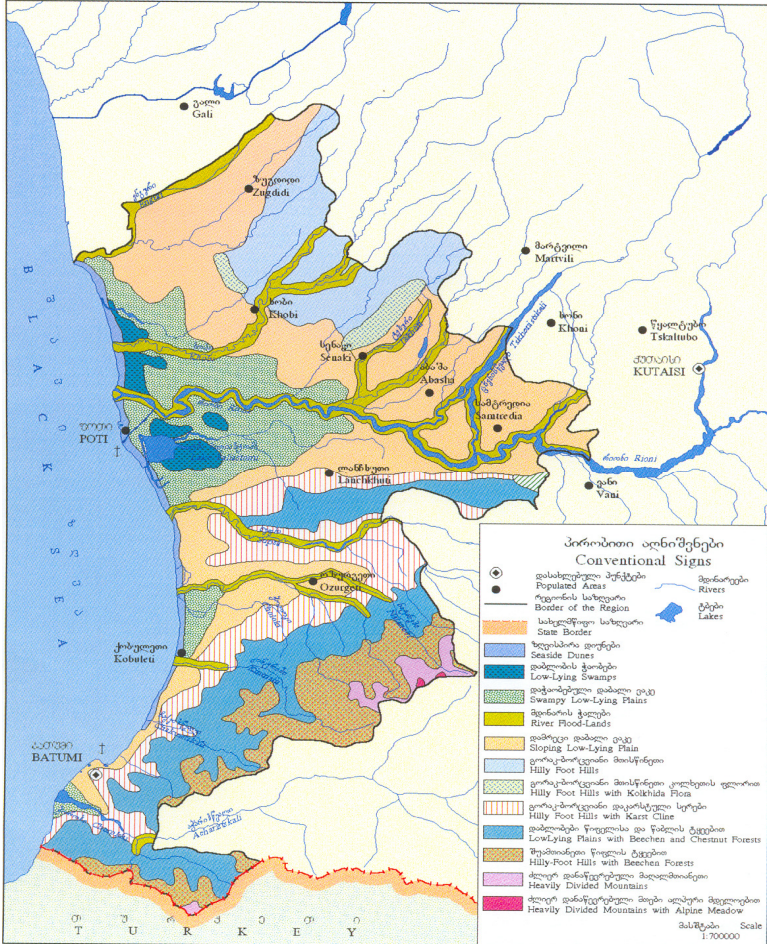
როგორც ლიტერატურული მონაცემებიდანაა ცნობილი, მდინარე რიონის აუზში მინერალიზაცია მერყეობს 107-700 მგ/ლ, [15, 16] მდინარეების გარდა კოლხეთში მრავლადაა ტბები და ჭაობები. ყველაზე დიდია ლაგუნური წარმოშობის, გამდინარე პალიასტომის ტბა, რომელიც საზრდოობს ატმოსფერული ნალექებითა და ჭაობის წყლებით. პალიასტომის ტბა ზღვის დონიდან -0.3 მ სიმაღლეზე მდებარეობს, მისი ფართობი S=18.2 კმ²-ია, აუზის S=547 კმ², ტბის მაქსიმალური სიღრმე 3.2 მეტრია, საშუალო სიღრმე - 2.6 მ, ხოლო მოცულობა V=52.0 მლნ. მ³ უტოლდება. პალიასტომის ტბა ზღვას ერთვოდა მდინარე კაპარჭინით, ხოლო 1924 წლის შემდეგ - მოკლე განიერი არხით (სიგრძე - 1,5 კმ, სიგანე - 150 მ, სიღრმე 3-4 მ.). არხის ზომები საკმარისია ზღვასა და ტბას შორის თავისუფალი წყალცვლისათვის, რამაც გამოიწვია ტბის მარილიანობის 1%-დან 13%-მდე გაზრდა. ხელოვნურად გაჭრილმა არხმა მნიშვნელოვნად შეცვალა ტბის ჰიდრობიოლოგია და გამოიწვია მტკნარი წყლის პლანქტონის ბიომასის 15-ჯერ და ბენტოსის 6-ჯერ შემცირება. თუ 1984 წელს ტბაში 36 თევზის სახეობიდან აღიწერა 27, დღეისათვის შემორჩენილი მხოლოდ 16 სახეობა. ტბის წლიური პროდუქტიულობა შემცირდა 2,5 ტონიდან 0,5 ტონამდე. [16]

დასავლეთ კოლხეთში ჭარბობს ჰიდრომორფული და ალუვიურ-ჰიდრომორფული, აგრეთვე სუბტროპიკული ზონის თისნარ-გაეწერებული, გაეწერებული, მინდვრის კორდიანი და მინდვრის ალუვიურ-გაეწერებული ნიადაგები.

ზღვისპირა ზოლში მდინარე ენგურიდან მდინარე სუფსამდე თითქმის ყველგან გავრცელებულია დაბლობის ტორფიანი ნიადაგები. მათ ყველაზე მეტი ფართობი უჭირავთ პალიასტომის ტბის მიდამოებში, რიონი-ხოზის შუამდინარეთის ჩრდილოეთ ნაწილსა და ჭოლოკი-კინტრიშის ნაპირზე.

სენაკის, აბაშისა და ლანჩხუთის რაიონებში გავრცელებულია მინდვრის ალუვიური, მინდვრის კორდიანი ნიადაგები და მათი გაეწერებული სახეები.

სუფსა-ნატანებისა და ნატანები-კინტრიშის შუამდინარეთში განვითარებულია დეგრადირებული წითელმიწა და ყვითელმიწა ნიადაგები, რომლებიც ხასიათდებიან კარგი წყალგამტარობით. რეგიონში გავრცელებული ლანდშაფტი მოცემულია სურათზე 13.



სურ. 13. რეგიონის ლანდშაფტები

საქართველოში გავრცელებული 300 სახეობის ფრინველებიდან ნახევარი მიგრირებად სახეობებს წარმოადგენს, რომელთა დასახამთრებელი ადგილია სანაპირო ზოლი და

პალიასტომის ტბა.

პალიასტომის ტბისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე თავმოყრილია მესამეული მეზოფილური ფლორის იშვიათი რელიქტები, ფიქსირებულია 21 სახეობა, რომელთაგანაც 6 საქართველოსა და კავკასიის ენდემია, ზოგი მათგანი (*Kosteletzkya Pentacarp*) მხოლოდ პალიასტომის მიმდებარე ჭაობებში გვხვდება. ტბის მიმდებარე მიდამოებში გამოიყოფა ჭაობის, წყლის, ტყის და მეორეული მდელოს მცენარეული თანასახოგადობები. ტბის დაჭაობებულ ზონაში ფსკერი შავი ზღვის დონეზე დაბლა მდებარეობს და წარმოადგენს ტორფიან ანუ სფაგნუმიან ჭაობს, რომელიც ფლორისტულად ძალზედ ღარიბია. ტბის ფიტოპლანქტონის უმრავლესობას შეადგენს დიატომები. ფიტოპლანქტონის შემადგენლობის მიხედვით პალიასტომის ტბა შეიძლება მიეკუთვნოს ევტროფულ წყალსატევს. [17]

უკანასკნელ წლებში ზედაპირულ წყლებში დამაბინძურებელი კომპონენტების რაოდენობრივი ზრდის გარდა მიმდინარეობს მათი ხარისხობრივი შემადგენლობის ცვალებადობაც. მდინარე რიონი მიედინება ისეთ დიდ სამრეწველო ქალაქებში, როგორცაა ქ. ქუთაისი, სამტრედია, ფოთი და განიცდის მსხვილი სამრეწველო ობიექტების: ჭიათურის სამთოგადამამუშავებელი კომბინატი, ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა, ქუთაისის ავტოსამშენებლო ქარხანა, ხის გადამამუშავებელი კომბინატი და სხვა მრავალი მცირე ობიექტების გავლენას.

რეგიონის ფარგლებში განლაგებული მსხვილი სამრეწველო და საპორტო ქალაქები, სოფლები და დასახლებული პუნქტები თავისი საყოფაცხოვრებო, სასოფლო-სამეურნეო ნარჩენებით აბინძურებენ შავ ზღვას. მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ სწორედ ეს რეგიონი წარმოადგენს საქართველოს ძირითად საზღვაო-საკურორტო ზონას კარგად განვითარებული რეკრეაციული მეურნეობით.

15. ბუნებრივ წყლებში ორგანული ნივთიერებების ჰუმუსური მჟავების ფიზიკო-ქიმიური ღახასიათება და მისი ბავრცელბის თავისეპურებები

ზედაპირულ წყლებში ჰუმუსური მჟავების ძირითად წყაროს წარმოდგენს ტორფის საბადოები და ნიადაგები, რომლებიც გამოირეცხება წვიმისა და ჭაობის წყლებით. [18, 19] ჰუმუსური მჟავების მნიშვნელოვანი ნაწილი ხვდება წყალსატევებში მტვერთან ერთად და წარმოიქმნება უშუალოდ წყალსატევეში “ცოცხალი ორგანული ნივთიერებების” ტრანსფორმაციით. [20]

ჰუმინო და ფულვო მჟავები ერთიანდებიან ჰუმუსურ მჟავებად და წარმოდგენენ წყალში არსებული ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვან ნაწილს. ეს მჟავები წარმოდგენენ ბიოქიმიურად მდგრად მაღალმოლეკულურ პოლიფუნქციონალურ ნაერთების ნარევეს. ჰუმინო და ფულვო მჟავები თავიანთი ბუნებით პრინციპულად მსგავსია ჭაობისა და ნიადაგის ჰუმუსური მჟავების. რაც შესაძლებელია მიუთითებდეს მათ გენეტიკურ კავშირზე. ჰუმუსური მჟავები შედგებიან ციკლური სტრუქტურისაგან, რომელშიც არსებობენ არომატული ბირთვები და სხვადასხვა ფუნქციონალური ჯგუფები (ჰიდროქსილური, კარბონილური, კარბოქსილური, ამინოჯგუფები, მეთოქსილური და სხვა). მათი მოლეკულური მასა მერყეობს 500-დან 200 000-მდე და მეტად. ფულვო მჟავები წარმოდგენენ ოქსიკარბონილური ტიპის მჟავებს ნახშირბადის შედარებით ნაკლები შემცველობით და უფრო მეკეთრად გამოსატული მჟავური თვისებებით. [21-24]

ჰუმინო და ფულვომჟავები ზედაპირულ წყლებში იმყოფებიან გახსნილ, შეწონილ და კოლოიდურ მდგომარეობაში, რომელთა შორის თანაფარდობას განსაზღვრავს წყლის ქიმიური შემადგენლობა, ხსნარის pH, წყალსატევეში ბიოლოგიური სიტუაცია და სხვა ფაქტორები.

ჰუმუსური მჟავების დაჟანგვის პროცესში ხდება მათი მაკრომოლეკულის დესტრუქცია შემადგენელ ნაწილებად, ამასთან ამ ნივთიერებების ბევრი თვისება შენარჩუნებულია. ჰუმინო და ფულვო მჟავების ურთიერთგარდაქმნა მიმდინარეობს მასის მნიშვნელოვანი ცვლილებების, დესტრუქციის ან კონდენსაციის გარეშე.

მდინარეებისა და ტბების წყლებში ჰუმუსური მჟავების კონცენტრაცია, როგორც წესი შეადგენს მათედ და მეასედ მკგC/ლ-ზე და რამოდენიმე მილიგრამს ლიტრზე ტყიან და ჭაობიან ადგილებზე. ბევრი მდინარის წყალში ჰუმუსური მჟავები არ არის აღმოჩენილი. როგორც წესი ფულვო მჟავების კონცენტრაცია ათჯერ და მეტად მეტია ჰუმინო მჟავების კონცენტრაციაზე.

ჰუმუსური მჟავები მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენენ წყლის ორგანოლექტიურ თვისებებზე: ქმნის უსიამოვნო სუნს და გემოს, აძნელებს დეზინფექციას და ძალიან სუფთა წყლის მიღებას, აჩქარებს მეტალების კოროზიას და ამით ხელს უწყობს მილსადენის მწყობრიდან გამოსვლას. ისინი აქტიურად ურთიერთქმედებენ არა მარტო კარბონატებთან, არამედ ქანებთან, ზეგავლენას ახდენენ ხსნარში კარბონატული სისტემის მდგომარეობასა და მდგრადობაზე. ჰუმინო მჟავები ურთიერთქმედებენ მიკროელემენტებთან და წარმოქმნიან მყარ კომპლექსებს. [25]

ჰუმუსური მჟავების დიდი რაოდენობის წყალში არსებობამ, შეიძლება უარყოფითი ზეგავლენა მოახდინოს წყალმცენარეებისა და ცოცხალი ორგანიზმების განვითარებაზე, ჟანგბადის კონცენტრაციის მკვეთრად შემცირების გამო-რომელიც მიდის ჰუმუსური მჟავების დაქანგვაზე. ამასთან ჰუმუსური მჟავების დაშლის შედეგად წარმოიქმნება წყლის ორგანიზმებისათვის საჭირო პროდუქტები. ჰუმუსური მჟავების ორგანომინერალური კომპლექსები წარმოადგენენ მიკროელემენტებით მცენარეების კვებისათვის ადვილად ასათვისებელ ფორმას. [20]

ჰუმუსური მჟავების წარმოქმნაში დიდ როლს თამაშობს ფერმენტული დაშლის პროცესები, ფოტოქიმიური დესტრუქცია, ჰიდროლიზი, კონდენსაცია და ფოტოქიმიური სინთეზი-რომლებიც მიმდინარეობს წყალსატევებში.

ლიტერატურული მონაცემებით ჰუმუსური მჟავების ბუნება და სტრუქტურა შესწავლილია ინფრა-წითელი სპექტროსკოპიით, პოტენციომეტრული ტიტრირებით, ფუნქციონალური ჯგუფების თანამიმდევრული ბლოკირებით, მას სპექტროსკოპიით, ელემენტური ანალიზის მეთოდით, ფილტრაციით სეფადექსზე, გაზური ქრომატოგრაფიით. [26-31] ჰუმინის მჟავები აქტიურ მონაწილეობას ღებულობენ ბუნებრივ წყლებში

მიმდინარე მთელ რიგ კომპლექსს წარმოქმნის და სორბციულ პროცესებში. წარმოქმნიან მდგრად ნაერთებს, როგორც მიმე ლითონებთან, ასევე რადიონუკლიდებთან. [22, 23, 24, 32-59]

ელემენტური ანალიზის მიხედვით სხვადასხვა ობიექტიდან გამოყოფილ ჰუმინის მჟავებში C-ს შემცველობა იცვლება 35,91–66,00%-ის ზღვრებში, H – 3,07–7,03%, N – 0,50–6,40%, S – 0,0–2,84%, O – 27,01–51,54%. გარდა ამისა, ზოგიერთი ნიმუში შეიცავს P-ს 0.01–0.74%-ის ფარგლებში. [60-63]

ჰუმინის მჟავების კომპლექს წარმოქმნისა და სორბციული უნარი განპირობებულია სხვადასხვა მდგომარეობაში მყოფი კარბოქსილისა და ფენოლური ჰიდროქსილის ჯგუფების არსებობით და შესაბამისად მათი იონიზაციის ხარისხით. [61, 64-69] მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების მიუხედავად დღემდე არ არის ერთიანი აზრი ჰუმინის მჟავების სტრუქტურული ფორმულის შესახებ.

ჰუმუსური მჟავები წყლებში აღმოჩენილი ერთ-ერთი პირველი ორგანული ნივთიერებებია. ბუნებრივ წყლებში მათი შემცველობა 0,1-დან 100 მგ/ლ-მდე მერყეობს. [21, 30-33] ბუნებრივი წყლების ფსკერულ ნალექებსა და შეტივნარებულ ნივთიერებებში ორგანული ნივთიერებების ჯამური შემცველობის ნახევარზე მეტი ჰუმინის მჟავებზე მოდის. მტკნარი წყლების ფსკერულ ნალექებსა და შეტივნარებულ ნივთიერებებში ჰუმუსური მჟავების შემცველობა იცვლება 0,03-0,80%-ის ზღვრებში, ზღვისა და ოკეანის ფსკერულ ნალექებში კი 0,003-10%-ის ფარგლებში.

კვლევების საფუძველზე დადგენილი იქნა, რომ საქართველოს ზედაპირულ წყლებში ფულვომჟავების კონცენტრაცია მერყეობს 0.08-4.23 მგ/ლ დიაპაზონში და საშუალოდ ერთი რიგით მეტია ჰუმინომჟავების შემცველობაზე ხსნად ფაზაში.

ჰუმუსური მჟავების ძირითადი წილი მიგრირდება შეწონილ მდგომარეობაში: შეწონილი ჰუმინომჟავა/გახსნ. ჰუმინომჟავა=10, შეწონილი ფულვომჟავის რაოდენობის/გახსნ. ფულვომჟავა=1.5.

1.6. ორგანოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმები და ოკეანე- პისა და ზღვის წყლებში მიმდინარე ბიოლოგიური პროცესები

ადამიანის გაჩენამდე დიდი ხნით ადრე, ევოლუციის პროცესში ჩამოყალიბდა ნახშირწყალბადების გარდაქმნის მექანიზმი, როგორც თვითგაწმენდისა და ნახშირბადის წრებრუნვის შემადგენელი ნაწილი და რომელშიც მთავარ როლს თამაშობენ ბიოლოგიური და ქიმიური ფაქტორები. მსოფლიო ოკეანის, ბიოდეგრადაციის გზით ნახშირწყალბადების საბოლოო პროდუქტებამდე გარდაქმნის უნარი მიეკუთვნება სიცოცხლის წარმოშობის საწყის პერიოდს.

როგორც ლიტერატურიდანაა ცნობილი [25], ორგანოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმები ფართოდ არიან გავრცელებულნი ზღვებსა და ოკეანეების, როგორც ზედაპირულ წყლებში, ასევე წყლის სხვადასხვა ფენებში და ფსკერზეც. ამასთან ისინი წარმოადგენენ წყლის ეკოსისტემების ავტოქტონური მიკროფლორის შემადგენელ ნაწილს.

წყლის ეკოსისტემის დაბინძურებისას, მათში არსებული ბიოტური წონასწორობა ირღვევა: დაბინძურებისადმი შედარებით მგრძობიარე ორგანიზმები იღუპებიან, ნაკლებ მგრძობიარენი კი იმყოფებიან დათრგუნულ მდგომარეობაში, ზოგიერთნი, თუ დაბინძურებამ არ მიაღწია კატასტროფულ მასშტაბებს იწყებენ აქტიურ გამრავლებას.

ჰუმუსური ნივთიერებები ყველა ტერიგენური და წყლის ობიექტისთვის ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენენ, ისინი მონაწილეობას იღებენ სხვადასხვა გეოქიმიურ და ბიოქიმიურ პროცესებში. წყლის ეკოსისტემებში, ბუნებრივი ორგანული ნივთიერებების ბაქტერიული უტილიზაციის პრობლემების შესწავლის მიზნით ჩატარებული კვლევების შედეგები მიუთითებენ ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობაში არსებულ ორ ფრაქციაზე: პირველი ლაბილური, რომელსაც მოკლე დროის განმავლობაში მოიხმარენ მიკროორგანიზმები და მეორე სტაბილური, რომლის არსებობის დროც ასეული წლებით განისაზღვრება. [25] ბიოლოგიურ ტრანსფორმაციისადმი მეორე ფრაქციის მაღალი მდგრადობა განაპირობებს მათ ფართოდ გავრცელებას ბუნებაში. მტკნარი წყლის ეკოსისტემებში ასეთი ჰუმუსომაგვარ ნივთიერებებს

შეადგენენ გახსნილი ორგანული ნივთიერებების მარაგის მთელი რაოდენობის 50%-ს, თუმცა მათი ტროფოდინამიური როლი ჯერ კიდევ არასაკმარისადაა შესწავლილი. ითვლება, რომ ჰუმუსური ნივთიერებები ძალზე სუსტად მინერალიზდებიან ბაქტერიებით. [19] ზოგიერთ ნაშრომში აღნიშნულია, რომ ლაბილური ორგანული ნაერთების არსებობისას ჰუმუსური ნივთიერებები უფრო ადვილად ერთვებიან ბიოტურ წრებრუნვაში და წარმოადგენენ ნახშირბადისა და ენერჯის მნიშვნელოვან წყაროს ბაქტერიებისათვის. [64-79]

სამეცნიერო ნაშრომებში, რომლებიც ეძღვნება ორგანო-დესტრუქტორების შესწავლას ისეთ წყლებში, რომლებიც ნაკლებად იმყოფებიან ანტროპოგენური დატვირთვის ქვეშ აღინიშნება ნავთობდესტრუქტორი მიკროფლორის არსებობა, რაც ძირითადად განპირობებულია წყალხმელეთა ძუძუმწოვრების ცხოველმოქმედებით. [80]

შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთი უბანი მის ერთ-ერთ საინტერესო რეგიონს წარმოადგენს, რადგან იმყოფება მატერიკული ჩამონადენის ზემოქმედების ქვეშ. შავ ზღვაში მდინარეების ჩამონადენისა 3/4 მოდის ამ უბანზე (დუნაი, დნეპრი, დნესტრი და სხვა). ისინი უერთდებიან რა შავ ზღვას იწვევენ მარილიანობის შემცირებას, რაც თავის მხრივ უარყოფით ზეგავლენას ახდენს ორგანული ნივთიერების ხსნადობაზე და ვერტიკალურ ჭრილში მარილიანობის მიხედვით იწვევს წყლის ფენებად დაყოფას. მდინარეების ჩამონადენის ზემოქმედება განსაკუთრებით თვალსაჩინოა დესტრუქტორი მიკროორგანიზმების რაოდენობის ცვლილების კუთხით. მათი წყლების შავი ზღვის წყლებთან შერევის ადგილებში აღინიშნება, როგორც ჰეტეროტროფული, ასევე ნავთობდესტრუქტორი მიკროფლორის, როგორც სახეობრივი მრავალფეროვნების ასევე რაოდენობის მატება, რაც ვრცელდება შავი ზღვის წყლებში 20 მილის რადიუსში. ამის მიზეზს წარმოადგენს ის, რომ მდინარის წყლებს, რომლებიც წარმოადგენენ მრავალი დასახლებული და სამრეწველო ობიექტების თავმოყრის ადგილს, შავ ზღვაში ჩააქვთ, როგორც ორგანული, ასევე ნავთობური წარმოშობის ნახშირწყალბადები. შესაბამისად შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთის იმ უბნებში, სადაც ხმელეთიდან ჩამდინარე წყლები არ გვხვდება გაცილებით ნაკ-

ლებია ჰეტეროტროფული და ნავთობდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების რაოდენობა. [81]

ანალოგიური პროცესები მიმდინარეობს შავი ზღვის საქართველოს რეგიონშიც. საქართველოს ჰიდროგრაფიული ბაღე წარმოდგენილია პატარა, მაგრამ მრავალი მდინარის სახით, რომლებიც გამოირჩევიან დინების მაღალი სიჩქარით და ზღვაში ჩააქვთ დიდი რაოდენობის შეწონილი ნაწილაკები ქვიშოვანი, თიხოვანი და ვულკანური წარმოშობისა. გარდა ამისა მდინარეებს ზღვაში ჩააქვთ დასახლებული პუნქტებიდან და სამრეწველო ობიექტებიდან ორგანული ნაერთები, ნავთობი და ნავთობპროდუქტები. მართალია მოცემული მდინარეების ჩამონადენი არ არის ისეთი მასშტაბებისა როგორც შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთის რეგიონის მდინარეების (რის გამოც ნაკლებად იგრძნობა ზეგავლენა მარილიანობაზე), მაგრამ საგრძნობლად იცვლება მიკროფლორის სახეობრივი შედგენლობა და რაოდენობა. საქართველოს რეგიონში ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია შემდეგი გვარის ნავთობდესტრუქტორი მიკროორგანიზმები: *Pseudomonas*, *pseudobacterium*, *Bacterium*, *Bacillus*, *Vibrio*. მათი ყველაზე მაღალი რაოდენობა აღინიშნება პორტებსა და ტერმინალების აკვატორიებში, აგრეთვე მდინარეების რიონის, კუბისწყალის, ბარცხანასა და სხვათა შავ ზღვასთან შეერთების რაიონებში. [81, 82]

საქართველოს გეოგრაფიული მდებარეობიდან გამომდინარე დიდ მნიშვნელობას იძენს შავ ზღვაში არსებული ნავთობდესტრუქტორების შესწავლა.

როგორც ლიტერატურიდან არის ცნობილი, შავი ზღვის იმ რაიონებში, სადაც მაღალია ორგანული დაბინძურების დონე, ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმების რაოდენობის გადიდების პარალელურად შეინიშნება ნავთობდესტრუქტორების შემცირება, ხოლო სიღრმის ზრდასთან ერთად მცირდება ჰეტეროტროფების რაოდენობა ნავთობდესტრუქტორების რაოდენობის გადიდების ფონზე. [83]

ეს მოვლენა შეინიშნება საქართველოს შავი ზღვის სანაპიროს იმ რაიონებში, სადაც სანაპიროს უერთდება დასახლებული პუნქტებიდან ჩამდინარე წყლები. მდინარეების შავ ზღვასთან შეერთების ადგილებში, პორტებსა და ტერმინალების აკვატორიებში, არსებული ჰეტეროტროფული

მიკროფლორა ნავთობდესტრუქტორ მიკროფლორას რაოდენობრივად აჭარბებს 5-7 რიგით. სიღრმის ზრდის პარალელურად ჰეტეროტროფების რიცხოვნობა მცირდება. [81]

როგორც ლიტერატურიდან არის ცნობილი, საქართველოს რეგიონში პორტების აკვატორიების ფსკერი ხასიათდება შედარებით მსხვილი დანალექებით, რომლებშიც დიდი რაოდენობითაა ორგანული ნაერთები (აბსორბციის მოვლენა), მათ შორის აღსანიშნავია ჰუმუსური ნივთიერებები (0,07-0,24% რაოდენობით). ყოველივე ეს მიუთითებს იმაზე, რომ პორტების აკვატორიებში შექმნილია ორგანული ნივთიერებების ბიოდეგრადაციისათვის არახელსაყრელი პირობები. მთლიანობაში კავკასიის რეგიონის შეღვის თიხოვანი ფსკერული დანალექები ექვემდებარება ნალექწარმოქმნის სპეციფიკური ფაქტორების ზეგავლენას (მდინარეების ჩამონადენი, დინებები, შეღვის დახრილობანი და სხვა) და შეიცავს მსხვილ ნაწილაკებს. დანალექების უმეტესობა ასევე მდიდარია ნიჟარული წარმოშობის დეტრიტებით, თუმცა პორტების აკვატორიების ფსკერი წარმოადგენს გამონაკლისს და გამოირჩევა ნავთობის მკვეთრი სუნით. პორტების აკვატორიების დანალექებში მაღალია ორგანული ნახშირწყალბადების (1,3-3%) და აზოტის (0,5%) შემცველობაც. ნახშირბადის და აზოტის შეფარდება იცვლება 2-დან 29-მდე. პორტებში ეს შეფარდება მცირდება დაბინძურების ზრდის პარალელურად. [83, 84]

ნიადაგში და სედიმენტებში ნაპოვნი მიკროორგანიზმებს შეუძლიათ ჰუმუსური მუავების გამოყენება, ორგანული ნივთიერებებისა და წყალბადის ანაერობული დაჟანგვის პროცესში, ელექტრონის აქცეპტორად. მიკროორგანიზმებს შეუძლიათ გადასცენ ელექტრონები ჰუმუსურმუავებს, ელექტრონი ახდენს ენერჯის ტრანსპორტირებას ზრდის პროცესის ხელშესაწყობად. ეს მნიშვნელოვანია ნიადაგისა და წყლის ორგანული ნივთიერებებით დაბინძურებისას, როგორც ბუნებრივი პროცესების, ასევე ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად. [85-93]

მიკროორგანიზმების ზრდაზე უარყოფითად მოქმედებს ბიოგენური ელემენტების, როგორც მინიმალური, ასევე მაქსიმალური კონცენტრაციები, მაშასადამე ორგანოდესტრუქტორებს გააჩნიათ ბიოგენური ელემენტების მოთხოვნილებისადმი გარკვეული ტოლერანტობის საზღვრები. [85]

თავი II. კვლევის ობიექტები და მეთოდები

საანალიზო წყლის ნიმუშებს ვიღებდით დაკვირვების 5 წერტილიდან: მდინარე რიონის ს. საქონაკიძე, რიონის სამხრეთი ტოტი ქვედა, რიონის ჩრდილოეთი ტოტი, მდინარე პეჩორა და პალიასტომის ტბა. წყლის ხარისხის საკონტროლო წერტილების ჰიდროლოგიური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილებში №1-4.

ცხრილი 1.

მდინარე რიონზე წყლის ხარისხის საკონტროლო პუნქტის ს.საქონაკიძე ჰიდროლოგიური მონაცემები

ზაზუბი	სიჩქარე V მ/წმ		ხარჯი მ ³ /წმ			სიბანე მ			სიმაღლე მ		
	Max Q- თვეს	Min Q- თვეს	Max	საშ	Min	Max	საშ	Min	Max	საშ	Min
წყალუხვობის პერიოდი	23		3000	570	952	250	160	157	5.1	3.5	1.9
წყალმცირობის პერიოდი		0.21	188	101	34	190	158	140	4.1	2.68	1.2

ცხრილი 2.

მდინარე რიონზე წყლის ხარისხის საკონტროლო პუნქტის სამხრეთი ტოტი ქვედა ჰიდროლოგიური მონაცემები

ზაზუბი	სიჩქარე V მ/წმ		ხარჯი მ ³ /წმ			სიბანე მ			სიმაღლე მ		
	Max Q- თვეს	Min Q- თვეს	Max	საშ	Min	Max	საშ	Min	Max	საშ	Min
წყალუხვობის პერიოდი	1.9		293	203	141	90	100	70	3.7	2.02	1.0
წყალმცირობის პერიოდი		0.2	34.5	16.2	9.48	30	80	50	2.0	1.3	0.5

ცხრილი 3.

მდინარე რიონზე წყლის ხარისხის საკონტროლო პუნქტის ჩრდილოეთ ტოტის ჰიდროლოგიური მონაცემები

ზაზაბი	სიჩქარე V მ/წმ		ხარჯი მ ³ /წმ			სიბანე მ			სიმაღლე მ		
	Max Q- თვეს	Min Q- თვეს	Max	საშ	Min	Max	საშ	Min	Max	საშ	Min
წყალუხვობის პერიოდი	3.4		1440	677	343	220	170	148	5.5	3.57	1.8
წყალმცირობის პერიოდი		0.24	50	28.4	10.9	175	152	120	3.6	2.2	1

ცხრილი 4.

მდინარე პიხორას წყლის ხარისხის საკონტროლო პუნქტის ჰიდროლოგიური მონაცემები

ზაზაბი	სიჩქარე V მ/წმ		ხარჯი მ ³ /წმ			სიბანე მ			სიმაღლე მ		
	Max Q- თვეს	Min Q- თვეს	Max	საშ	Min	Max	საშ	Min	Max	საშ	Min
წყალუხვობის პერიოდი	2.0		132	9.83	2.85	50	39.5	34.0	6.0	5.08	5
წყალმცირობის პერიოდი		0.01	3.4	1.26	0.05	33.0	30.4	29.0	4.8	2.96	2.8

2.1. ნიშნის აღების მეთოდები

წყლის ზედაპირული მიკროპორიზონტიდან ნიმუშების აღებისათვის ვიყენებდით ბაქტერიონეისტონოშემგროვებელს. ხოლო, წყლის 10-50 მ-ის ფენიდან ნიმუშის აღებისათვის ვიყენებდით ფრანცუვას ბატომეტრს [95, 96].

წყლის ქიმიური ანალიზისათვის სინჯებს ვიღებდით სტანდარტული ბატომეტრით. [97, 98]

2.2. მიკროორგანიზმების მორფოლოგიური და კულტურალური თვისებების შესწავლა

როგორც ლიტერატურიდან არის ცნობილი, წყლიდან ნავთობდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების გამოსაყოფად გამოიყენება აგარიზებული მინერალური საკვები არეები, სადაც ნახშირბადის ერთადერთ წყაროს წარმოადგენს ნავთობი ან მისი წარმოებულები. ნავთობდესტრუქტორების გამოსაყოფად ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ნახშირწყალბადიან თხევად მინერალური საკვებ არეებზე მიღებული შედეგების "შეტად სავარაუდო რიცხვთა განსაზღვრის" მეთოდით, რომელიც შექმნილია ვარიაციული სტატისტიკის მონაცემების მიხედვით, დამუშავების შემდეგ იძლევა ყველაზე ზუსტ მონაცემებს ზღვის წყალში არსებული ნავთობდესტრუქტორების საერთო რაოდენობაზე. [81]

ნაშრომები, რომლებშიც ჰუმუსური მჟავების ბიოდესტრუქციაა შესწავლილი საკმაოდ მწირია. [92-98] ამიტომ ფულვოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების გამოსაყოფად ჩვენს მიერ მოდიფიცირებული იქნა ნავთობდესტრუქტორების გამოყოფის ანალოგიური მეთოდი.

საკვლევი კულტურების მორფოლოგიურ თვისებებს ვსწავლობდით ოპტიკური მიკროსკოპების "МВИ-3"-ის და "МВИ-6"-ის საშუალებით. კულტურების მიკროსკოპირებას ვახდენდით უშუალოდ საკვები არეების ზედაპირზე მცირე (x10 და x40) გადიდებით. მიკროორგანიზმების ზომის, ფორმის და მოძრაობის უნარის დადგენას ვახდენდით დიდი (x20 და X40) გადიდებით. მიკროსკოპირებას ვახდენდით კულტივირების მე-3 და მე-8 დღეს. [99]

კულტურალური თვისებების შესასწავლად ვიყენებდით ორგანულ და სინთეზურ არეებს, რომელთა შედგენილობა მოყვანილია ქვემოთ:

1. ხორცპეპტონიანი ბულიონი.
2. მინერალური თხევადი საკვები არე №1: KCl-0,5გ; MgSO₄-0,5გ; Na₂HPO₄-1გ; FeSO₄-0,01გ; (NH₄)₂SO₄-1გ; NaCl-0,5გ; CaCO₃-3გ; დისტილირებული წყალი - 1 ლ; ფულვომჟავა 10 მლ.
3. ალაო- აგარის მყარი საკვები არე.
4. მინერალური მყარი საკვები არეს შედგენილობა: ზემოთ

მითითებულ მინერალურ თხევად საკვებ არეს ვუმატებდით 20 გრ აგარს და ვღებულობდით მყარ საკვებ არეს.

2.3. ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმების რაოდენობის განსაზღვრა

ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმების რაოდენობას წყლის ნიმუშში ვსაზღვრავდით ხორცპეპტონიან ბულიონზე ზღვრული განზავების მეთოდით და ვადგენდით მიკროორგანიზმების მეტად სავარაუდო რიცხვს (მ.ს.რ.) მაკ-კრედის [78] ცხრილის საშუალებით (ცხრილი №5). სანდოობის ინტერვალს ვითვლიდით შემდეგი ფორმულით.

$$N/m \leq M \leq N \cdot m \quad (2)$$

სადაც: N არის მეტად სავარაუდო რიცხვი M - 1 მლ-ში არსებული უჯრედების შესაძლო რაოდენობა.

ცხრილი 5.

მაკ-კრედის მიკროორგანიზმების მეტად სავარაუდო რიცხვის გამოსათვლელი ცხრილი

I	II			I	II			I	II		
	3	4	5		3	4	5		3	4	5
000	0	0	0	223	4	-	-	433	-	30	-
001	0,3	0,2	0,2	230	3	1,7	1,2	434	-	35	-
002	-	0,5	0,4	231	3,5	2	1,4	440	-	25	3,5
003	-	0,7	-	232	4	-	-	441	-	40	4
010	0,3	0,2	0,2	240	-	2	1,4	442	-	70	-
011	0,6	0,5	0,4	241	-	3	-	443	-	140	-
012	-	0,7	0,6	300	2,5	1,1	0,8	444	-	160	-
013	-	0,9	-	301	4	1,6	1,1	450	-	-	4
020	0,6	0,5	0,4	302	6,5	2	1,4	451	-	-	5
021	-	0,7	0,6	303	-	2,5	-	500	-	-	2,5
022	-	0,9	-	310	4,5	1,6	1,1	501	-	-	3
030	-	0,7	0,6	311	7,5	2	1,4	502	-	-	4
031	-	0,9	-	312	11,5	3	1,7	503	-	-	6

ცხრილი 5. (გავრცელება)

I	II			I	II			I	II		
	3	4	5		3	4	5		3	4	5
040	-	0,9	-	313	16	3,5	2	504	-	-	7,5
041	-	1,2	-	320	9,5	2	1,4	510	-	-	3,5
100	0,4	0,3	0,2	321	15	3	1,7	511	-	-	4,5
101	0,7	0,5	0,4	322	50	3,5	2	512	-	-	6
102	1,1	0,8	0,6	323	30	-	-	513	-	-	8,5
103	-	1	0,3	330	25	3	1,7	520	-	-	5
110	0,7	0,5	0,4	331	45	3,5	2	521	-	-	7
111	1,7	0,8	0,6	332	110	4	-	522	-	-	9,5
112	-	1,1	0,8	333	140	5	-	523	-	-	12
113	-	1,3	-	340	-	3,5	3	524	-	-	15
120	1,1	0,8	0,6	341	-	4,5	2,5	525	-	-	17,5
121	1,5	1,1	0,8	350	-	-	2,5	530	-	-	8
122	-	1,3	1	400	-	2,5	1,3	531	-	-	11
123	-	1,6	-	401	-	3,5	1,7	532	-	-	14
130	1,6	1,1	0,8	402	-	5	2	533	-	-	17,5
131	-	1,4	1	403	-	7	2,5	534	-	-	20
132	-	1,6	-	410	-	3,5	1,7	535	-	-	25
140	-	1,4	1,1	411	-	3,5	2	540	-	-	13
141	-	1,7	-	412	-	8	2,5	541	-	-	17
200	0,9	0,6	0,5	413	-	11	-	542	-	-	25
201	1,4	0,9	0,7	414	-	14	-	543	-	-	30
202	2	1,2	0,9	420	-	6	2	544	-	-	35
203	-	1,6	1,2	421	-	9,5	2,5	545	-	-	45
210	1,5	0,9	0,7	422	-	13	3	550	-	-	25
211	2	1,3	0,9	423	-	17	-	551	-	-	35
212	3	1,6	1,2	424	-	20	-	552	-	-	60
213	-	2	-	430	-	11,5	2,5	553	-	-	90
220	2	1,3	0,9	431	-	16,5	3	554	-	-	100
221	3	1,6	1,2	432	-	20	4	555	-	-	180
222	3,5	2	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-

ცხრილი შედგენილია ვარიაციული სტატისტიკის მონაცემების მიხედვით.

სანდოობის ინტერვალის გამოსათვლელად m კოეფიციენტის მნიშვნელობები მოცემულია ცხრილში №6.

ცხრილი 6.

სანდოობის ინტერვალის გამოსათვლელი ცხრილი

დათესილი სინ- ჯარების რაოდენობა	1	2	3	4	5	6	-	10
კოეფიციენტი m	14,45	6,61	4,68	3,80	3,30	2,98	-	2,32

2.4. ფულვოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების რაოდენობის ბანსაზღვრა

ფულვოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების რაოდენობას წყლის ნიმუშში ვსაზღვრავდით ფულვომუჟეიან მინერალურ თხევად საკვებ არეზე ზღვრული განზავეების მეთოდით და ვადგენდით მიკროორგანიზმების მეტად სავარაუდო რიცხვს (მ.ს.რ.) მაკ-კრედის [100-102] ცხრილის საშუალებით (ცხ. №5). სანდოობის ინტერვალს ვითვლიდით ცხრილით №6.

2.5. საკვლევი კულტურის ზრდის უნარის დადგენა

თხევად არეში კულტივირებისას, საკვლევი ფულვოსტრუქტორის ბიომასის ზრდას ვსაზღვრავდით წონითი მეთოდით.

კულტივირებას ვახდენდით 10 დღე-ღამის განმავლობაში, სანჯღრეველაზე 120-140 ბრ/წთ, 150 მლ საკვები არის შემცველ 1000 მლ-იან ერლენმეიერის კოლბებში. კულტივირების 12 სთ-დან დაწყებული ყოველ 24 სთ-ის ინტერვალში კულტურალურ სითხეს ვაცენტრიფუგირებდით 3000 ბრ/წთ 10წთ-ის განმავლობაში, ბიომასა გადაგვქონდა წინასწარ მუდმივ

წონამდე მიყვანილ და აწონილ სასაგნე მინებზე. ვდგამდით საშრობ კარადაში 80⁰ C-ზე 24 საათით მუდმივ წონამდე მისაყვანად და ვწონილით ანალიზურ სასწორზე. საერთო წონას ვაკლებდით სუფთა სასაგნე მინის წონას და ვადგენდით მშრალი ბიომასის წონას.

კულტივირების საათების მიხედვით ბიომასის წონები გადაგვქონდა მილიმეტრულ ქაღალდზე და ვაგებდით მრუდს.

2.6. ფულვომჟავას ბიოდესტრუქციის შესწავლა

ფულვომჟავას ბიოდესტრუქციისათვის ვიყენებდით ადაპტირებულ ფულვოდესტრუქტორს. კულტივირებას ვახდენდით 10 დღე-ღამის განმავლობაში, სანჯღრეველაზე 120-140 ბრ/წთ, 250 მლ საკვები არის შემცველ 1000 მლ-იან ერლენმეიერის კოლბებში 28⁰C ტემპერატურაზე. კულტივირების 12 სთ-დან დაწყებული ყოველ 24 სთ-ის ინტერვალში ვიღებდით კულტურალურ სითხეს 20 მლ-ის ოდენობით ფაიფურის ჯამებში. ოთახის ტემპერატურაზე სითხის აორთქლების შემდეგ ამომშრალ მასას ვიკვლევდით ინფრაწითელ სპექტრომეტრ PHILIPS ANALITICAL PU 9800 FTIR-ზე.

ჰუმუსური მჟაგების განსაზღვრის სპექტრომეტრული მეთოდი ეფუძნება ჰუმინო და ფულვო მჟაგების კონცენტრირებას ერთიდაიგივე წყლის სინჯიდან გამოყინვისა და აორთქლების საშუალებით. მათი თანამიმდევრული გამოყოფით ნატრიუმის პიროფოსფატით და ჰუმუსური მჟაგების დაყოფით მარილმჟავას pH=1 შემჟაგებისას. გამოყოფილი ჰუმუსური მჟაგები ისაზღვრება სპექტროფოტომეტრის საშუალებით. 3406მ და 4406მ ტალღის სიგრძეზე და ფულომჟაგები ისაზღვრება 3406მ და 4006მ ტალღის სიგრძეზე. მათი კონცენტრირებისა და ქრომატოგრაფიული დაყოფის შემდეგ.

ამდენად, მეთოდის შესაბამისად ინფრაწითელი სპექტრები ჩაწერილი იქნა 340-400 სმ⁻¹ დიაპაზონში, 160 სმ⁻¹/წთ სიხარით, KBr ფირფიტის გამოყენებით, ყველა სპექტრი ნორმირებული იქნა ნივთიერების 0.1 მგ მასასთან მიმართებით.

ალკანების -CH₂ და -CH₃ ჯგუფების ვალენტური

რხევეების შემცირების ინტენსიობას ვაკვირდებოდით 2800-2900 სმ⁻¹ დიაპაზონში, ბაზისური ხაზის მეთოდის საშუალებით. შთანთქმას ვზომავდით ს₀/I შეფარდების ლოგარითმით, სადაც ს₀ მანძილია ბაზისურ და 100% შთანთქმის ხაზებს შორის, ხოლო I – შთანთქმის მაქსიმუმსა და 100% შთანთქმის ხაზს შორის.

საკონტროლო ნიმუშის მომზადებას და მისი სპექტრის ანალიზს ვახდენდით საანალიზო ნიმუშის მომზადებისა და სპექტრის რეგისტრაციის ზემოთ აღნიშნული მეთოდის ანალოგიურად [103-108].

მყარი ფაზიდან (პალიასტომის ტორფი) ჰუმუსური მჟავების ექსტრაქციას ვახდენდით ნატრიუმის ტუტის 0,1 M ხსნარით [71,109,110]. ნარევეს პერიოდულად ვურევდით და ვაყოვნებდით 24 საათის განმავლობაში. ხსნარ-ნალექს ვაცენტრიფუგებდით (ცენტრიფუგა T-23, 8000 ბრ/წთ), ცენტრიფუგას ვამჟავებდით განზავებული მარილმჟავით (1:1) pH 2-მდე და ჰუმინის მჟავების კოაგულაციისათვის ვაცხელებდით წყლის აბაზანაზე 2 საათის განმავლობაში. გამოყოფილ ჰუმინის მჟავებს, გასუფთავების მიზნით, ვხსნიდით 0,1 M ნატრიუმის ტუტეში და ხელახლა ვახდენდით მის დალექვას. გადალექვის ოპერაციას ვიმეორებდით 4-ჯერ. გასუფთავებულ ჰუმინის მჟავებს ვრეცხავდით ორჯერ გამოხდილი წყლით ქლორ-იონზე უარყოფით რეაქციაზე და ვაკუუმ-ექსიკატორში ვაშრობდით მუდმივ წონამდე. [113-115]

წყლის სინჯიდან ჰუმინის მჟავების გამოსაყოფად წყალს ვფილტრავდით მემბრანულ ფილტრში (Milipor 0.45µm), ვამჟავებდით განზავებული მარილმჟავით (1:1) pH 2-მდე და ვაკონცენტრირებდით გამოყინვით [111, 112]. ჰუმინის მჟავების გამოყოფა-გასუფთავების ოპერაციას ვატარებდით მეთოდიკით. [26] მეთოდის პრინციპი ეფუძნება ჰუმინო და ფულვო მჟავების კონცენტრირებას ერთიდაიგივე წყლის სინჯიდან გამოყინვისა და აორთქლების საშუალებით-თანამიმდევრული გამოყოფით ნატრიუმის პიროფოსფატის საშუალებით, შემდეგ ხსნარის მარილმჟავის pH=1 შემჟავების საშუალებით ჰუმუსური მჟავებად დაყოფის მიზნით. გამოყოფილი ჰუმუსური მჟავები ისახდურება სპექტროფოტომეტრის საშუალებით. 340 ნმ და 440 ნმ ტალღის სიგრძეზე ჰუმინური მჟავებისთვის და

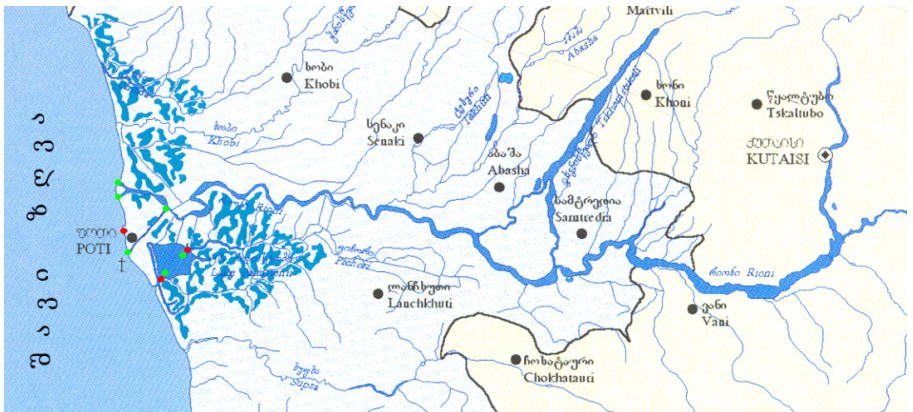
ფულომჟავები ისაზღვრება 340 ნმ და 400 ნმ ტალღის სიგრძეზე. მათი კონცენტრირებისა და ქრომატოგრაფიული დაყოფის შემდეგ [116-121].

წყლის სინჯს ვიღებთ ფერიანობის მიხედვით. ვათავსებთ პოლიეთილენის ჭიქაში ვამჟავებთ pH 8,5-დან 9-მდე (ჰუმუსური მჟავების კოაგულაციის თავიდან ასაცილებლად) ვათავსებთ საყინულეში $-5,-7^{\circ}\text{C}$, 8-9 სთ-ის განმავლობაში. ყინულის ფენის წარმოქმნის შემდეგ (1,5-2 სმ ძირზე) ჭიქის ზედაპირიდან ფრთხილად გადმოვასხავთ ხსნარს, ასე რამოდენიმეჯერ სინჯის ახალ-ახალი რაოდენობით. ვაგროვებთ 100 მლ ხსნარს, გადაგვაქვს ფაიფურის ჯამზე და ამოვაშრობთ დაახლოებით 1 მლ-მდე წყლის აბაზანაზე. დარჩენილი სითხე, გადაგვაქვს ცენტრიფუგის სინჯარაში 0,1N ნატრიუმპროფოსფატის ხსნარის მცირე ულუფებით. ხსნარის საერთო რაოდენობა უნდა იყოს 8-9 მლ. 10 სთ-ის შემდეგ სინჯარას ვაცენტრიფუგირებთ 30 წთ-ის განმავლობაში 1500 ბრ/წთ. გამჭირვალე ხსნარი გადაგვაქვს ახალ სინჯარაში, ვრეცხავთ ისევ ნატრიუმისპროფოსფატით ორჯერ და შესაბამისად ორჯერვე ვაცენტრიფუგირებთ. ყველა ცენტრიფუგატს ვაგროვებთ ერთად, ვამჟავებთ 5 წვეთი კონცენტრირებული მჟავით pH=1. ერთი დღე-ღამის განმავლობაში გამოილექება ჰუმუსური მჟავები, რომლებსაც ვყოფთ ცენტრიფუგირებით, ცენტრიფუგატის ხსნარი შეიცავს ფულვომჟავებს, ნალექი-ჰუმინურ მჟავებს. ნალექს ვხსნით 4 მლ 0,05N ნატრიუმის ტუტის ხსნარში და სიმკვრივეს ვზომავთ სპექტროფოტომეტრზე. დაც შეეხება ფულვომჟავებს, მათ ვანეიტრალებთ 5N ნატრიუმის ტუტის ხსნარით. წარმოქმნილ ჰიდროქსიდს ვაშორებთ ცენტრიფუგით, ხსნარი გადაგვაქვს ცილინდრში, ვზომავთ მის მოცულობას და შემდეგ ვაკონცენტრირებთ ფაიფურის ჯამზე, ნაშთს ვხსნით მცირე რაოდენობით წყალში და გადაგვაქვს ქრომატოგრაფიულ სვეტში, რომელიც შევსებულია სეფადექს GE 15-ით. მინარევი ნაერთებისაგან ფულვომჟავის გამოსაყოფად. ელუატს ვაგროვებთ 3-3 მლ რაოდენობით და ვზომავთ ოპტიკურ სიმკვრივეს სპექტროფოტომეტრზე. [122-126]

თავი III. კვლევის შედეგები და მათი განხილვა

3.1 ძ. შოთის აკვატორიის დაბინძურების დინამიკა

2003-2004 წლებში ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა ქ. ფოთის აკვატორიის ჰიდროქიმიური გამოკვლევა. ნიმუშებს ვიღებდით დაკვირვების 5 წერტილიდან – მდ. რიონი ს. საქონაკიძე (ზედა), რიონის სამხრეთი ტოტი (ქვედა), ჩრდილოეთი ტოტი, მდინარე პეჩორა და პალიასტომის ტბა (სურ.14) კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილში № 7.



სურ. 14. 2003-2004 წლებში რეგიონის ჰიდროქიმიური და მიკრობიოლოგიური გამოკვლევა

- - მიკრობიოლოგიური სინჯების აღების წერტილები.
- - ჰიდროქიმიური გამოკვლევისათვის სინჯების აღების წერტილები

ცხრილი 7.

ფოთის აკვატორიის ორგანული კომპონენტებით დაბინძურების დინამიკა 2003-2004 წ.წ.

№	სინჯის ადგილის აღმნიშვნელი	ადგილის დროთიშვადი	შეფერილობა	pH	ფულვოკომპლექსების C მგ/ლ	ნავთობპრ. C მგ/ლ
1	2	3	4	5	6	7
1.	მდ. რიონი ს. საქონაკიძე	20.02.03	6	7.7	0.68	0.03
		16.04.03	20	7.95	1.0	0.04
		20.08.03	19	8.1	1.8	0.17
		29.10.03	16	7.9	1.4	0.07
		20.02.04	10	7.8	0.78	0.02
		20.04.04	21	7.8	2.1	0.05
		20.08.04	20	8.0	1.0	0.1
		29.10.04	15	7.8	0.8	0.06
2.	მდ. რიონი ჩრდილოეთი ტოტი	20.02.03	10	7.4	0.6	0.07
		16.04.03	22	8.1	1.9	0.03
		20.08.03	18	8.2	1.1	0.13
		29.10.03	14	8.0	0.68	0.28
		20.02.04	10	7.6	0.7	0.15
		20.04.04	21	8.0	1.8	0.04
		20.08.04	20	8.1	1.0	0.4
		29.10.04	12	7.9	0.81	0.1
3.	მდ.რიონი სამხრეთი ტოტი ქვედა	20.02.03	16	7.7	1.1	0.08
		16.04.03	23	7.9	1.9	0.04
		20.08.03	19	8.0	1.2	0.05
		29.10.03	12	7.9	0.95	0.078
		20.02.04	5	7.5	0.57	0.03
		20.04.04	20	8.1	2.0	0.06
		20.08.04	17	8.0	1.3	0.08
		29.10.04	14	7.6	1.0	0.11

ცხრილი 7. (გავრძელება)

1	2	3	4	5	6	7
4.	პალიასტომის ტბა	20.02.03	16	7.2	1.6	0.05
		20.08.03	22	7.6	2.5	0.06
		29.10.03	28	6.8	3.0	0.09
		20.02.04	18	7.4	1.8	0.03
		20.08.04	27	7.2	3.0	0.05
		29.10.04	32	7.0	3.6	0.1
5.	მდ. პიხორა	20.02.03	15	7.7	1.4	0.03
		20.08.03	28	7.9	3.0	0.13
		29.10.03	26	8.0	2.8	0.05
		20.02.04	17	7.4	1.8	0.04
		20.08.04	21	7.6	2.7	0.03
		29.10.04	29	7.3	3.1	0.07

ცხრილში №7 მოყვანილი მონაცემებიდან გამომდინარე, ფულვომჟავების და ნავთობპროდუქტების შემცველობების ანალიზის მიხედვით, ნავთობპროდუქტების კონცენტრაცია მდინარე რიონის წყალში ზოგჯერ აღემატება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას (0.05 მგ/ლ), კერძოდ, იცვლება 0,5-5 ზდკ-ს ფარგლებში, ნავთობპროდუქტების შემცველობა მატულობს რიონის ჩრდილოეთ ტოტში და სამხრეთი ტოტის ქვედა ნაწილში, რაც შეეხება ტბა პალიასტომს, მათში ნავთობპროდუქტების კონცენტრაცია მდინარე რიონის წყალში არსებულ რაოდენობასთან შედარებით მცირეა. თუმცა ზოგჯერ აჭარბებს ხოლმე მის ზდკ-ს წყალში.

ფულვომჟავების კონცენტრაცია ტბა პალიასტომის წყალში მნიშვნელოვნად მეტია ვიდრე მდ. რიონის წყლის სინჯებში. ეს ბუნებრივია, რადგან ტბა პალიასტომის ირგვლივ არსებული ტორფის საბადო წარმოადგენს ჰუმუსური მჟავების ძირითად წყაროს. პალიასტომის ტბაში ფულვომჟავების კონცენტრაცია მერყეობს 1,5 მგ/ლ-დან 3,4 მგ/ლ დიაპაზონში, ხოლო მდ. რიონში კი 0,57 მგ/ლ – 2 მგ/ლ-მდე. როგორც მიღებული მონაცემებიდან ჩანს, საკვლევო რეგიონი ხასიათდება მჟავების საკმაოდ მაღალი კონცენტრაციებით. გამომდინარე სხვადასხვა ავტორების მიერ ჩატარე-

ბული კვლევებიდან ცნობილია, რომ იქ სადაც ფულვომჟავეების კონცენტრაცია მაღალია შესაბამისად მაღალი იქნება ჰუმინო მჟავეების კონცენტრაციაც.

ცხრილი №7-დან გამომდინარე აშკარაა გარკვეული კორელაცია წყლის ფერიანობის მაჩვენებელსა და ფულვომჟავეების კონცენტრაციას შორის. ფულვომჟავეს კონცენტრაციის გაზრდით იზრდება წყლის ფერიანობა, რადგან ფულვომჟავეების წყალხსნარი შეფერილია.

შეფერილობა სეზონების მიხედვით ისევე როგორც ფულვომჟავეების შემცველობაც სეზონის მიხედვით იცვლება, კერძოდ, მაქსიმალურია წლის თბილ თვეებში.

მდ. რიონი როგორც ცნობილია ხასიათდება გაზაფხულ-ზაფხულის წყალმოვარდნებით. ეს მოვლენა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ფულვომჟავეების რაოდენობაზე წყალში, რადგან ხდება მათი ნიადაგებიდან ჩარეცხვა მდინარეში და შესაბამისად იზრდება ფულვომჟავეების კონცენტრაცია.

შეფერილობა, ისევე როგორც ფულვომჟავეების შემცველობა სეზონის მიხედვით იცვლება, კერძოდ, მდინარე რიონზე დაკვირვების სამივე წერტილში ფულვომჟავეების მაღალი შემცველობები აღინიშნა გაზაფხულზე და ზაფხულში, შემოდგომასა და ზამთართან შედარებით.

ეს მოვლენა კანონზომიერია, რადგან როგორც ცნობილია მდ. რიონი ხასიათდება გაზაფხულ-ზაფხულის წყალმოვარდნებით, რაც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს წყალში ფულვომჟავეების რაოდენობაზე, რადგან ხდება მათი ნიადაგებიდან გამორეცხვა და შესაბამისად კონცენტრაციის გაზრდა წყალში.

3.2. ძ. ფოთის აკვატორიის მიკრობიოლოგიური გამოკვლევა

2003-2004 წლებში ჩვენს მიერ ჩატარებულ იქნა ქ. ფოთის აკვატორიის მიკრობიოლოგიური გამოკვლევა. ნიმუშებს ვიღებდით დაკვირვების სამი წერტილიდან – მდ. რიონის შესართავი, ქ. ფოთის ნავსადგური და პალიასტომის ტბა (სურ. №14) 2003 წლის მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილში № 8. როგორც მოცემული ცხრილიდან ჩანს, ჰეტეროტროფების მაქსიმალური რაოდენობა დაფიქსირდა პალიასტომის ტბაში და მდ. რიონის შესართავთან.

ცხრილი 8.
მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები ქ. ფოთის აკვატორიაში (2003წ).

სინჯის აღმ- ბის აღიწერი	სინჯის აღმ- ბის დრო	სიღრმე (მ)	პეტროტრო- ფების რაო- დენობა (უჯ/მლ)	ფულ- გოდესტრუ- ქტორების რაოდენობა (უჯ/მლ)	ფულგო დე- სტრუქტორ- ები წილი (%)	ნავთობ დესტრუქტორ ების რაოდენობა (უჯ/მლ)	ნავთობ დე- სტრუქტორე- ბის წილი (%)
მდ.რიონის შესართავი	13.02.03	0,02	$3,7 \times 10^4$	$4,5 \times 10$	0,1	$9,5 \times 10$	0,3
		0,5	$2,8 \times 10^4$	$1,5 \times 10$	0,05	$7,5 \times 10$	0,3
	25.08.03	0,02	$2,5 \times 10^6$	$1,7 \times 10^2$	0,007	$1,4 \times 10^3$	0,1
		0,5	$3,5 \times 10^6$	$1,6 \times 10^2$	0,005	$0,9 \times 10^3$	0,1
ქ.ფოთის ნავსად- გური	13.02.03	0,02	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10$	0,1	$6,5 \times 10^2$	0,4
		30	$9,5 \times 10^2$	$0,5 \times 10$	0,5	$4,5 \times 10^2$	0,5
	25.08.03	0,02	$3,1 \times 10^6$	$3,5 \times 10$	0,001	$9,5 \times 10^3$	0,05
		30	$1,8 \times 10^4$	$1,5 \times 10$	0,08	$6,5 \times 10^2$	0,4
პალიასტომი	13.02.03	0,02	$4,5 \times 10^3$	$2,8 \times 10$	0,6	$3,5 \times 10$	0,8
		1	$11,5 \times 10^2$	$3,7 \times 10$	3,2	$0,5 \times 10$	0,4
	25.08.03	0,02	$9,5 \times 10^6$	$6,5 \times 10^2$	0,07	$0,7 \times 10^3$	0,007
		1	$6,4 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	2,3	$4,5 \times 10$	0,07

დაკვირვების ორივე წერტილში აღნიშნული მაჩვენებელი ზაფხულში 2-3 რიგით იმატებს ზამთრის პერიოდთან შედარებით. რაც შეეხება ჰეტეროტროფების რაოდენობის ცვლილებას ჰორიზონტების მიხედვით, მისი მნიშვნელობები მცირდება სიღრმის მატებისას.

ფულვოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობა მდ. რიონის შესართავთან და პალიასტომის ტბაში ზაფხულის პერიოდში 2 რიგით მაღალია ფოთის ნავსადგურთან შედარებით. დაკვირვების ყველა წერტილში აღნიშნული მაჩვენებელი ზაფხულში იმატებს ზამთრის პერიოდთან შედარებით. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ ფულვოდესტრუქტორების რაოდენობა პალიასტომის ტბაში სიღრმის მიხედვით მატულობს, ხოლო მდ. რიონის შესართავთან და ფოთის ნავსადგურში უმნიშვნელოდ მცირდება.

რაც შეეხება ნავთობდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობას, იგი ქ. ფოთის ნავსადგურში, 1 რიგით მაღალია მდ. რიონის შესართავთან მიღებულ მაჩვენებელთან შედარებით. დაკვირვების ორივე წერტილში აღნიშნული მაჩვენებელი ზაფხულში 1 რიგით იმატებს ზამთრის პერიოდთან შედარებით. ნავთობდესტრუქტორების რაოდენობა პალიასტომის ტბაში დაბალია დაკვირვების სხვა წერტილებთან შედარებით, თუმცა აქაც იკვეთება დროსა და სივრცეში მისი განაწილების გარკვეული კანონზომიერება, კერძოდ, ზაფხულში იზრდება ზამთრის პერიოდთან შედარებით, ხოლო სიღრმის მატებისას მცირდება. 2004 წლის მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები მოცემულია ცხრილში № 9.

როგორც მოცემულია ცხრილიდან ჩანს, ჰეტეროტროფების მაქსიმალური რაოდენობა 2004 წელს დაფიქსირდა მდ. რიონის შესართავთან. დაკვირვების სამივე წერტილში აღნიშნული მაჩვენებელი ზაფხულში 2 რიგით იმატებს ზამთრის პერიოდთან შედარებით. რაც შეეხება ჰეტეროტროფების რაოდენობის ცვლილებას ჰორიზონტების მიხედვით, მისი მნიშვნელობები მცირდება სიღრმის მატებისას. ფულვოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობა მსგავსად წინა წლისა, მდ. რიონის შესართავთან და პალიასტომის ტბაში ზაფხულის პერიოდში 2 რიგით მაღალია.

*ცხრილი 9.
მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგები ქ. ფოთის აკვა-
ტორიაში (2004 წ.)*

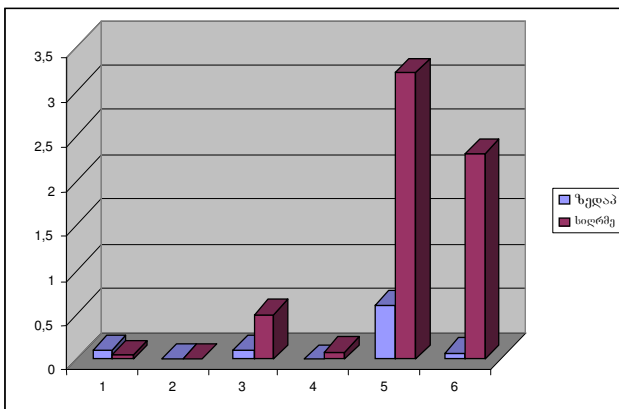
სინჯის აღების აღბილი	სინჯის აღების დღი	სიღრმე (მ)	ექვითრტო- ფების რაოდენ- ობა (უჯ/მლ)	ფულგოცდესტრ- ქტოების რაოდენ- ობა (უჯ/მლ)	ფულგოცდესტრუ ქტოების წილი (%)	
დ. რიონის შესართავი	03.02.04	0,02	$3,5 \times 10^4$	$4,7 \times 10$	0,1	4,
		0,5	$2,9 \times 10^4$	$1,9 \times 10$	0,08	4,
	17.08.04	0,02	$3,3 \times 10^6$	$2,5 \times 10^2$	0,008	0,
		0,5	$3,9 \times 10^6$	$2,6 \times 10^2$	0,007	1,4
ქ.ფოთის ნავ- სადგური	03.02.04	0,02	$2,5 \times 10^4$	$2,5 \times 10$	0,1	0,
		30	$8,5 \times 10^2$	$0,5 \times 10$	0,6	0,
	17.08.04	0,02	$4,1 \times 10^6$	$4,5 \times 10$	0,001	3,
		30	$1,8 \times 10^4$	$1,4 \times 10$	0,08	2,
პალიასტომი	03.02.04	0,02	$4,9 \times 10^3$	$3,5 \times 10$	0,7	1,4
		1	$11,5 \times 10^2$	$3,7 \times 10$	3,2	0,
	25.08.04	0,02	$9,5 \times 10^6$	$5,5 \times 10^2$	0,06	7,
		1	$7,4 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	2	0,

ფოთის ნავსადგურთან შედარებით. დაკვირვების ყველა წერტილში აღნიშნული მაჩვენებელი ზაფხულში იმატებს ზამთრის პერიოდთან შედარებით. ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ ფულვოდესტრუქტორების რაოდენობა პალიასტომის ტბაში სიღრმეში მატულობს, ხოლო მდ. რიონის შესართავთან და ფოთის ნავსადგურში უმნიშვნელოდ მცირდება.

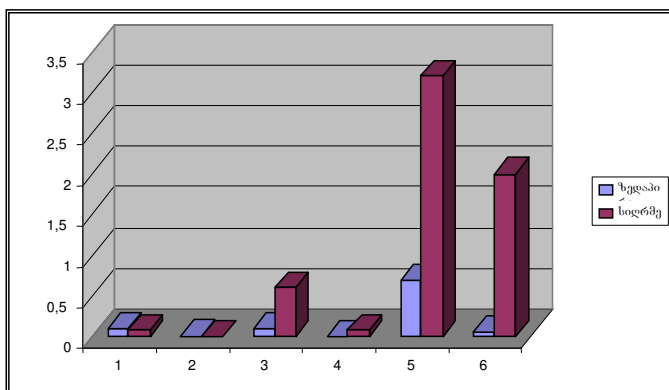
ნავთობდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობა ქ. ფოთის ნავსადგურში, 1 რიგით მაღალია მდ. რიონის შესართავთან მიღებულ მაჩვენებელთან შედარებით. დაკვირვების ორივე წერტილში აღნიშნული მაჩვენებელი ზაფხულში 2 რიგით იმატებს ზამთრის პერიოდთან შედარებით. 2004 წელსაც მსგავსად წინა წლისა, ნავთობდესტრუქტორების რაოდენობა პალიასტომის ტბაში დაბალია დაკვირვების სხვა წერტილებთან შედარებით, და კვლავ იკვეთება დროსა და სივრცეში მისი განაწილების გარკვეული კანონზომიერება, კერძოდ ზაფხულში იზრდება ზამთრის პერიოდთან შედარებით, ხოლო სიღრმის მატებისას მცირდება.

მოცემულ წლებში საინტერესოა ფულვომჟავების დესტრუქტორი მიკროორგანიზმების პროცენტული წილის ცვლილება ჰეტეროტროფების საერთო რაოდენობაში. აღნიშნული მაჩვენებელი დაკვირვების ორივე წელს ზამთრში მაღალია, ზაფხულის პერიოდთან შედარებით. ამასთან, ფულვოდესტრუქტორების წილი პალიასტომის ტბაში იმატებს სიღრმეში, ხოლო დაკვირვების დანარჩენ წერტილებში მცირდება (სურ 15-16)

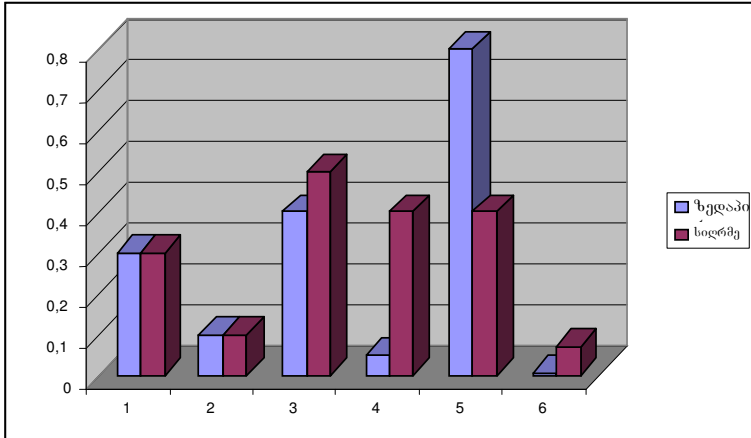
რაც შეეხება ნავთობდესტრუქტორების პროცენტულ წილს 2003-2004 წლებში, აღნიშნული მაჩვენებელი სეზონის მიხედვით იცვლება ფულვომჟავების დესტრუქტორი მიკროორგანიზმების წილის ცვლილების მსგავსად, კერძოდ იზრდება ზამთარში, ზაფხულის პერიოდთან შედარებით. ამასთან, აღნიშნული მაჩვენებელი ჰორიზონტების მიხედვით არ იცვლება მდ. რიონის შესართავთან. ფოთის ნავსადგურში იზრდება, ხოლო პალიასტომის ტბაში მცირდება (სურ17-18).



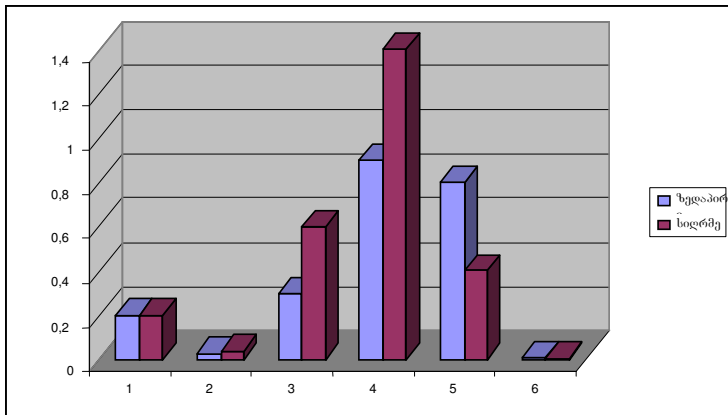
სურ. 15. ფულვოდესტ. მიკრ. % წილი ჰექტროტროფების საერთო რაოდენობაში 2003 წელს
 1 - მდ. რიონის შესართავი, ზამთარი; მდ. რიონის შესართავი, ზაფხული; - ქ. ფოთის ნავსადგური, ზამთარი; ქ. ფოთის ნავსადგური, ზაფხული; პალიასტომი, ზამთარი; პალიასტომი ზაფხული.



სურ. 16. ფულვოდესტ. მიკრ. % წილი ჰექტროტროფების საერთო რაოდენობაში 2004 წელს
 1 - მდ. რიონის შესართავი, ზამთარი; 2 - მდ. რიონის შესართავი, ზაფხული; 3 - ქ. ფოთის ნავსადგური, ზამთარი; 4 - ქ. ფოთის ნავსადგური, ზაფხული; 5 - პალიასტომი, ზამთარი; 6 - პალიასტომი, ზაფხული.



სურ. 17. ნავთობდესტრუქტორების წილი ჰეტეროტროფების საერთო რაოდენობაში 2003 წელს
 1 - მდ. რიონის შესართავი, ზამთარი; 2 - მდ. რიონის შესართავი, ზაფხული; 3 - ქ. ფოთის ნავსადგური, ზამთარი; 4 - ქ. ფოთის ნავსადგური, ზაფხული; 5 - პალიასტომი, ზამთარი; 6 - პალიასტომი ზაფხული.



სურ. 18. ნავთობდესტრუქტორების წილი ჰეტეროტროფების საერთო რაოდენობაში 2004 წელს.
 1 - მდ. რიონის შესართავი, ზამთარი; 2 - მდ. რიონის შესართავი, ზაფხული; 3 - ქ. ფოთის ნავსადგური, ზამთარი; 4 - ქ. ფოთის ნავსადგური, ზაფხული; 5 - პალიასტომი, ზამთარი; 6 - პალიასტომი, ზაფხული

ქ. ფოთის აკვატორიის 2003-2004 წლებში, ჩვენს მიერ

ჩატარებულმა მიკრობიოლოგიური კვლევების შედეგების შეჯამებამ გვიჩვენა, რომ ჰეტეროტროფი მიკროორგანიზმების მაქსიმალური რაოდენობა დაფიქსირდა მდ. რიონის შესართავთან. ნავთობდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების მაქსიმალური მნიშვნელობები კი ქ. ფოთის ნავსადგურში. ხოლო ფულვოდესტრუქტორებისა კი პალიასტომის ტბაში. ამასთან მიკროორგანიზმების რაოდენობის ცვლილება სეზონურ ხასიათს ატარებს, ზაფხულში იზრდება და ზამთარში იკლებს.

ქ.ფოთის აკვატორიაში ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმების რაოდენობის მომატების ერთ-ერთ გამომწვევ ფაქტორად შეიძლება ჩაითვალოს მდინარე რიონის წყლები, რომლებსაც გახსნილ მდგომარეობაში ორგანული ნაერთების მნიშვნელოვანი რაოდენობა შეაქვთ ზღვაში.

მდ. რიონის შესართავთან, როგორც ნავთობდესტრუქტორების, ასევე ფულვოდესტრუქტორების ერთნაირი მნიშვნელობები წყლის ზედაპირზე და მის სიღრმეში გამოწვეულია ჰორიზონტებს შორის მცირე სხვაობით.

პალიასტომის ტბაში ფულვოდესტრუქტორების მაღალი რაოდენობა დაკვირვების სხვა წერტილებთან შედარებით, სავარაუდოდ გამოწვეულია პალიასტომის ტბასთან ტორფის საბადოს არსებობით, რაც განაპირობებს ტბის ჰიდროქიმიური თავისებურებას, როგორც ცნობილია პალიასტომის ტბის ფსკერი დაფარულია აქტიური ლამით, რომელიც მდიდარია ჰუმუსური მჟავებით. სავარაუდოდ ეს ფაქტი წარმოადგენს წყლის სიღრმეში ფულვოდესტრუქტორების რაოდენობის მომატების მიზეზს.

რაც შეეხება ქ. ფოთის ნავსადგურს, აღნიშნულ წერტილში ნიმუშებს ვიღებდით ზედაპირიდან და 30 მეტრის სიღრმიდან, შესაბამისად ზამთარში ნავთობდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების წილის ზრდა წყლის სიღრმეში სავარაუდოდ გამოწვეულია ნავთობდაბინძურების მაღალი დონით, რომლის დესტრუქციის პრობებიც არსებობს, ცივ შუალედურ ფენასა და ზედაპირს შორის ვერტიკალური წყალცვლის გამო.

3.3. მოდელური ექსპერიმენტის პირობებში ფულვომჟავის ბიოდესტრუქციის დინამიკის ანალიზი ინფრაწითელი სპექტრომეტრიული მეთოდის გამოყენებით

მიკროორგანიზმების ზრდისა და ფულვომჟავას დესტრუქციის პროცესის შესასწავლად გამოყენებულ იქნა მინერალური საკვები არე აგარით და მის გარეშე. კონტროლად გამოვიყენეთ მინერალური საკვები არე ნახშირბადის გარეშე და ზემოდ აღწერილი საკვები არეები:

1. ხორცპეპტონიანი ბულიონი
2. ალაოიანი საკვები არე

აგარის გარეშე საკვები არეს შემთხვევაში ფულვომჟავისა და ჰუმინომჟავის ინკუბაციის პერიოდის (8 დღე) გასვლის შემდეგ ვსაზღვრავდით ოპტიკურ სიმკვრივეს და pH. როგორც ჰუმინომჟავისთვის ასევე ფულვომჟავისთვის ცხრილში №10 მოცემულია pH და ოპტიკური სიმკვრივის სიდიდეები სისტემებში: ფულვომჟავა+მიკროორგანიზმი და ჰუმინომჟავა+მიკროორგანიზმი.

აგარიანი საკვები არის გამოყენებისას დაიკვირვებოდა მიკროორგანიზმების რაოდენობის მკვეთრი ზრდა. ოპტიკურ სიმკვრივეს ვსაზღვრავდით სპექტროფოტომეტრზე KΦK-56M (კიუვეტის სისქე 1სმ). მიღებული მონაცემების მიხედვით თვალნათლივ გამოჩნდა, რომ ფულვომჟავის შემთხვევაში უფრო მნიშვნელოვანი იყო სხვაობა ოპტიკურ სიმკვრივეებს შორის, ჰუმინომჟავასთან შედარებით, ამიტომ ექსპერიმენტი გაგრძელებული იქნა მხოლოდ სუფთა 100 მკგ/მლ კონცენტრაციის მქონე ფულვომჟავით. ხსნარს, მინერალურ საკვებ არეში ფულვომჟავას+მიკროორგანიზმი, ვფილტრავდით, ვაცენტრიფუგირებდით და ვსაზღვრავდით ოპტიკურ სიმკვრივეს pH=7.3-7.6 დიაპაზონში. აღსანიშნავია, რომ ოპტიკურ სიმკვრივე ისაზღვრებოდა ინკუბაციური პერიოდის დამთავრებისთანავე, რადგანაც ჰუმუსურიმჟავების სპექტრზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს შენახვა და სინათლე (მზის სხივები). გაზომვის შედეგები მოცემულია ცხრილში №10.

ცხრილი 10.

pH-ისა და ოპტიკური სიმკვრივის სიდიდეები სისტემებში:
ფულვომჟავა+მიკროლორგანიზმი და ჰუმინომჟავას დამატებული
მიკროლორგანიზმი

ნიმუში	pH	ოპტიკური სიმკვრივე, D		
		$\lambda=340, \text{HM}$	$\lambda=400, \text{HM}$	$\lambda=440, \text{HM}$
ფულვომჟავა	7,6	0.018	0.020	-
ფულვომ- ჟავა+მიკროლორგანიზ- მი	7,3	0.074	0.017	-
ჰუმინომჟავა	7,6	0.230	-	0.140
ჰუმინომ- ჟავა+მიკროლორგანი- ზმი	7,3	0.218	-	0.111

ექსპერიმენტული მონაცემების (ცხრილი №10) საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ფულვომჟავა და ჰუმინომჟავა საკმაოდ მგრძობობიარენი არიან მოლეკულურ სტრუქტურაში ცვლილებების მიმართ. ოპტიკური სიმკვრივის გაზომვის შედეგების მიხედვით ფულვომჟავას დამატებული მიკროლორგანიზმი და ჰუმინომჟავას დამატებული მიკროლორგანიზმი ფულვომჟავის შემთხვევაში მიკროლორგანიზმები ორგანოდესტრუქტორები გარკვეულ ზემოქმედებას ახდენენ მის მოლეკულაზე. სავარაუდოდ, მოცემულ შემთხვევაში, ფულვომჟავის და ჰუმინომჟავის მოლეკულაში გარკვეული ფუნქციონალური ჯგუფებში შემავალი ნახშირბადი წარმოადგენს მიკროლორგანიზმებისათვის ნახშირბადისა და ენერჯიის ერთადერთ წყაროს. ასევე, სავარაუდოდ მიკროლორგანიზმები ზემოქმედებენ ჰუმუსური მჟავების მოლეკულის პერიფერიულ ნაწილებზეც. ცხრილი №10-ის მონაცემებიდან ჩანს, რომ სისტემაში ფულვომჟავას+ მიკროლორგანიზმის შემთხვევაში ოპტიკური სიმკვრივე მნიშვნელოვნად იცვლებოდა, ვიდრე ჰუმინომჟავას+მიკროლორგანიზმი რაც განპირობებულია ფულვომჟავას შედარებით ნაკლები მოლეკულური მასით ჰუმინომჟავის მასთან შედარებით.

ზემოთ აღნიშნული ექსპერიმენტის მონაცემებიდან გამომდინარე მოდელური ექსპერიმენტი ფულვომჟავას ბიოდე-

სტრუქცია ჩატარებული იქნა სუფთა ფულვომუავაზე, შედეგები ჩაწერილი იქნა ინფრაწითელი სპექტრების საშუალებით.

როგორც ლიტერატურიდანაა ცნობილი, ჰუმუსური მჟავების ინფრაწითელი სპექტრები საკმაოდ რთულია. შთანთქმის ზოლები როგორც წესი ფართოა, რაც ხელს უშლის მაქსიმუმების დადგენას. [44, 48, 52, 64, 65, 66, 72]

სხვადასხვა ბუნებრივი ობიექტიდან გამოყოფილი ჰუმუსური მჟავების ინფრაწითელ სპექტრში შთანთქმის ზოლები შეიძლება განპირობებული იყოს:

- წყალბადური ბმებით დაკავშირებული პიდროქსილის ჯგუფების (კარბოქსილური, ფენოლური და სპირტული) ვალენტური რხევებით (3500-3150 სმ⁻¹).
- სხვადასხვა ალიფატურ დაჯგუფებებში (CH₃, CH₂, CH) C-H ვალენტური რხევებით (3000-2750 სმ⁻¹).
- C=O ვალენტური რხევებით (კარბოქსილურ ჯგუფებში, კეტონებში, ალდეჰიდებში) (1725-1700 სმ⁻¹).
- არომატული C-C ვალენტური რხევებით (1670-1629 სმ⁻¹).
- ბმების ვალენტური და OH ჯგუფების დეფორმაციული რხევებით კარბოქსილურ ჯგუფებში, ფენოლებში, სპირტებში და რთულ ეთერებში (1385-1200 სმ⁻¹).
- არომატული C-H ბმების არასიბრტყული დეფორმაციული და ალკილურ რადიკალებში CH₂ ჯგუფების დეფორმაციული რხევებით (980-600 სმ⁻¹).

ჰუმუსური მჟავების ი.წ. სპექტროსკოპიით შესწავლისას განსაკუთრებულ პრობლემას წარმოადგენს ნიმუშში წყლის შემცველობა. აღსორბირებული წყალი ფარავს იმ უბანს (3500-3200 სმ⁻¹), სადაც აღინიშნება წყალბადური ბმებით დაკავშირებული ჯგუფების რხევები.

ელემენტური ანალიზის შედეგების მიხედვით ჰუმუსური მჟავების შემადგენლობაში უნდა შედიოდნენ აზოტშემცველი ჯგუფებიც, თუმცა უმეტეს შემთხვევაში ისინი არ ფიქსირდებიან, ამის მიზეზი უნდა იყოს ის ფაქტი, რომ NH ჯგუფის ვალენტური რხევების შესაბამისი ზოლები ფიქსირდება სპექტრის იმ უბნებში, რომლებიც დამახასიათებელია წყალბადური ბმებით დაკავშირებული OH ან C=O ჯგუფების ვალენტური რხევებისათვის. რადგან ჰუმუსური მჟავებში NH ჯგუფების შემცველობა OH ჯგუფებთან შედარებით მცირეა, მათი შთანთქმის ზოლები ან საერთოდ არ

შეიმჩნევა, ან იშვიათად სუსტი შთანთქმის სახით ფიქსირდებიან, მხარის ან კალთის სახით, ჰიდროქსიდის ძირითად ზოლზე. [127-133]

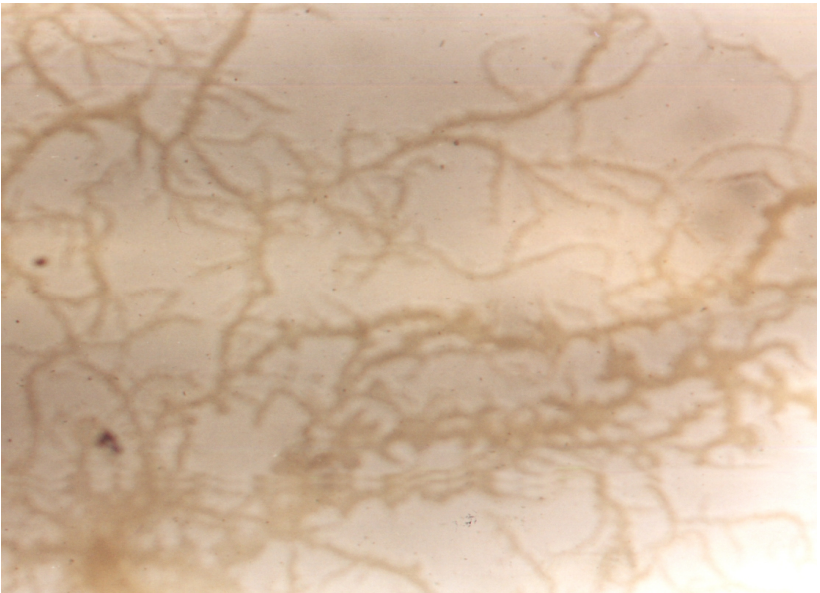
ჰუმუსური მჟავების ი.წ. სპექტრში CH_2 და CH_3 ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი რხევები ($3000-2750 \text{ სმ}^{-1}$) საშუალო ან მცირე ინტენსიობისაა. ძირითადად შეიმჩნევა მეთილენის ჯგუფების ასიმეტრიული და სიმეტრიული რხევებისათვის დამახასიათებელი შთანთქმის ერთი ან ორი ზოლო $2940-2920 \text{ სმ}^{-1}$ და $2860-2850 \text{ სმ}^{-1}$ უბანში.

$1725-1700 \text{ სმ}^{-1}$ უბანში ჰუმუსური მჟავების ი.წ. სპექტრში აღინიშნება ძლიერი შთანთქმა. ზოლის ინტენსიობა ძირითადად განპირობებული უნდა იყოს მჟავური კარბოქსიდის ვალენტური რხევებით, თუმცა გამორიცხული არაა, რომ მის ფორმირებაში მონაწილეობას დებულობენ ალდეჰიდური და რთული ეთერული ჯგუფებიც.

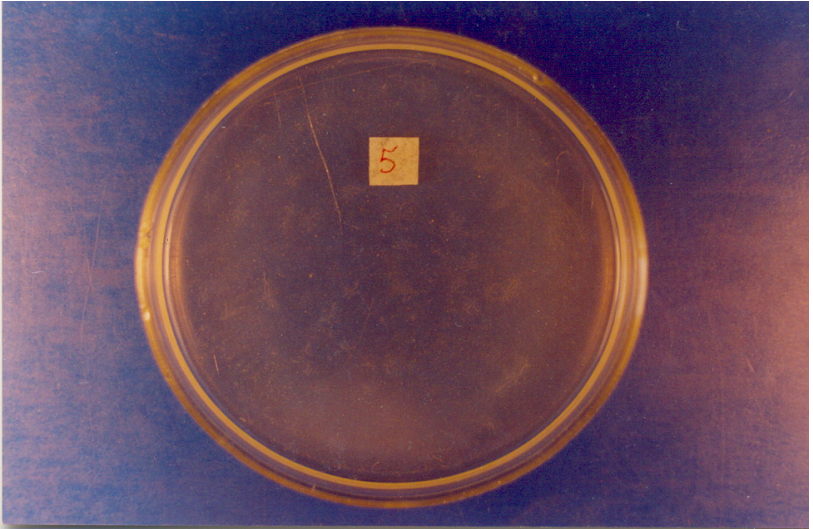
ჰუმუსური მჟავების თავისებურებების გათვალისწინებით მათ სამ ტიპად ყოფენ: პირველ ტიპს მიეკუთვნება ის ჰუმუსური მჟავები, რომელთათვისაც დამახასიათებელი შთანთქმის ზოლებია: 3400 , 2900 , 1720 , 1200 სმ^{-1} - ზე. მეორე ტიპისათვის დამახასიათებელია ძლიერი შთანთქმის ზოლი 1720 სმ^{-1} -ზე, დანარჩენი შთანთქმის ზოლით ისინი არ განსხვავდებიან პირველი ტიპის ჰუმუსური მჟავებისაგან. მესამე ტიპის ჰუმუსური მჟავების შემთხვევაში პროტეინებისათვის და პოლისაქარიდებისათვის დამახასიათებელი შთანთქმის ზოლები $1540-1050 \text{ სმ}^{-1}$ -ზე შესაბამისად. ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ჩვენს მიერ მოდელურ ექსპერიმენტში გამოყენებული ფულვომჟავა შედის პირველი ტიპის ჰუმუსური მჟავების შემადგენლობაში, რადგან ჰუმუსური მჟავების ბიოდესტრუქციის დინამიკისა და ხარისხის შესწავლის პროცესში გამოიკვეთა $1725-1720 \text{ სმ}^{-1}$ -ზე სპექტრის უბანში კარბოქსილური და კარბონილური ფუნქციონალური ჯგუფების ვალენტური რხევებისათვის დამახასიათებელი შთანთქმის ზოლები.

3.3.1. უმდაბლესი სოკოს გვარი *Phycomycetes sp. Paliastomy* საშუალებით ფულვომიქსის ბიოდესტრუქციის შედეგად მიღებული ინფრაწითელი სექტრები და მათი ანალიზი

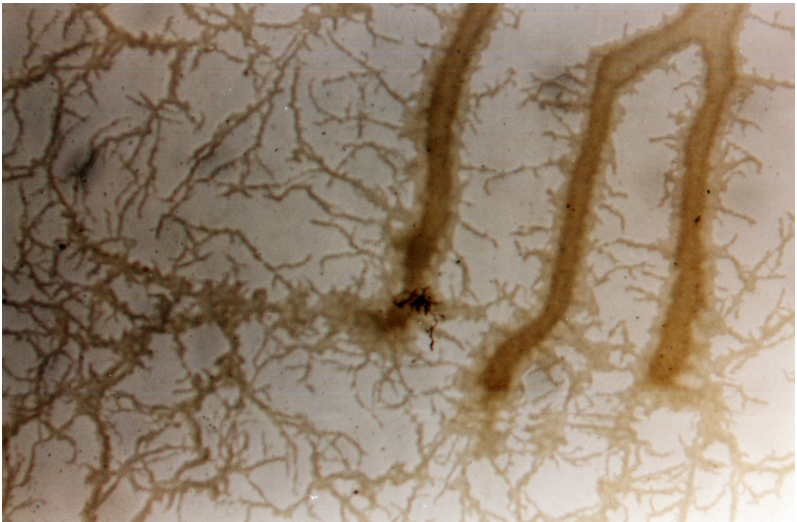
მოდელოური ექსპერიმენტის პირობებში ფულვო მუავის ბიოდესტრუქციას ვახდენდით ფოთის აკვატორიიდან გამოყოფილი უმდაბლესი სოკოს *Phycomycetes sp. Paliastomy* საშუალებით. მოცემულ ექსპერიმენტში დესტრუქციის პროცესის სრულყოფილი ანალიზისათვის, ჩავატარეთ მიკროორგანიზმის ხელახალი ადაპტაცია აღნიშნულ ფრაქციასთან, მინერალურ საკვებ არეში. მიღებული კულტურის ფოტოსურათები განვითარების სხვადასხვა ფაზაში მოცემულია სურათებზე 19,20, 21,22 (სურათების გადიდება X 94,5).



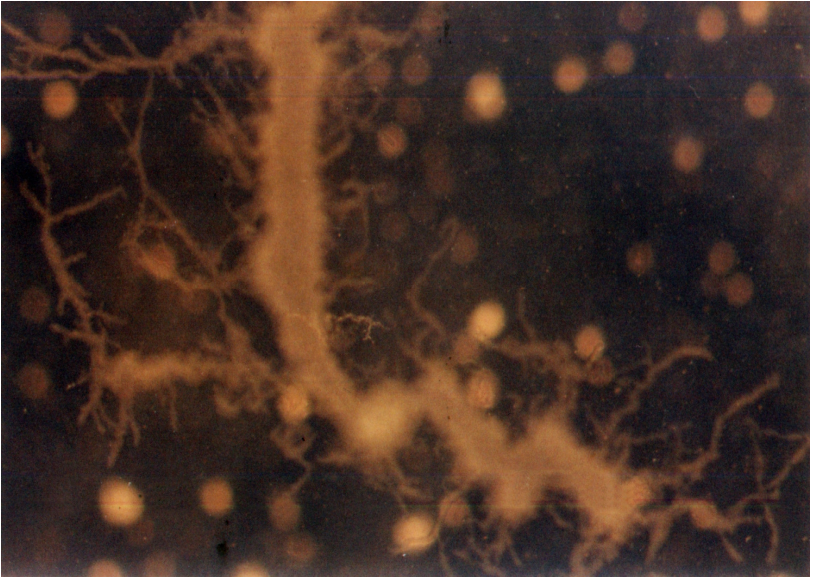
სურ. 19. უმდაბლესი სოკოს გვ. *Phycomycetes sp. Paliastomy* თაობისას ფულვომიქსის ბიოდესტრუქციის მე-7-ე დღე



სურ. 20. უმდაბლესი სოკოს გვ. *Phycomycetes sp. Paliastomy* თანაობისას ფულვომუჯავის ბიოდესტრუქციის მე-10-ე დღე



სურ. 21. უმდაბლესი სოკოს გვ. *Phycomycetes sp. Ppaliastomy* თანაობისას ფულვომუჯავის ბიოდესტრუქციის ექსპრიმენტის მე-10-ე დღე



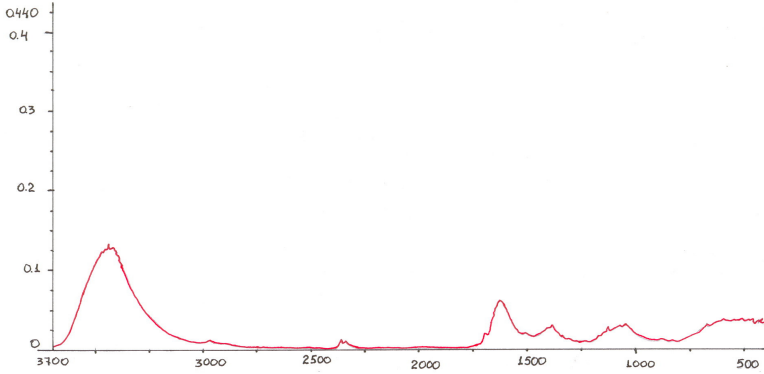
სურ. 22. უმდაბლესი სოკოს გვ. *Phycomycetes sp. Paliastomy* თანაობისას ფულვომუჟავის ბიოდესტრუქციის მე-12-ე დღე

ბიოდესტრუქციის ხარისხს ვადგენდით ინფრაწითელი სპექტრომეტრული მეთოდით, დესტრუქტორი მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის ტენდენციის პროცესში, ფულვომუჟავებში შემავალი ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი ი.წ სპექტრში პიკების ცვლილებების მიხედვით.

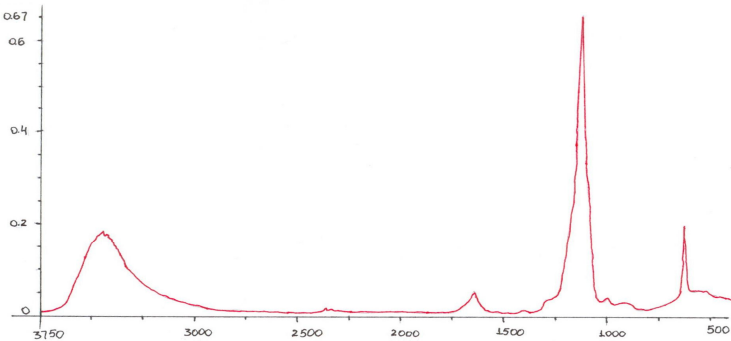
მიღებული ექსპერიმენტალური შედეგები წარმოდგენილია სურათებზე 23–28 (კონტროლი, 12 სთ, 60 სთ, 108 სთ, 228 სთ) და გრაფიკზე №1.

სურათ 23-ზე მოყვანილია ფულვომუჟავის საკონტროლო ნიმუშის (მიკროორგანიზმების გარეშე) ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები, ხოლო სურ. 24–28-ზე კი ნახვენებია ფულვომუჟავას ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრების ცვლილებები მიკროორგანიზმების (სოკოს *Phycomycetes sp. Paliastomy*) თანაობისას დროის სხვადასხვა დიაპაზონში. მოცემულ სურათებზე მიღებული შანთქმის სპექტრების ცვლილებების მიხედვით (კერძოდ, 1520–1720 სმ⁻¹ დიაპაზონში კარბოქსილისა და კარბონილის ფუნქციონალური ჯგუფების ვალენტური რხევების ცვლილება) გამოთვლილ იქნა I₀/I შეფარდება, სადაც

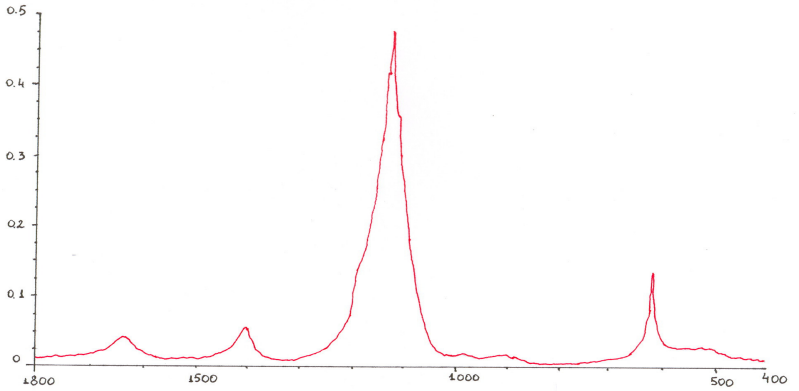
I არის საკონტროლო ნიმუშის (სუფთა ფულვომუჯავას) სპექტრის სიდიდე, ხოლო I_0 კი სისტემა ფულვომუჯავა+მიკროორგანიზმის სპექტრების სიდიდეები დროის სხვადასხვა დიაპაზონში. მიღებული მონაცემები მოცემულია ცხრილში №11.



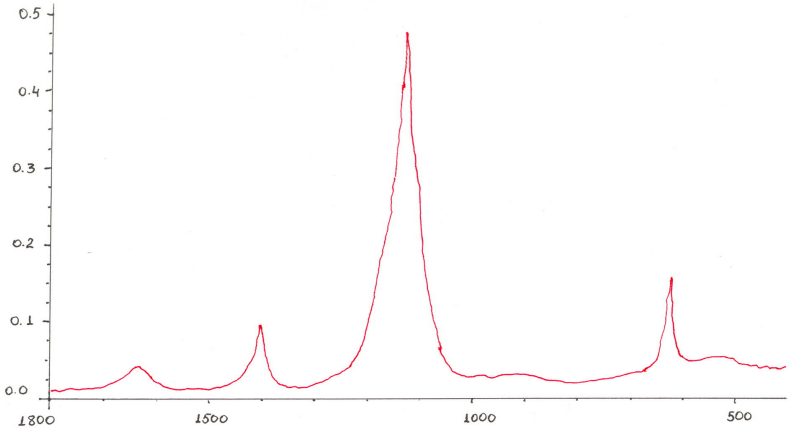
სურ. 23. ფულვომუჯავის საკონტროლო ნიმუშის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები



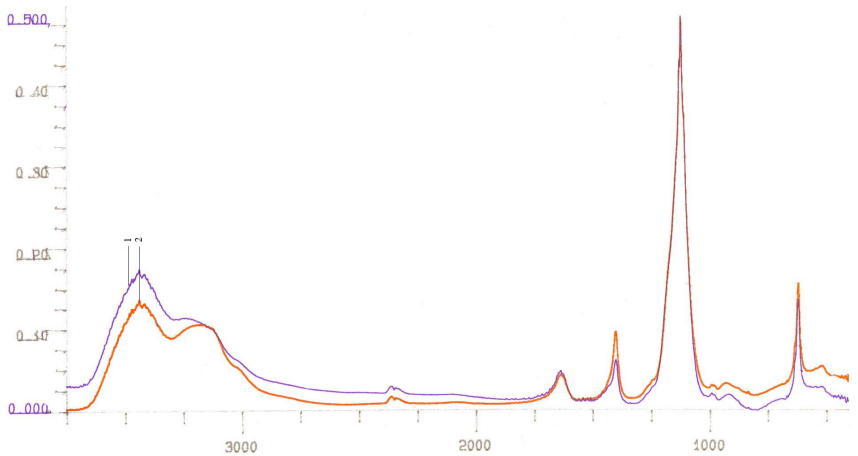
სურ. 24. ფულვომუჯავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 12 საათის შემდეგ სოკოს *Phycomycetes sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



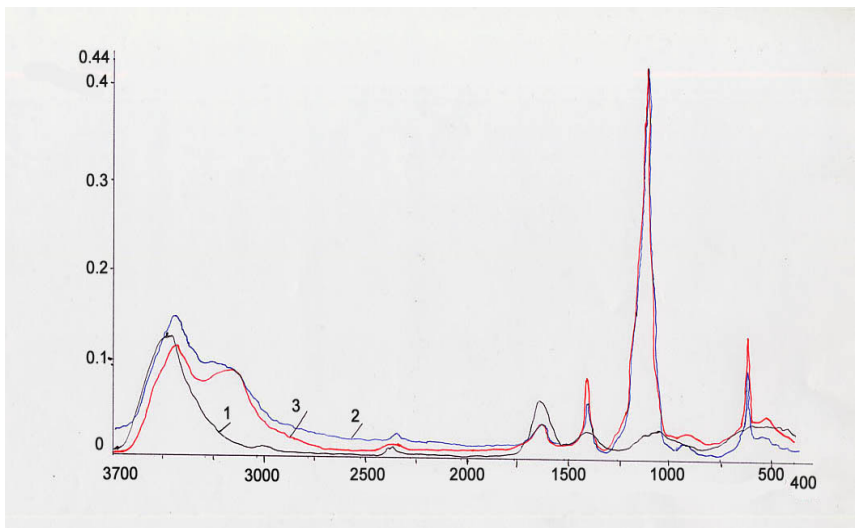
სურ. 25. ფულვომუჯავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 108 საათის შემდეგ სოკო *Phycomycetes sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



სურ. 26. ფულვომუჯავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 228 საათის შემდეგ სოკო *Phycomycetes sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



სურ. 27. ფულგომჟავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები I - 108 საათის და II - 228 საათის შემდეგ სოკო *Phycomyces sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



სურ. 28. ფულგომჟავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 1-ფულგომჟავას კონტროლი, 2 სპექტრი-108 სთ., 3 სპექტრი -228 სთ სოკო *Phycomyces sp. Paliastomy*-ის თანაობისას

როგორც მოცემული სურათებიდან ჩანს ბიოდესტრუქციის შედეგად 1720-1520 cm^{-1} -ის შთანთქმის სპექტრის დიაპა-

ზონში მნიშვნელოვნად მცირდება კარბოქსილური და კარბონილური ფუნქციონალური ჯგუფების დამახასიათებელი პიკები, ხოლო 1400-1100 სმ⁻¹ სპექტრის დიაპაზონში წარმოიქმნება მკვეთრად გამოხატული პიკები, რაც სავარაუდოდ მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელების პროდუქტებისათვისაა დამახასიათებელი (მაგ. CH₂OCH₂, C₆H₅CHO). ასევე, ალიფატური და არომატული ალდეჰიდებისათვის და პოლისაქარიდებისათვის დამახასიათებელია პიკები სპექტრის 700-600 სმ⁻¹ უბანში.

ფულვომჟავის ფრაქციაში შემავალი კარბოქსილური და კარბონილური ფუნქციონალური ჯგუფების შთანთქმის სპექტრების შეფარდებითი ლოგარითმები (lg I₀/I) დროის გარკვეულ ინტერვალთან მიმართებაში მოცემულია ცხრილში №11.

ცხრილი 11.

ფულვომჟავის კარბონილისა და კარბოქსილის ფუნქციონალური ჯგუფების შთანთქმის შეფარდებითი ლოგარითმები

სთ	J ₀ /J	lg J ₀ /J	ბიომასა მგ/ლ
	საკონტროლო ნიმუში მიკროორგანიზმების გარეშე 1,34	საკონტროლო ნიმუში მიკროორგანიზმების გარეშე 12,71	
(მკორგ+ფკ) 12	1,33	12,39	50
“-----” 36	1,29	11,06	83
“-----” 60	1,23	8,99	125
“-----” 84	1,18	7,19	200
“-----” 108	1,13	5,31	315
“-----” 132	1,13	5,31	295
“-----” 156	1,13	5,31	275
“-----” 180	1,12	4,92	195
“-----” 204	1,12	4,92	140
“-----” 228	1.11	4.53	83

ცხრილიდან (№11) ჩანს, რომ კარბოქსილისა და კარბონილის ფუნქციონალური ჯგუფების ინტენსიობის კლება (lg

I₀/I) პირდაპირ კავშირშია დროის ფაქტორთან. როგორც ვხედავთ, ფულვომჟავაში 12 საათის შემდეგ, კარბონილური და კარბოქსილური ჯგუფების რაოდენობის ინტენსიობა, საკონტროლო ნიმუშში არსებული იმავე ჯგუფის რაოდენობის ინტენსიობასთან შედარებით შესამჩნევად არ მცირდება.

12-108 საათების დიაპაზონში მოცემული ჯგუფების ინტენსიობის შემცირების ტენდენცია მნიშვნელოვნად ღრმავდება და როგორც ვხედავთ, 1g I₀/I-ის მნიშვნელობა მცირდება 12,39-იდან 5,31-მდე. შემცირების ტენდენცია გრძელდება 108-204 სთ-ების დიაპაზონში. 204-228 სთ-ების პერიოდში კარბონილური და კარბოქსილური ჯგუფების ვალენტური რხევების ინტენსიობის შემცირება უმნიშვნელო ხდება, რაც მიგვანიშნებს იმაზე, რომ სისტემაში ფულვომჟავა+მიკროორგანიზმები მყარდება პირველი წონასწორობა.

აღსანიშნავია, რომ CH₃-OR, -CH₂-OR, -CH₃ და -CH₂- ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი ვალენტური რხევების ინტენსიობა ინფრაწითელი სპექტრის 2900-3000 სმ⁻¹ დიაპაზონში 12 საათის შემდეგ მაქსიმალურად მცირდება, ხოლო 60 საათის შემდეგ ზემოთ აღნიშნული ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი პიკები კვლავ ჩნდება და მოლეკური ექსპერიმენტის მიმდინარეობის შემდგომ ეტაპზე კვლავ მინიმუმამდე მცირდება.

ასევე, სისტემაში ფულვომჟავა+სოკო, სპექტრის 1700 სმ⁻¹ ტალღის სიგრძეზე კეტონური ჯგუფების დამახასიათებელი პიკებს აქვს მინიმალური სიმაღლე ექსპერიმენტის დაწყებიდან 12 საათის შემდეგ. რაც შეეხება -C-C- არომატული ჯგუფებისათვის დამახასიათებელ პიკს 1510 სმ⁻¹ ტალღის სიგრძეზე, ეს პიკიც ექსპერიმენტის დაწყებიდან 12 საათის შემდეგ მინიმალური ხდება და უცვლელი რჩება მთელი ექსპერიმენტის განმავლობაში.

საინტერესო სურათი იკვეთება სპექტრის 1400 სმ⁻¹ დიაპაზონში R-CHO-ს ვალენტური რხევებისათვის დამახასიათებელი პიკის სიმაღლე, რომელიც აღინიშნა საკონტროლო ნიმუშის (სუფთა ფულვომჟავა) ინფრაწითელ სპექტრში, ექსპერიმენტის განმავლობაში მკვეთრად გაიზარდა.

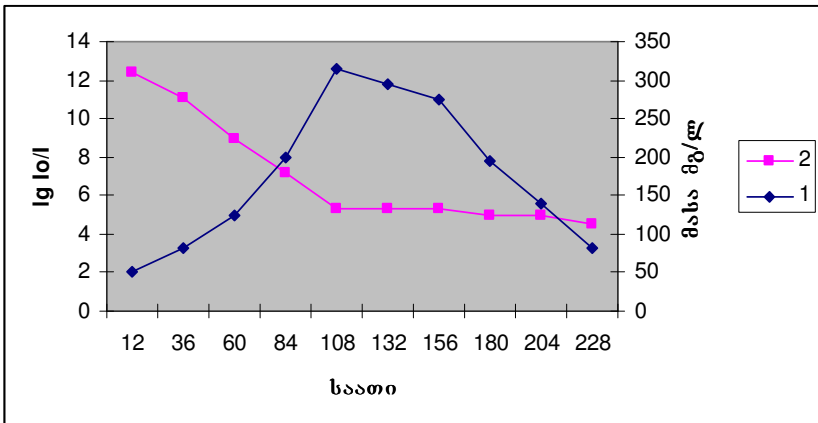
ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ფულვომჟავის დესტრუქციის პროცესი იწყება მისი მიკროორგანიზმებთან კონტაქტის პირველივე საათებში,

აქტიურ ფაზაში გადადის 36-108 საათის ინტერვალში, დესტრუქციის პროცესი წონასწორობის ფაზაში შედის მიკროორგანიზმების ინკუბაციის 132 სთ-დან.

ფულვომჟავას კულტურალური სითხის ინფრაწითელმა სპექტრომეტრიამ გვიჩვენა, რომ დესტრუქციის პროცესის თვისობრივ-რაოდენობრივი ხასიათი დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების კულტივირების დროზე. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ მიკროორგანიზმები ონტოგენეზში გადიან ზრდის სხვადასხვა ფაზებს, რომლის დროსაც კულტურაში ხდება გარკვეული მორფო-ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური ძვრები, რაც გამოიხატება ფერმენტული აქტივობის ცვლაში, რაზეც დამოკიდებულია კულტურალურ სითხეში არსებული სახვადასხვა სუბსტრატის უტილიზაციის ხარისხი.

აქედან გამომდინარე ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა საკვლევი კულტურის ზრდის ინტენსიობა კულტივაციის პერიოდში და ფულვო მჟავის თვისობრივი დესტრუქცია კულტივაციის ამავე პერიოდში. შედეგები მოცემულია გრაფიკ №1-ზე.

გრაფიკ №1-ის მრუდ 1-ზე მოცემულია ბიომასის ზრდის ტენდენცია ფულვომჟავის შემცველ საკვებ არეზე, მრუდ 2-ზე კი ფულვომჟავის ფრაქციის ბიოდესტრუქციის დინამიკა (რომელიც აგებულია ცხრილ №11-ში მოცემული მეთილის ჯგუფების შთანთქმის შეფარდებითი ლოგარითმების მიხედვით).



გრაფიკი №1. უმდაბლესი სოკო *Phycomycetes sp. Paliastomy* ბიომასის ზრდის ინტენსიობა კულტივაციის პერიოდში და ფულვომჟავის თვისობრივი დესტრუქცია კულტივაციის ამავე

პერიოდში. მრუდი - 1 ფულვომჟავის ბიოდესტრუქციის დინამიკა კარბოქსილური და კარბონილური ჯგუფების შთანთქმის სპექტრების შეფარდებითი ლოგარითმები; მრუდი 2- სოკოს ბიომასის ზრდის მრუდი.

მოცემულ გრაფიკზე თვალნათლივ ჩანს (მრუდი 1), რომ მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის მაქსიმუმი თავის პიკს აღწევს 84-108 სთ-ში, შემდეგ კი იწყებს შემცირებას და თავის მინიმუმს აღწევს 204-228 საათების დიაპაზონში. მრუდი 1-ზე ასახული მიკროორგანიზმების განვითარება, შეგვიძლია დავეყთ შემდეგ ფაზებად: 12-36 საათების დიაპაზონი საკვებ არესთან შეგუების ფაზაა, რომლის დროსაც იწყება მიკროორგანიზმების უჯრედების ზრდა და აქედან გამომდინარე ამ ეტაპზე ისინი ჯერ ვერ იღებენ აქტიურ მონაწილეობას ბიოდესტრუქციის პროცესში.

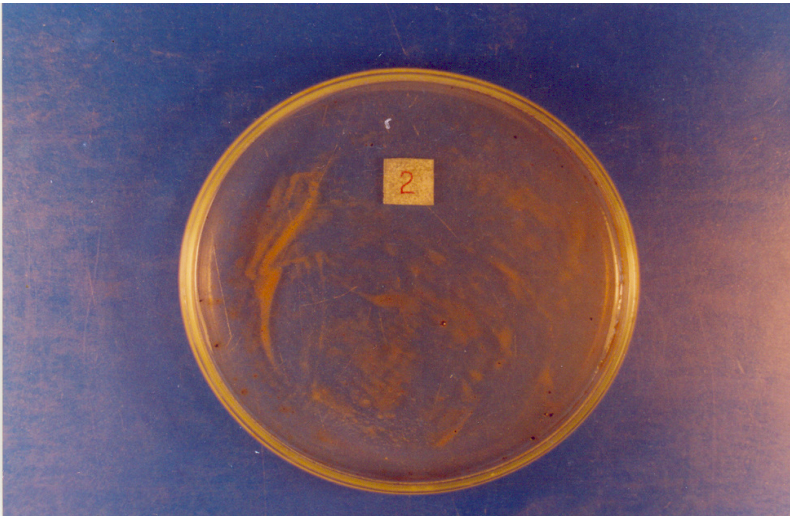
ყოველივე ეს ზუსტად აისახება გრაფიკ 12-36 საათიან მონაკვეთში, სადაც კარბოქსილისა და კარბონილის ჯგუფების ვალენტური რხევების შემცირების ინტენსიობა ნაკლებ თვალსაჩინოა. დროის მონაკვეთები – 36-84 სთ და 84-108 სთ შეესაბამებიან მიკროორგანიზმების დაჩქარებული ზრდის ფაზას, როდესაც უჯრედების დაყოფის სინქარე მაქსიმალურია, შესაბამისად, ასეთი აქტიური ეტაპი აისახება კარბონილისა და კარბოქსილის ჯგუფების კლებადობის ინტენსიობაზეც, რომელიც ასახულია მრუდ 2-ზე. თვალნათლივ ჩანს, ის მომენტიც, რომ თუ მრუდ 1-ზე მიკროორგანიზმების ბიომასა აღწევს მაქსიმუმს 84-108 სთ-ის დიაპაზონში, მრუდ 2-ზე ეს პროცესი აისახება ბიოდესტრუქციის მაღალი ინტენსიობით. 108 სთ-ის შემდეგ (მრუდი 1) ასახულია შემდეგი ფაზები: სტაციონალური ფაზა – 108-156 სთ; კვდომის ფაზა – 156-228 სთ; აღსანიშნავია, რომ ეს ფაზები დესტრუქციის პროცესის ინტენსიობის ეტაპობრივი შენელების გამომხატველია.

ამრიგად, მიღებული შედეგების საფუძველზე სეგვიზლია დავასკვნათ, რომ არსებობს მკვეთრად გამოხატული დამოკიდებულება ბიოდესტრუქტორ მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის ტენდენციასა და ფულვო მჟავის დესტრუქციის პროცესის დინამიკას შორის, რაც თვალნათლივ აისახა გრაფიკ №1-ზე. აგრეთვე, აღსანიშნავია, რომ ბიოდესტრუქცია საკმაოდ დინამიური პროცესია, მიმდინარეობს გარკვეულ ეტაპებად. კარბონილისა

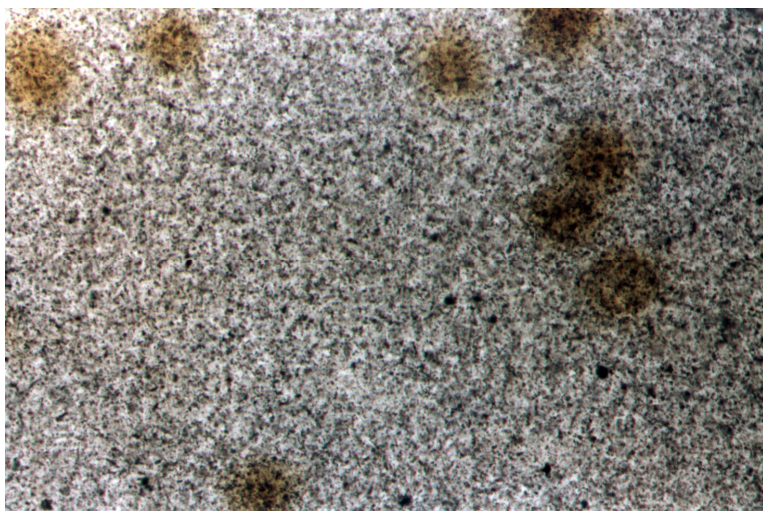
და კარბოქსილის ფუნქციონალური ჯგუფების შემცირების ფონზე ჩნდება ახალი, სავარაუდოდ მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედებისათვის დამახასიათებელი პიკები.

3.3.2 ბაქტერიის გვარის *Bacillus sp. Paliastomy* საშუალებით ფულვოგენის ბიოდესტრუქციის ინფრაწითელი სპექტრები და მათი ანალიზი

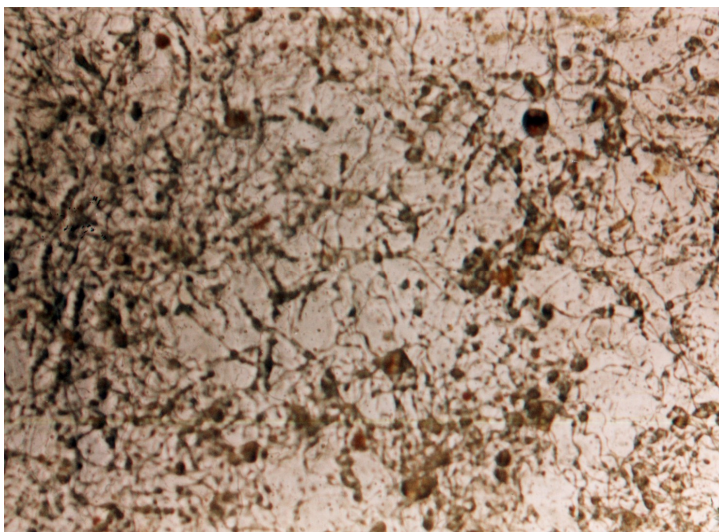
მოცემულ მოდელოვან ექსპერიმენტში ფულვო გენის ბიოდესტრუქციას ვახდენდით ფოთის აკვატორიიდან გამოყოფილი ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy* საშუალებით. აღნიშნულ ექსპერიმენტშიც მსგავსად უმდაბლესი სოკოს საშუალებით ფულვო გენების დესტრუქციის შესწავლისა, ჩავატარეთ ბაქტერიების ხელახალი ადაპტაცია აღნიშნულ ფრაქციასთან, მინერალურ საკვებ არეში. მიღებული კულტურის ფოტოსურათები განვითარების სხვადასხვა ფაზაში მოცემულია სურათებზე 27-30 (სურათების გადიდება X94,5).



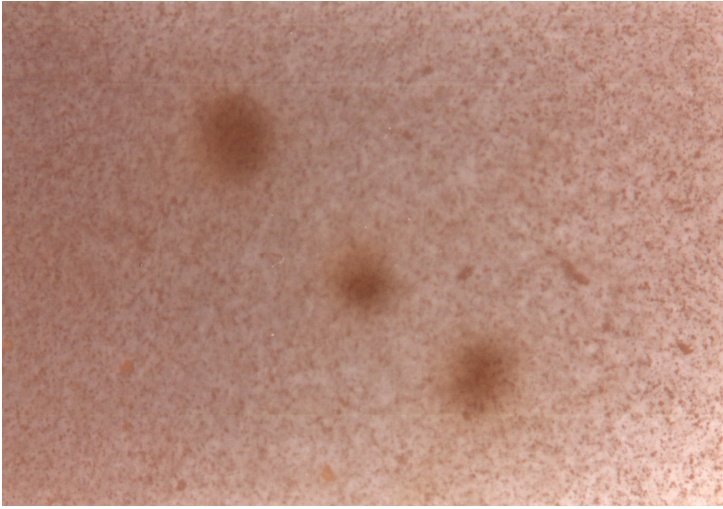
სურ. 29. ექსპერიმენტის ბიოდესტრუქცია 12 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



სურ. 30. ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას ბიოდესტრუქციის ექსპრიმენტი 12 საათის შემდეგ



სურ. 31. ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას ბიოდესტრუქციის ექსპრიმენტი 36 საათის შემდეგ



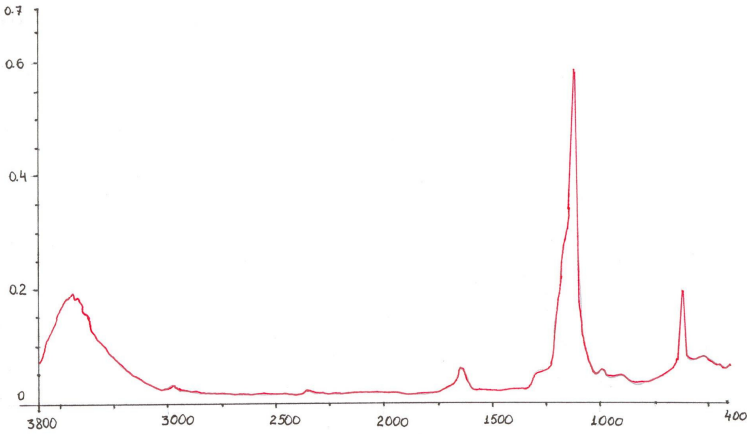
სურ. 32. ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას ბიოდესტრუქციის ექსპერიმენტი 94 საათის შემდეგ

ინფრაწითელი სპექტრომეტრული მეთოდით ვადგენდით ბიოდესტრუქციის ხარისხს, დესტრუქტორი მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის ტენდენციის პროცესში. შედეგები გაანალიზებული იქნა ფულვომუჟავებში შემავალი ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი ი.წ. სპექტრში პიკების ცვლილებების მიხედვით.

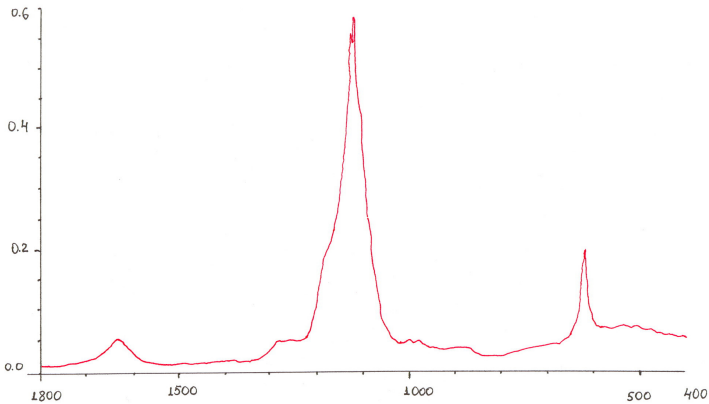
მიღებული ექსპერიმენტალური შედეგები წარმოდგენილია სურათებზე 23, 33-41 (კონტროლი, 12 სთ, 36 სთ, 60 სთ, 156 სთ) და გრაფიკზე №2.

სურათ 23-ზე მოყვანილია ფულვომუჟავის საკონტროლო ნიმუშის (მიკროორგანიზმების გარეშე) ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები, ხოლო სურათებზე 33-41-ზე ნაჩვენებია ფულვომუჟავს ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრების ცვლილებები მიკროორგანიზმების (ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*) თანაობისას დროის სხვადასხვა დიაპაზონში. მოცემულ სურათებზე მიღებული შთანთქმის სპექტრების ცვლილებების მიხედვით გამოთვლილ იქნა I_0/I შეფარდება, სადაც I არის საკონტროლო ნიმუშის (სუფთა ფულვომუჟავს) სპექტრის სიდიდე, ხოლო I_0 კი სისტემა ფულვომუჟავ+მიკროორგანიზმის სპექტრე-

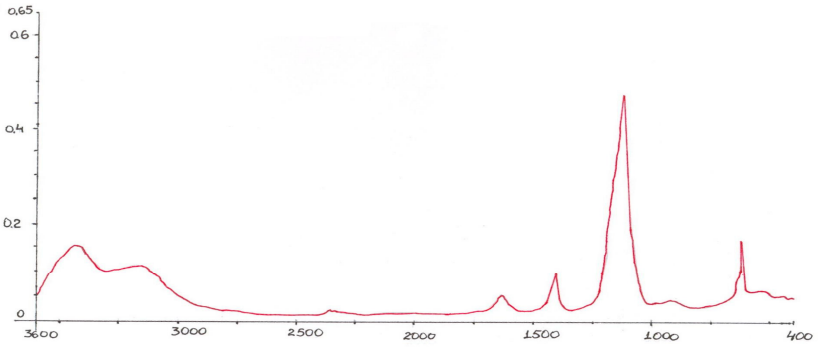
ბის სიდიდეები დროის სხვადასხვა დიაპაზონში.



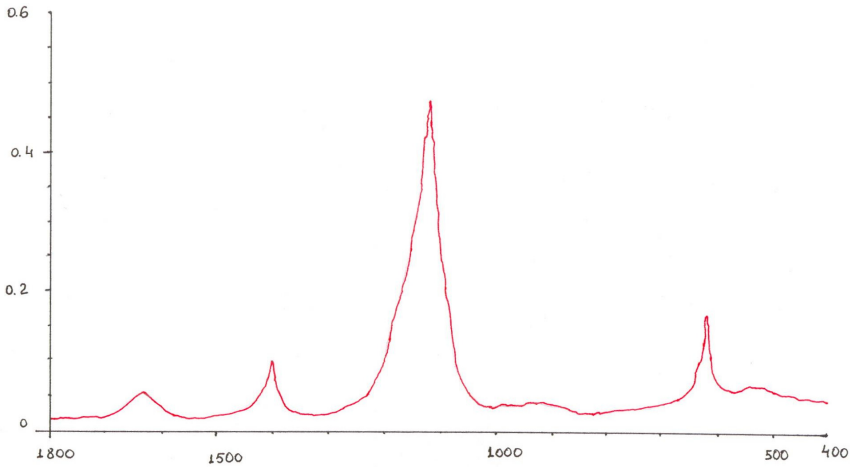
სურ. 33. ფულვო მჟავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 12 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy-* ის თანაობისას



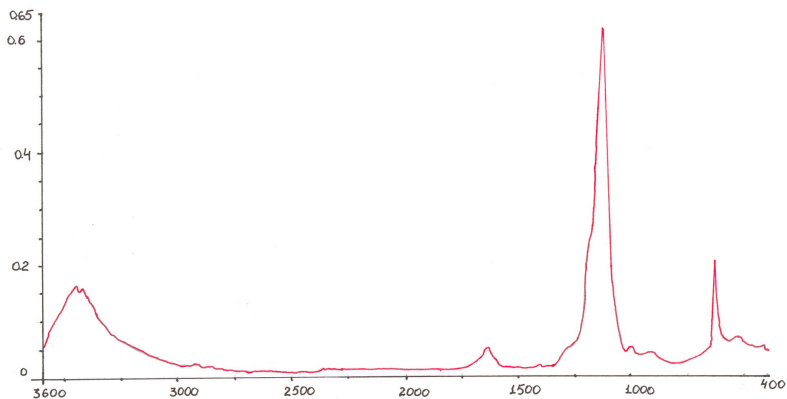
სურ. 34. ფულვო მჟავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 12 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy-* ის თანაობისას



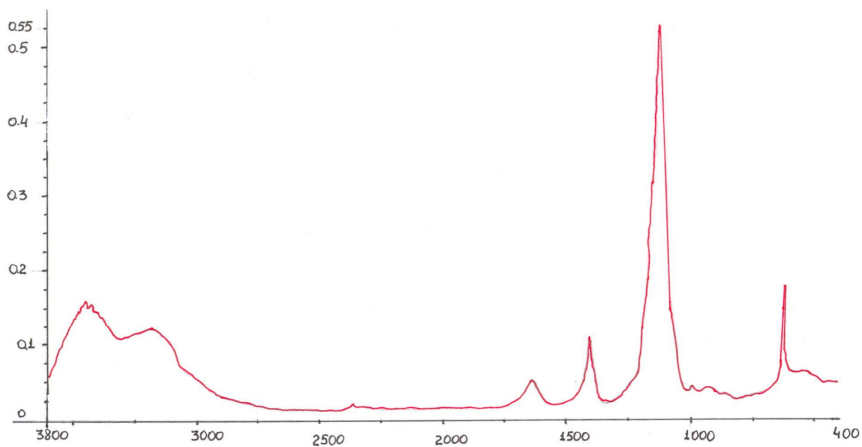
სურ. 35. ფულვო მჟავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 36 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



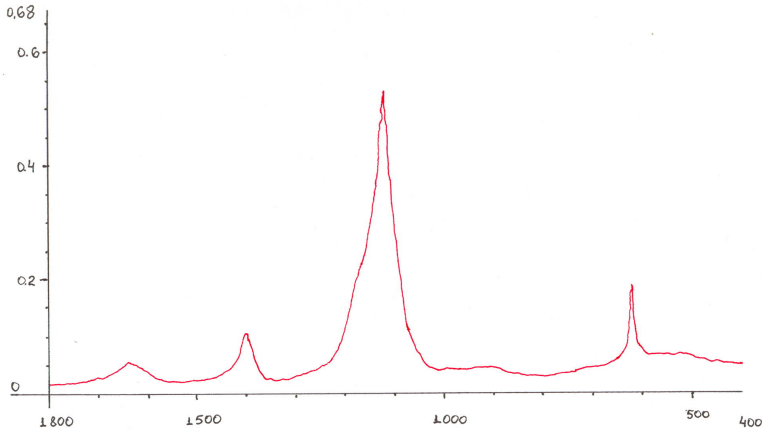
სურ. 36. ფულვო მჟავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 36 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



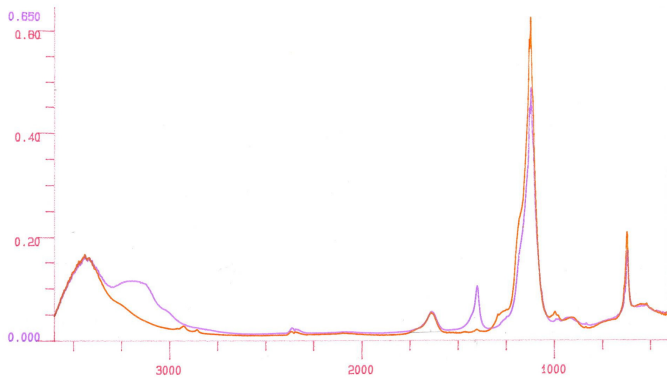
სურ. 37. ფულვო მუავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 60 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



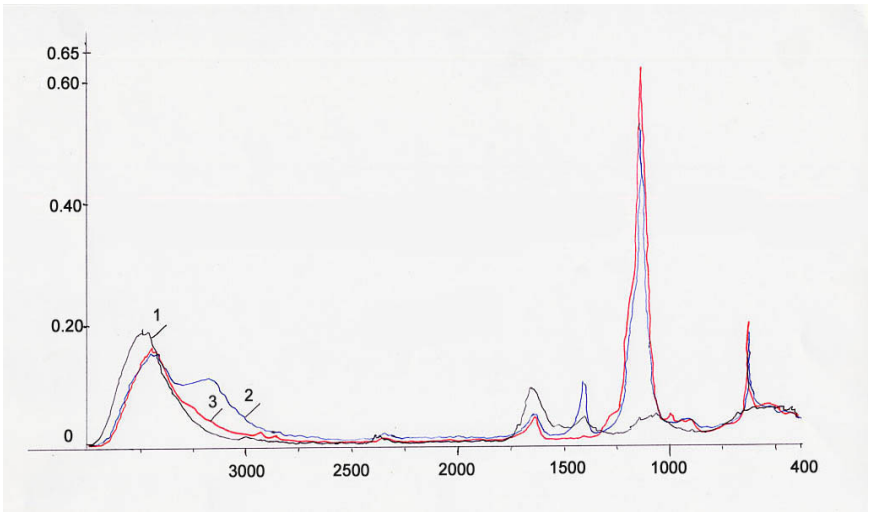
სურ.№ 38. ფულვო მუავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 156 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



სურ. 39. ფულვო მუავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები 156 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



სურ.№ 40. ფულვო მუავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები I - (ღურჯი) 36სთ II - (წითელი) 60 საათის შემდეგ ბაქტერიის გვარი *Bacillus sp. Paliastomy*-ის თანაობისას



სურ.№ 41. ფულვო მჟავის ინფრაწითელი შთანთქმის სპექტრები ბაქტერია-გვარი *Bacillus sp. Paliastomy* 1-ფულვომჟავას კონტროლი, 2 სპექტრი-36 სთ., 3 სპექტრი-60 სთ

როგორც მოცემული სურათებიდან ჩანს ბიოდესტრუქციის შედეგად, მსგავსად სოკოს საშუალებით განხორციელებული ბიოდესტრუქციისა 1720-1520 cm^{-1} -ის შთანთქმის სპექტრის დიაპაზონში მნიშვნელოვნად მცირდება კარბოქსილური და კარბონილური ფუნქციონალური ჯგუფების დამახასიათებელი პიკები, ხოლო 1400-1100 cm^{-1} სპექტრის დიაპაზონში წარმოიქმნება მკვეთრად გამოხატული პიკები, რაც სავარაუდოდ დამახასიათებელია მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების პროდუქტებისათვის (მაგ. CH_2OCH_2 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$. ასევე, პიკები სპექტრის 700-600 cm^{-1} უბანში დამახასიათებელი ალიფატური და არომატული ალდეჰიდებისათვისა და პოლისაქარიდებისათვის.

ფულვომჟავის ფრაქციაში შემავალი კარბოქსილური და კარბონილური ფუნქციონალური ჯგუფების შთანთქმის სპექტრების შეფარდებითი ლოგარითმები ($\lg I_0/I$) დროის გარკვეულ ინტერვალთან მიმართებაში მოცემულია ცხრილში №12.

ცხრილი 12.

ფულვომუჟავის შთანთქმის შეფარდებითი ლოგარიტმები

სთ	J_0/J	$\lg J_0/J$	ბიომასა, მგ/ლ
	საკონტროლო ნიმუში მიკრო- ორგანიზმე- ბის გარეშე 1,34	საკონტროლო ნიმუში მიკროორ- განიზმების გარეშე 12,71	
12	1,34	12,71	120
36	1,21	8,28	166
60	1,20	7,92	160
84	1,20	7,92	153
108	1,18	7,49	140
132	1,16	6,45	95
156	1.16	6.45	75

ცხრილიდან №12 ჩანს, რომ კარბოქსილისა და კარბონილის ფუნქციონალური ჯგუფების ინტენსიობის კლება ($\lg I_0/I$) პირდაპირ კავშირშია დროის ფაქტორთან. როგორც ვხედავთ, ფულვო მუჟავაში 12 სთ-ის შემდეგ, კარბონილური და კარბოქსილური ჯგუფების რაოდენობის ინტენსიობა, საკონტროლო ნიმუშში არსებული იმავე ჯგუფის რაოდენობის ინტენსიობასთან შედარებით არ მცირდება. 12-36 საათების დიაპაზონში აღინიშნება მოცემული ჯგუფების ინტენსიობის შემცირების ტენდენცია და როგორც ვხედავთ, $\lg I_0/I$ -ის მნიშვნელობა მცირდება 1,34-დან 1,20-მდე. შემცირების ტენდენცია გრძელდება 84-108 სთ-ების დიაპაზონში. 108-156 სთ-ების პერიოდში კარბონილური და კარბოქსილური ჯგუფების ვალენტური რხევების ინტენსიობის შემცირება უმნიშვნელო ხდება, რაც მიგვანიშნებს იმაზე, რომ სისტემაში ფულვო მუჟავა-მიკროორგანიზმები მყარდება პირველი წონასწორობა.

ბაქტერიების თანაობისას მიმდინარე დესტრუქციის პროცესის დროს, ისევე როგორც სოკოს თანაობისას, ექსპერი-

მენტის დაწყებიდან 12 საათის შემდეგ ჩნდებიან პოლისაქარიდებისათვის დამახასიათებელი პიკები სპექტრის 600-700 სმ^{-1} ტალღის სიგრძის დიაპაზონში და ალიფატური მარტივი ეთერებისათვის (CH_2OCH_2) დამახასიათებელი პიკები 1100-1150 სმ^{-1} ტალღის სიგრძეზე. რაც სავარაუდოდ მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგია. ასევე 12 საათის შემდეგ მინიმუმამდე შემცირდა შემდეგი ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი პიკები, როგორცაა: C-C სპექტრის 1510-1500 სმ^{-1} ტალღის სიგრძეზე და ალდეჰიდური და კეტონური ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი პიკები 1700 სმ^{-1} ტალღის სიგრძეზე.

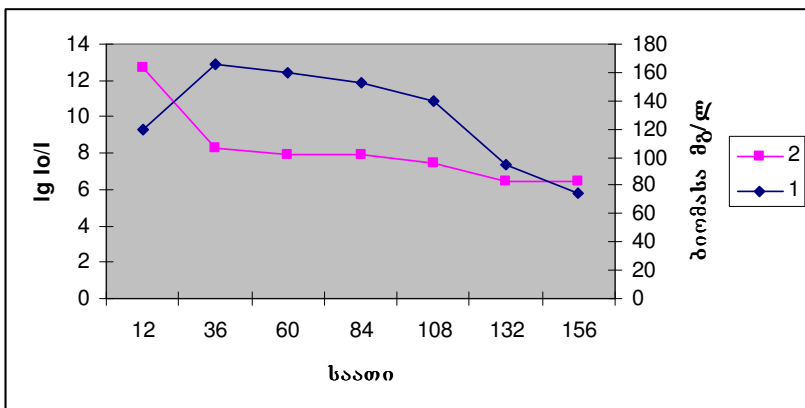
ბაქტერიების შემთხვევაში, სოკოს თანაობისას მიმდინარე დესტრუქციის პროცესისგან განსხვავებით, 36 საათის შემდეგ $-\text{CH}_2-$ და $-\text{CH}_3$ ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი პიკები (2900-3000 სმ^{-1} ტალღის სიგრძე) მკვეთრად მცირდება. ასევე, ინფრაწითელ სპექტრზე აღინიშნა R-CHO-სთვის დამახასიათებელი პიკის (1400 სმ^{-1}) მკვეთრი ზრდა,

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, მსგავსად უმდაბლესი სოკოს მიერ გამოწვეული დესტრუქციისა, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ფულგო მჟავის დესტრუქციის პროცესი იწყება მისი მიკროორგანიზმებთან კონტაქტის პირველივე საათებში, აქტიურ ფაზაში გადადის 36-60 სთ-ის ინტერვალში, დესტრუქციის პროცესი წონასწორობის ფაზაში შედის მიკროორგანიზმების ინკუბაციის 84 სთ-დან.

ფულგომჟავას კულტურალური სითხის ინფრაწითელმა სპექტრომეტრით გვიჩვენა, რომ დესტრუქციის პროცესის თვისობრივ-რაოდენობრივი ხასიათი დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების კულტივირების დროზე. ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ მიკროორგანიზმები ონტოგენეზში გადიან ზრდის სხვადასხვა ფაზებს, რომლის დროსაც კულტურაში ხდება გარკვეული მორფო-ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური ძვრები, რაც გამოიხატება ფერმენტული აქტივობის ცვლაში, რაზეც დამოკიდებულია კულტურალურ სითხეში არსებული სახვადასხვა სუბსტრატის უტილიზაციის ხარისხი.

ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა საკვლევი კულტურის ზრდის ინტენსიობა კულტივაციის პერიოდში და ფულგო მჟავის თვისობრივი დესტრუქცია კულტივაციის ამავე პერიოდში. შედეგები მოცემულია გრაფიკ №3-ზე.

გრაფიკ №3-ის მრუდ 1-ზე მოცემულია ბაქტერიის ბიომასის ზრდის ტენდენცია ფულვო მუავის შემცველ საკვებ არეზე, მრუდ 2-ზე კი ფულვო მუავის ფრაქციის ბიოდესტრუქციის დინამიკა (რომელიც აგებულია ცხრილ №2-ში მოცემული კარბონილისა და კარბოქსილის ფუნქციონალური ჯგუფების შთანთქმის შეფარდებითი ლოგარიტმების მიხედვით).



გრაფიკი №2. საკვლევი კულტურის ზრდის ინტენსიობა კულტივაციის პერიოდში და ფულვომუავის თვისობრივი დესტრუქცია კულტივაციის ამავე პერიოდში. მრუდი - 1 კულტურის ზრდის ინტენსიობა, მრუდი - 2 ფულვომუავის ბიოდესტრუქციის დინამიკა

მოცემულ გრაფიკზე თვალნათლივ ჩანს (მრუდი 1), რომ მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის მაქსიმუმი თავის პიკს აღწევს 60 სთ-ში, შემდეგ კი იწყებს შემცირებას და თავის მინიმუმს აღწევს 60-156 საათების დაპაზონში. მრუდი 1-ზე ასახული მიკროორგანიზმების განვითარება, შეგვიძლია დავეოთ შემდეგ ფაზებად: 0-12 საათის დიაპაზონი საკვებ არესთან შეგუების ფაზაა, რომლის დროსაც იწყება მიკროორგანიზმების უჯრედების ზრდა და აქედან გამომდინარე ამ ეტაპზე ისინი ჯერ ვერ იღებენ აქტიურ მონაწილეობას ბიოდესტრუქციის პროცესში.

ყოველივე ეს ზუსტად აისახება გრაფიკ №2-ის, მრუდ 2-ზე 0-12 სთ-იან მონაკვეთში, სადაც კარბოქსილისა და კარბონილის ჯგუფების ვალენტური რხევების შემცირების

ინტენსიობა არ დაიკვირვება. დროის მონაკვეთები – 36-84 სთ და 84-108 სთ შეესაბამებიან მიკროორგანიზმების დაჩქარებული ზრდის ფაზას, როდესაც უჯრედების დაყოფის სიჩქარე მაქსიმალურია, შესაბამისად, ასეთი აქტიური ეტაპი აისახება კარბონილისა და კარბოქსილის ჯგუფების კლებადობის ინტენსიობაზეც, რომელიც ასახულია მრუდ 2-ზე. თვალნათლივ ჩანს, ის მომენტიც, რომ თუ მრუდ 1-ზე მიკროორგანიზმების ბიომასა აღწევს მაქსიმუმს 36-60 სთ-ების დიაპაზონში, მრუდ 2-ზე ეს პროცესი აისახება ბიოდესტრუქციის მაღალი ინტენსიობით.

60 სთ-ის შემდეგ (მრუდი 1) ასახულია შემდეგი ფაზები: სტაციონალური ფაზა 60-108 სთ; კვდომის ფაზა კი 108-156 სთ; აღსანიშნავია, რომ ეს ფაზები დესტრუქციის პროცესის ინტენსიობის ეტაპობრივი შენელების გამომხატველია.

ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ როგორც, სოკოს ასევე ბაქტერიის შემთხვევაში, არსებობს მკვეთრად გამოხატული დამოკიდებულება ბიოდესტრუქტორ მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის ტენდენციასა და ფულგომჟავის დესტრუქციის პროცესის დინამიკას შორის, თუმცა აღინიშნება რამოდენიმე განსხვავება:

ა) პირველი განსხვავება მათი ონტოგენეზის დროშია. სოკოს შემთხვევაში იგი მოიცავს 10 დღეს, ბაქტერიის შემთხვევაში კი 2 დღეს, შესაბამისად სოკოს შემთხვევაში ბიოდესტრუქციის მაქსიმუმი 108 სთ-ში აღინიშნება, ხოლო ბაქტერიის შემთხვევაში 36სთ-ში.

ბ) ბაქტერიის შემთხვევაში მიმდინარე დესტრუქციის პროცესის დროს 36 საათის შემდეგ CH_3 -, $-\text{CH}_2$ - ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი პიკები ფაქტიურად არ აღინიშნება სპექტრის 2900-300 cm^{-1} უბანში, მაშინ როდესაც სოკოს შემთხვევაში მიმდინარე პროცესის დროს აღნიშნული პიკი არ აღიწერება 12 საათის შემდეგ.

გ) რაოდენობრივი ანალიზის მონაცემების შედარების გზით გამოვლინდა, რომ უმდაბლესი სოკოს საშუალებით მიმდინარე ბიოდესტრუქციის ხარისხი უფრო მაღალია (Lg Io/I- ზე 1,34-დან შემცირდა 1,11-მდე) ვიდრე ბაქტერიისა (Lg Io/I-ზე 1,34-დან შემცირდა 1,16-მდე).

შეგვიძლია აღვნიშნოთ, რომ ბიოდესტრუქცია საკმაოდ დინამიური პროცესია, მიმდინარეობს გარკვეულ ეტაპებად და კარბონილისა და კარბოქსილის ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი პიკების სპექტრის 1520-1720 სმ^{-1} უბანში შემცირების ფონზე ორივე შემთხვევაში ი.წ. შთანთქმის სპექტრების 1150-1100 სმ^{-1} უბანში მკვეთრად იზრდება ალიფატური მარტივი ეთერებისათვის (CH_2OCH_2) დამახასიათებელი პიკები, რაც სავარაუდოდ მიკროორგანიზმების ცხოველმობის შედეგია.

აღსანიშნავია სუფთა ფულვომჟავას საკონტროლო ნიმუშის ი.წ. სპექტრისგან განსხვავებით სისტემაში: ფულვომჟავა+მიკროორგანიზმის. ი.წ. სპექტრის 600-700 სმ^{-1} უბანში პოლისაქარიდებისათვის დამახასიათებელი პიკების გაჩენა და სპექტრის 1400 სმ^{-1} უბანში RCHO და $1/\text{ან } \text{C}_6 \text{H}_5 \text{CHO}$ ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი ვალენტური რხევების ინტენსიობა მნიშვნელოვნად მატულობს-პიკის სიმაღლე დაახლოებით ექვსჯერ იზრდება, ფულვომჟავას საკონტროლო ნიმუშის სპექტრში შესაბამისი პიკის სიმაღლესთან შედარებით.

სისტემებში ფულვომჟავას დამატებული ბაქტერია და ფულვომჟავას დამატებული სოკო განსხვავებულია მჟავასთვის დამახასიათებელ ფუნქციონალურ ჯგუფებთან ბაქტერიისა და სოკოს ურთიერთქმედების ხარისხი და შედეგები.

თაზო IV. დ ა ს კ ვ ე ბ ი

1. შავი ზღვის ცენტრალურ რეგიონში 2003-2004 წლებში ჩატარებული ჰიდროქიმიური კვლევის შედეგების მიხედვით პალიასტომის ტბაში ფულვომჟავების კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად აღემატება მდინარე რიონში ფულვომჟავების შემცველობას.
2. საკვლევ რეგიონში აღინიშნა ფულვომჟავების შემცველობისა და სეზონური ცვალებადობის დამოკიდებულება. რაც განპირობებულია მდინარე რიონისათვის დამახასიათებელი გაზაფხულ-ზაფხულის წყალმოვარდნებით.
3. რეგიონის მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგად გამოყოფილი და დათვლილი იქნა ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობა;
4. საქართველოს პირობებში პირველად იქნა გამოყოფილი ორგანოდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების ყველაზე აქტიური შტამები: ბაქტერია გვარი *Bacillus sp. Paliastomy* და უმდაბლესი სოკო გვარი *Phycomycetes sp. Paliastomy*.
5. ჩატარებული მიკრობიოლოგიური კვლევის შედეგების შეჯამებამ გვიჩვენა, რომ ჰეტეროტროფი მიკროორგანიზმების მაქსიმალური რაოდენობა დაფიქსირდა მდ. რიონის შესართავთან, ნავთობდესტრუქტორი მიკროორგანიზმების ქ. ფოთის ნავსადგურში, ხოლო ფულვოდესტრუქტორებისა კი პალიასტომის ტბაში. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ მიკროორგანიზმების რაოდენობის ცვლილება სეზონურ ხასიათს ატარებს, ზაფხულში იზრდება და ზამთარში იკლებს.
6. მოდელური ექსპერიმენტის შედეგად დადგინდა, რომ სისტემაში ფულვომჟავა+მიკროორგანიზმი ადგილი აქვს დესტრუქციის პროცესს, რაც დასტურდება ექსპერიმენტის ყველა ეტაპზე ჩაწერილი ინფრაწითელი სპექტრებით:
 - ა) სპექტრის 1520-1720 სმ⁻¹ უბანში კარბონილისა და კარბოქსილის ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი

ლი პიკების შემცირების ფონზე, მკვეთრად იზრდება ალიფატური მარტივი ეთერებისათვის (CH_2OCH_2) დამახასიათებელი პიკები სპექტრის 1150-1100 cm^{-1} უბანში, რაც სავარაუდოდ მიკროორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგია.

ბ) სპექტრის 1400 cm^{-1} უბანში RCHO და /ან $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$ ფუნქციონალური ჯგუფებისათვის დამახასიათებელი ვალენტური რხევების ინტენსიობა მნიშვნელოვნად მატულობს ფულვომუჟავას საკონტროლო ნიმუშის სპექტრში შესაბამისი პიკის სიმაღლესთან შედარებით.

7. ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად გამოიკვეთა გარკვეული კანონზომიერება მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის ტენდენციასა და ფულვომუჟავის დესტრუქციის პროცესის დინამიკას შორის კერძოდ:

ა) უმდაბლესი სოკო *Phycomycetes sp. Paliastomy* თანაობისას ფულვომუჟავის დესტრუქციის პროცესი იწყება მისი მიკროორგანიზმთან კონტაქტის პირველივე საათებში, პროცესის განვითარების აქტიური ფაზა 36-108 სთ ინტერვალში მდებარეობს.

დესტრუქციის პროცესი წონასწორობის ფაზაში შედის 132 საათიდან, შესაბამისად მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის მაქსიმუმი პიკს აღწევს 84-108 საათების დიაპაზონში, 108 საათის შემდეგ იწყებს შემცირებას და მინიმუმს აღწევს 204-228 სთ. დიაპაზონში.

ბ) ბაქტერიის, გვარი *Bacillus sp. Paliastom* თანაობისას მიმდინარე დესტრუქციის პროცესში მიკროორგანიზმების ბიომასის ზრდის მაქსიმუმი პიკს აღწევს 12-36 საათების განმავლობაში, 36-108 საათის დიაპაზონში იწყებს შემცირებას და მინიმუმს აღწევს 108-156 სთ. დიაპაზონში.

დესტრუქციის პროცესი აქტიურ ფაზაში მიმდინარეობს 12-36 სთ დიაპაზონში, პროცესი უმნიშვნელო ცვლილებებით მიმდინარეობს 36-156 სთ განმავლობაში.

8. ჩატარებული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ მიკროორგანიზმების თანაობისას დესტრუქციის პროცესი მიმდინარეობს რამოდენიმე ეტაპად. კერძოდ:

უმდაბლესი სოკო *Phycomycetes sp. Paliastomy* თანაობისას

დესტრუქციის პროცესი პიკს აღწევს 108 საათზე, ხოლო ბაქტერიის გვარი **Bacillus sp. Paliastom** შემთხვევაში 36 საათზე. დესტრუქციის პროცესის მიმდინარეობაში განსხვავება განპირობებულია უმდაბლესი სოკოსა და ბაქტერიის განსხვავებული ონტოგენეზის დროით.

მიკროორგანიზმების ექსპონენციალური ზრდის ფაზაში ბიომასის ზრდისა და დესტრუქციის ინტენსიობის მაქსიმუმი ერთმანეთს ემთხვევა, რაც უმდაბლესი სოკო **Phycomycetes sp. Paliastomy** შემთხვევაში 108სთ-ს შეესაბამება, ხოლო ბაქტერიის გვარი **Bacillus sp. Paliastom** შემთხვევაში 36 საათს.

ბამოყენებული ლიტერატურა

1. Черное море. Ленинград, Гидрометеиздат. 387 стр. 1980 г.
2. Скоринцев В.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Ленинград. Гидрометеиздат, 283 стр. 1985г.
3. Срадовский С. Г. Особенности аналитической химии морских вод. Труды ГОИН. М; Гидрометеиздат, 4-5стр. 1981г.
4. Данилченко П.Т. Черитин. Н.И. К вопросу о происхождении сероводорода в Черное море. Тр. Особ. Зоол. Севастополь, Биол. Ст.; 1926 2, №10.
5. Юдицкий Ф.Л. Защита окружающей среды эксплуатаций судов. Ленинград; Судостроение, 159 стр. 1978г.
6. Кутырин Т.М. Беличенко Ю.П. Охрана водных ресурсов – проблемы современности. Ленинград. Гидрометеиздат, 182стр. 1971г.
7. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Экология и проблемы комплексного глобального мониторинга Мирового океана. В кн.: Комплексный глобальный мониторинг Мирового океана. Труды первого международного симпозиума. Том. №1. Ленинград. Гидрометеиздат. 19-49стр. 1985г.
8. Georgia's Initial National Communication under the UN framework Convention on Climate Change, Tbilisi, Georgia, pp.92-98, 1999.
9. Метревели Г., Гаччиладзе Г., Буачидзе Н. Динамика моря в исключительной экономической зоне Грузии и проблемы ее загрязнения нефтепродуктами текущем климатическом цикле. Географическое общество Грузии. Кавказский географический журнал. Т.№1. 46-52стр. 2002г.
10. Рывик Б.М. Анализ нефти и нефтепродуктов. М. Гидрометеиздат 873стр. 1962г.
11. Позднишев Г.Н., Петров А.А. Макарева А.М. Экстракционное разделение нефти на смолы, масло и асфальтены. Химия и технология топлив и масел, Т.№1. 18-22, 1969г.
12. Мархасин И.Л., Гусманова Г.М. О природе поверхностной активности нефти и ее компонентов. В кн.: Труды Седьмого Международного Конгресса по Поверхностно Активным Веществам. Т.Э.М. 656- 665стр. 1978г.
13. Серченко С.Р., Таиманов Б.А., Таиманов Е.М. Высокомолекулярные соединения нефти. М.: Наука, 269стр. 1997г.
14. Шехтер Ю.Н., Креин С.Э., Тетерина Л.Н. Маслорастворимые поверхностно-активные вещества. Химия, 352стр. 1978г.

15. Петров Г.Н. Некоторые физиологические процессы самоочищения воды от нефти. Гидробиология, Жур. : 14, №4 52стр. 1988г.
16. Семенов А.Д., Стадомская А.Г., Паблинко Л.Ф. Современные методы анализа нефтепродуктов в водах и их унификация. В кн.: Методы анализа морских вод. Ленинград. Гидрометеиздат. 8-21стр.
17. Резиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Коллоидная химия. Москва, наука, 382стр. 1978г.
18. Романкевич Е.А., Немировская И.А. Липиды и взвеси донных осадков и их трансформация при седиментогенезе. Жур. Океанология. Т.25. №3, 441-448стр. 1985г.
19. Проблемы химического загрязнения океана. В кн.: Методы и средства борьбы с нефтяным загрязнением океана. Ленинград. Гидрометеиздат, Т.8, 208 стр. 1989г.
20. Флутгейт Дж. Д. Биологический распад углеводов в морской воде. В кн.: Микробиология загрязненных вод. Москва. «Медицина», 135-150 стр. 1976г.
21. Чекрыжев В.А. Экспериментальное исследование механизмов воздействия пленок нефти на газообмен между морем и атмосферой. В кн.: Проблемы фоновый мониторинга состояния природной среды. Ленинград. Гидрометеиздат. Вып.8 127-135стр. 1990г.
22. Иванов В.В., Коломеев М.П., Чекрыжов В.М. Лабораторные исследования влияния нефтяных загрязнений на испарение и кислородный обмен между атмосферой и водной поверхностью. В н.: Химия и биология морей. Москва, Гидрометеиздат 128-138стр.,1987г.
23. Трубников В.С., Кропоткин М.А. Влияние нефтяных загрязнений на испарение с водной поверхности. Жур.: Морской гидрофиз. №6, 40-45 стр. 1985г.
24. Изюрина А.И. Поведение нефти в водоеме. Жур.: Гигиена и санитария, № 6, №25 5-15 1985г.
25. Нестерева М.П., Мочалова О.С., Мамаев А.Б. Трансформация эмульсии (вода в нефти) и твердых смоляных комочков в море. Ж.: Океанология. Т23, вып. 2, 978-983стр. 1983г.
26. Красников Е.И., Ключникова Т.М. Микроорганизмы-деструкторы нефти в водных бассейнах. Киев, «Наука думка», 204стр. 1981г.

27. Андрушаитис Г., Платнирова В., Фильманович Р. Характеристика некоторых микробиальных процессов в Балтийском море. В кн.: Проблемы фоновго мониторинга состояния природной среды. Ленинград. Гидрометеиздат 154-166стр. 1990г.
28. Израель Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд. Москва. Гидрометеиздат 560стр. 1984г.
29. Лебедева М.Н., Маркианович Е.М. Бактериальное население Средиземного и Красного морей. Киев «Наука думка» 127стр. 1972г.
30. Ильинский В.В., Гусев М.В., Коронелли Т.В. Углеводородоокисляющая микрофлора незагрязненных вод. Ж. Микробиология. Т XLVIII. Выпуск 2, 346-349стр. 1979г.
31. Clark R.C., Blumer M. "Limnol, oceanog." 12-79p. 1967.
32. Гинзбург-Карагичева Т.Л. Микробиологические исследования серносоленных вод Апшерона. Азерб. Народное хоз-во. 6-7, 10-23 стр.1926г.
33. Zobell C.E., Anderson D.Q. Vertical distribution of bacteria in marine sediments. Bul. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 20, 258p. 1936.
34. Zobell G.E., Feltham C.B. The bacterial flora of marine mud flat as an ecological factor. Ecology, 23 69p. 1942.
35. Konovaltschikaff- Mazoyer M. Senez I.C. Degradation bacterienne des hidrokarbures parafiniques.I. Isolement et caracterisation de souches marines et terestresappartenant au genre Pseudomonas.- Extravt des annals de Instityt Paster, 91p, 1956.
36. Буткевич В.С. О бактериальном населении Каспийского и Азовского морей. Москва. Избранные труды Т. 35-66стр. 1958г.
37. Изюрова А.И. Скорость распада нефтепродуктов в воде и почве. Жур.:Гигиена и санитария №, 9-18стр. 1950г.
38. Ворошилова А.Д., Дианова Е.В. Окисляющие нефть бактерии-показатели интенсивности биологического окисления нефти в природных условиях. Жур.: Микробиология 20,4, 408стр.1952г.
39. Lonsane B.K., Singh H.D., Baruah J.N. Codifikation of petroleum hydrocarbon utilizing microorganisms. "J. Sci. and Ind-pes" ЗН 11, 614- 624p. 1975.
40. Миронов О.Г., КирюхинаЛ.Н., Кучеренко М.И., Тархова Э.П. Самоочищение в прибрежной акватории Черного моря. Киев. «Наука думка» 141стр. 1975г.
41. Rubinstein I., straus O., Spyecherele C., Crawford R. Wesllake P.

- The origin of the oil Sand bitumens stady:” *Geochim. Et cosmochim acta.*” 41, 9 1341- 1353p. 1977.
42. Свечина Н.К., Грежнева И.В., Свечина Р.М., Карпенко М.И. Микроорганизмы, окисляющие нефть. *Жур.: Микробиология* 45, №4, 724- 728стр. 1976г.
 43. King R., Mc. Kenrie P. Mikrobial degradation of marine lubricating oils. “*Ind. Lubric. And Tribol.*” 29, 1-2 4-25p 1977.
 44. Pierce G., Clesceril S. Association of fatly ocid production with the microbial degradation of a cutting oil concentrate. “*Abstrs. Annu. Meet. Amer. Soc. Mikrobiol. Atlantic city M.J.1976*” Washington. D.C. 195p. 1976.
 45. Atlas R. Stimulaed petroleum biodegradation.”*CRC Crit Revs Microbial*” 5, 4 371-386p. 1977.
 46. Westlake W., Jobson A. In situ degradation of oil in a soil of the boreal region of the Northwest Territories. “*Can. J. Mikrobial*” 24, 3. 254-260p. 1978.
 47. Fusy Pierre, Lapin Marie- France Oudot Jean. Recherches sur l’eliminetion des hydroooocarburess por voie biologique. “*Mater and Organism*” 10, 2. 109-147p. 1975.
 48. Groeneweyen D., Stolp H. Mikrobiellec Abbou wan polyzyklischen aromatischen Kohlen wassers toffen. “*Zbi. Bakteriol Parasitenk., Infektionshrankh. Und hyg*” Abt.1.Orig. B162 1-2, 225-232. 1976.
 49. Colwell R., Walker J. Ecological aspects of microbial degradation of petroleum in the marine enviroment “*CRC Crit. Revs Microbial.* 5, 4. 423-445p. 1977. “*Ocean Ind.*” Bacteria help clean up oil spill. 13, 4. 68p. 1978.
 50. Colwell R., Mills A. Microbial ecology studies of the Metula spill is the straits of Magellan. “*J. Fish. Res. Board Ea.*” 35, 5. 573-580p. 1978.
 51. Mills A., Colwell R. Enumeration of petroleum- degrading marina and estuarine microorganisms, by the most probable number method “*Can. J. Microbial*” 24, 5. 552-557p. 1978.
 52. Walker J., Colwell R. Biodegradation rates of components of petroleum. “*Can. J. Microbial*” 22, 8. 1209-1213p. 1976.
 53. Hoffmenn B., Rehm H. Degradation of long chain n-alkanes by Micorales. I. Development of mukorales on n-aikanes and on some possible oxidation products. “*Eur. J. ApplL. Microbial*” 3, 1. 19- 30p. 1976.

54. Коваль Э.З. , Буганко Ф. *Cladosporium resinac (lindau)* и вызываемая им деструкция бензина и других нефтепродуктов. Жур.:“Микология и фитопатология” 11, №3, 250-254стр. 1979г.
55. Dibble J., Bartha R. Effect of environmental parametrs on the biodegradation of oil study. “Appli. And Environ microbial” 37, 4. 729-739p. 1979.
56. Dibble J., Bartha R. Effect of iron on the biodegradation of petroleum in sea water. “Abstr. Annu. Wett. Anaer. Soc. Microbial” Atlantic City N.S. Washington D. C. 194p. 1976.
57. Миронов О. Г. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. Киев. «Наука думка» 233стр.1971г.
58. Хачидзе Ш. Г. Влияние промышленных сточных вод на санитарное состояние побережья Черного моря в районе г. Батуми и г. Сухуми. В кн.: Санитарная охрана прибрежной полосы моря. Киев. Госмедиздат. НССР. 145стр. 1959.
59. Хачидзе Ш. Г. Опыт санитарной охраны побережья Черного моря в акваториях г. Батуми и г. Сухуми. В кн.: Океанографические аспекты самоочищения моря от загрязнения. Киев. 120стр. «Наука думка». 120стр. 1970г.
60. Zobell C., Prokop J. “Z. Allgem. Microbiol” 6. 168p. 1966.
61. Rosenfeld W. “J. bact.” 54. 664p 1947.
62. Postgate J. “Ann. Rev. Microbiol” 13. 505p. 1959.
63. Gray I., Johnson R. “J. Exp. Mar. Biol.tcol.” 4, 119p. 1970.
64. Гусев М. Д., Когонелли Т.В. Нефтеокисляющая микрофлора арктических морей СССР. Жур.: Микробиология №4 ТХLVII 762-764стр. 1978г.
65. Миронов О.Г. О роли микроорганизмов, растущих на нефти, в самоочищении и индикации нефтяного загрязнения в море. Жур.: Микробиология. №5 820-827стр. 1970г.
66. Oliviri R., Vacchin P. Microbial degradation of oil spills enhanced by a slow-release fertilizer. “Appl and Environ. Microbial” 31, 5. 629-634p. 1976.
67. Le petit J., N’Gugen M. Besoins en phosphore des bavteries metobolisant as hydrocarbores an mer. Can. J. Microbial” 22,,9. 1364-1373p. 1976.
68. გაჩეჩილაძე გ., ბუაჩიძე ნ., ხატიაშვილი მ., ათანელიშვილი ლ. შავი ზღვის სანაპირო ზოლისა და დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეების დატუქციანების პროგნოზი, ანთროპოგენური ზემოქმედების პირობებში.

- ობიგისი 12გ. 1998წ.
69. Walker John D., Colwell Reta R. oil, mercury and bacterial interactions. "Environ. Sci. and Tecno." 10, 12. 1145-1147p. 1976.
 70. ა) ყოველწლიური მიმოხილვა "ზღვის წყლის ხარისხის ჰიდროქიმიური მახვენებლების მიხედვით 1991წ". ბათუმი 1992წ. ბ) ყოველწლიური მიმოხილვა "შავი ზღვის გატუტყობების ჰიდრობიოლოგიური მახვენებლები საქართველოს სანაპირო ზოლში, 1991წ". ბათუმი. 1992წ.
 71. Сенцова О.Ю. Угледородоокисляющие микроорганизмы в водах некоторых районов западной и центральной атлантики. Жур.: «Микробиология» Т.XLVIII. №6 1102-1107стр. 1978.
 72. Кузнецов С.И., Карзинкин Г.С. Метод каличественного учета бактерий в воде. Русск. Гидробиологический Жур.: Т. 9 №1-3. 85- 89стр. 1960г.
 73. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Под. ред. Цыбань А. В. Ленинград. Гидрометеиздат. 191стр. 1980г.75.
 74. Цыбань А. В Бактерионеистон и бактериопланктон шельфовойобласти Черного моря. Киев. «Наука думка» 272стр. 1970г.
 75. Цыбань А. В. Морской бактерионеистон. Автореферат. Москва. Изд. МГУ, 52стр. 1976г.
 76. Методические основы комплексного экологического мониторинга океана. Москва. Гидрометеиздат. 48-144стр. 1988г.
 77. Мюррей Р., Робиноу К. Методы общей бактериологии. Под ред. Герхарда. Москва. Изд. Мир. 16-44стр. 1983г.
 78. Асонов Н.Р. Практикум по микробиологии. Москва. Изд. Колос. 160стр. 1975г.
 79. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии. Под. Ред. Борисова Л.Б. Москва. Медицина 286стр. 1979 г.
 80. Шильникова В.К. Практикум по микробиологии. Москва. Изд. Колос. 216стр. 1979г.
 81. Красильников Н.А. Определитель бактерий и актиномицетов. Москва. 1949г.
 82. Краткий определитель бактерии Берги. Под. ред. Хоута Дж Москва. Изд. Мир 444стр. 1980г.
 83. Braude E. Ultraviolet absorbtion and structure of organic comfounds. Ann. Repts. Chem. Soc. 42, 105p. 1945.
 84. Braude E In determination of organic structures by physical methods New York. 131-193p. 1955.

85. Gillam A., Stern E. An introduction to electronic absorption spectroscopy in organic chemistry. London 200p. 1957.
86. West W. In physical methods organic chemistry, Weissberger, ed., Vol., I, part III 3rd ed. New York. 1799-1958p. 1962.
87. Bauman R. Absorption spectroscopy, New York 13-150p. 1962.
88. Каслер И. И.К.С. В химическом анализе. Москва. Изд. Мир 31- 64стр. 1 1964г.
89. Вода питьевая. Методы анализа. Москва. Гидрометеоздат. 104стр. 1976г.
90. Джаошвили Ш. Речной сток наносов в Черное море. Жур. Водные ресурсы. Т. 26, №3 1999г.
91. Гигинеишвили Г., Метревели Г. Влияние потепления климата на прибрежную зону Грузии. Тбилиси. Национальный центр по исследованию климата. 1999г.
92. Махарадзе Г.А., Супаташвили Г.Д., Варшал Г.М. Гумусовые кислоты в поверхностных водах Грузии. Гидрохимические материалы, 1989, 106, с. 20-30.
93. გოლიაძე ვ. საქართველოს მდინარეების მყარი ფაზის ქიმიური ბუნება და ელემენტების ფაზათა შორის განაწილების კანონზომიერებანი. ავტორეფერატი, თბ., 1997, 24 გვ.
94. Malcolm R.L., Aiken G.R., Bowles E.C., Malcolm J.D. Isolation of Suwanee river fulvic and humic acids. in: Humic substances in the Suwanee river, Georgia U.S. Geological survey; Denver, Co, 1989, p. 27-36
95. Taylor H.E., Garbarino J.R. Occurrence and distribution of selected trace metal in the international Humic substances Society's standard and reference fulvic and humic acids isolated from the Suwanee River. in: Humic substances in the Suwanee river, Georgia U.S. Geological survey; Denver, Co, 1989, p. 85-98.
96. O'loughlin E. Chin Y.-P. Effect of detector wavelength on the determination of the molecular weight of humic substances by high-pressure size exclusion chromatography. – Water Research, 2000, 35, N1, p. 333-338.
97. Линник П.Н., Васильчук Т.А., Болелая Н.В. Гумусовые вещества в воде днепровских водохранилищ. – Гидрохимия, 1995, 31, №7, с. 74-81.
98. Варшал Г.М., Кошечева И.Я., Хишвахтова С.Д. и др. Комплексообразование ртути с гумусовыми кислотами как важнейший этап цикла ртути в биосфере – Геохимия. 1999, №3, с.

269-275.

99. McCarthy J.F., Czerwinski K.R., Sanford W.E. Mobilization of natural transuranic radionuclides from disposal trenches by natural organic matter. – *J. Contam. Hydrol.* 1998, 30, p. 49-77.
100. Moulin V.M., Moulin C.M. and Dran J.C. Role of humic substances and colloids in the behavior of radiotoxic elements in relation to nuclear waste disposal. – *ACS SYM SER.* 1996, 651, p. 259-271.
101. Livens F.R. Chemical reaction of metals with humic material. – *Environ. Poll.* 1991, 70, p. 183-208.
102. Wilson D.E. An equilibrium model describing the influence of humic materials on the speciation of Cu^{2+} , Zn^{2+} and Mn^{2+} in freshwaters. – *Limnol and Oceanogr.*, 1978, 23, N3, p. 499-507.
103. Buffle J. Natural organic matter and metal-organic reactions in aquatic system. – *Metal ions in Biological systems*, 1984, 18, p. 165-221.
104. Buffle J., Deladoey P., Greter F.L., haerdi W. Study of the complex formation of cooper (II) by humic and fulvic substances. – *Analitica Chimica Acta*, 1980, 116, p. 255-274.
105. Gabaniss S.E., Shuman M.S., Cooper binding by dissolved organic matter – *Geochim. and Cosmochim. Acta*, 1988, 52 p. 185-193.
106. Аникиев В.В., Горячев Н.А., Лапин И.А. и др. Поведение тяжелых металлов при смешении речных и морских вод. Влияние гуминовых и фульвовых кислот на миграцию Fe, Mn, Zn, Cu, Cd и Pb в эстуарии р. Раздольная – Амурский залив. – *Геохимия*. 1991, №11, с. 1642-1652.
107. Pitrowicz S.R., Harvey G.R., Boran D.A., Weisel C.P., Springer-young M. Cadmium, cooper and zinc interactions with marine humus as a function on ligand structure. – *Mar. Chem.* 1984, 14, N4, 333-346.
108. Mantoura R.F.C., Dixon A., Rilly J.P. The speciation of trace metals with humic compounds in natural waters. – *Thalassia Jugoslavica*, 1978, 14, N1-2, p. 127-145.
109. Guichun Zhang, Zhansheng Wang. Mechanism study of the coagulant impact on mutagenic activity in water Res. 2000, 34, N6, p. 1781-1790.
110. Xiaogiao Lu, Zuliang. Chen and Xinhao Yang. Spectroscopic study of aluminium speciation in removing humic substances by AL coagulation. – *Water Res.* 1999, 33, N15, p. 3271-3280.
111. Howe F.R. Lu X.Q., Hook J., Johnson W.D. Reaction of aquatic humic substances with aluminium. – *Mar. Freshwater Res.* 1997, 48, p. 377-383.
112. Amano H., Matsunaga T., Nagao S. The transfer capability o long –

- lived Chernobyl radionuclides from surface soil to river water in dissolved forms. *Organic Geochemistry*. 1999, 30 N6, p. 437-442.
113. Lu X.Q., Johnson W.D. Hook J. Reaction of vanadate by aquatic humic substances. – *Environ Sci. Technol.* 1998, 32, p. 2257-2263.
114. Lu X.Q., Vassallo A.M., Johnson W.D. Thermal stability of humic substances and their metal form. – *J. Anal. Appl. Pyr.* 1997, 43, p. 103-113.
115. Glaus M.A., Hummel W., Van Loon L.R. Trace metal-humate interactions I. Experimental determination of conditional stability constants. – *Applied Geochemistry*, 2000, 15, p. 975-1001.
116. Hummel W., Glaus M.A., Van Loon L.R. The “conservative roof” model and its application. – *Applied Geochemistry*, 2000, 15, p. 953-973.
117. Варшал Г.М., Кошеева И.Я., Сироткина И.С., Велюханова Т.К., Инцкирвели Л.Н., Замокина Н.С., Изучение органических веществ поверхностных вод и их взаимодействие с ионами металлов. – *Геохимия*, 1979, №4, с. 598-607.
118. Клавиныш М.К. Гумусовые вещества поверхностных вод Латвии. – *Латв. хим. ж.*, 1991, №4, с. 477-483.
119. Chiou C.T., Kile D.E., Brinton T.I., Malcolm R.L., Leener J.A., MacCarty P.A. Comparison of water solubility enhancements of organic solutes by aquatic humic materials and commercial humic acids. – *Environ. Sci. Technol.*, 1987, 21, p. 1231-1237.
120. Shimizu Y., Sogabe H., Terashima Y. The effects of colloidal humic substances on the movement of non-ionic hydrophobic organic contaminant in groundwater. – *Wat. Sci. Technol.*, 1998, 38, p. 159-167.
121. Lee C.L. Kuo L.J. Quantification of the dissolved organic matter effect on the sorption of hydrophobic organic pollutant: application of an overall mechanistic sorption model-*Chemosphere*, 1999, 38, p. 807-821.
122. Василевская Н.А., Голяшин В.Н., Демисенко Н.М., Максимов О.Б. Химическое исследование гуминовых кислот донных осадков западных районов тихого океана. *Океанология*, 1977, 17, №3, с. 459-469.
123. Santschi P.H., Lenhart J.J. Honeyman B.D. Heterogeneous processes affecting trace contaminant distribution in estuaries. The role of natural organic matter. – *Mar. Chem.* 1997, 58, p. 99-125.
124. Moulin V., Ouzounian G. Role of colloids and humic substances in the transport of radio-elements through the geosphere. – *Appl. Geochem.* 1992, 1, p. 179-186.
125. Kile D.E., Chiou C.T., Brinton T.I. Interaction of organic contaminants with fulvic and humic acids from Suwannee River and other humic sub-

stances in aqueous systems, with inferences to the structures of humic molecules. – in *Humic substances in the Suwannee river, Georgia U.S. Geological Survey*; Denver, Co, 1989, p. 41-57.

126. Стивенсон Ф.Дж., Батлер Дж.Х.А. Химия гуминовых кислот и родственных пигментов. – В кн.: *Органическая геохимия* – Ленинград: Недра, 1974. с. 389-412.

127. Ладонин Д.В., Марголия С.Е. Взаимодействие гуминовых кислот с тяжелыми металлами. – *Почвоведение*, 1997, №7, с. 806-811.

128. Senesi M., Miano T.M., Provenzano M.R., Brunetti G. Spectroscopic and compositional comparative characterization of I.H.S.S. reference and standard fulvic and humic acids of various origin, - *The science of the total Environment*, 1989, v. 81/82, p. 143-156.

129. Leenheer J.A., Wilson M.A., Malcolm R.J. Presence and potential significance of aromatic-ketone groups in aquatic humic substances. – *Org. Geochem*, 1987, 11. N4, p. 273-280.

130. Гончарова Т.О., Криулькова В.А., Панюткин В.Т., Каллин В.Т. О природе гуминовых кислот, фульвокислот и лигнина. *Гидрохимические материалы*, 1968, 48, с. 112-116.

131. Tan K.H., Giddens J.E. Molecular weights and spectral characteristics of humic and fulvic acids. – *Geoderma*, 1972, 8, p. 221-229.

132. Alard B., Boren H., Grimvall A. Humic Substances in the aquatic and terrestrial environment. In: *Lecture notes in earth sciences*, 1991, p. 51-64.

133. Schlautman M.A., Morgan J.J. Binding of a fluorescent hydrophobic organic probe by dissolved humic substances and organically-coated aluminium oxide surfaces. – *Environ. Sci. technol.*, 1993, 27, N5, p. 961-969.