



ფიზიკა-მათემატიკურ და კომპიუტერულ მეცნიერებათა სკოლა
(ფაკულტეტი)

მიმართულებათშორისი დარგები – 1102

ეკოლოგია და გარემოს დაცვა

ნინო ბენაშვილი

ეკოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი

შავი ზღვის საქართველოს სექტორის ეკოგეოქიმიის
საკითხები

დოქტორანტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი

ვახტანგ გვახარია,

ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

თანახელმძღვანელი: ნინო მაჩიტაძე,

ქიმიის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი,

ასოცირებული პროფესორი

თბილისი

2012

სარჩევი

შესავალი.....	8
1. ლიტერატურის მიმოხილვა	11
1.1. შავი ზღვის ქვაბულის მორფოლოგია	11
1.2. შავი ზღვის წყლის ქიმიური შედგენილობა.....	12
1.3. შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზონა.....	15
1.4. შავი ზღვის საქართველოს სექტორის წყალქვეშა ფერდის მორფოლოგია და დინამიკა.....	17
1.5. საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეები.....	19
1.6. მიკროელემენტები შავი ზღვის ფსკერულ ნალექებში.....	21
1.7. რეგიონში ეკოლოგიური რისკის შემცველი ფაქტორები და „ცხელი“ წერტილები	24
2. ექსპერიმენტული ნაწილი.....	28
კვლევის მეთოდოლოგია	28
2.1. საველე კვლევები.....	28
2.1.1. საკვლევი ნიმუშების აღება მდინარეებზე	29
2.1.2. საკვლევი ნიმუშების აღება ზღვაზე.....	30
2.1.3. საველე განსაზღვრები.....	31
2.2. ლაბორატორიული კვლევები	32
2.2.1. ქიმიური ანალიზისათვის სინჯების მომზადების მეთოდები	32
2.2.2. წყლის ანალიზის მეთოდები	33
2.2.3. ფსკერული ნალექების ანალიზის მეთოდები	34
2.2.4. ანალიზური მასალის სტატისტიკური დამუშავება და ვიზუალიზაცია	36
2.2.5. ლითონთა ფორმების განსაზღვრა მდინარეების ფსკერულ ნალექებში	37
3. კვლევის შედეგები	40
3.1. მდინარეების ჰიდროქიმიური, გეოქიმიური და ეკოლოგიური კვლევის შედეგები. 40	
3.1.1. მდ. ხობი.....	40
3.1.2. მდ. რიონი.....	46
3.1.3. პალიასტომის ტბა	50
3.1.4. მდ. მალთაყვა.....	53
3.1.5. მდ. სუფსა	56
3.1.6. მდ. ნატანები	59
3.1.7. მდ. ჩოლოქი	62
3.1.8. მდ. კინტრიში	64
3.1.9. მდ. ჩაქვისწყალი.....	66
3.1.10. მდ. ყოროლისწყალი.....	67
3.1.11. მდ. ბარცხანა	69
3.1.12. მდ. ჭოროხი.....	72
3.1.13. მდ. აჭარისწყალი.....	75
3.2. საზღვაო აკვატორიის ჰიდროქიმიური, გეოქიმიური და ეკოლოგიური კვლევის შედეგები	78
3.2.1. ზღვის წყლის ჰიდროქიმიური პარამეტრები	78

3.2.1.1. ზღვის წყლის ტემპერატურა.....	78
3.2.1.2. ზღვის წყლის მარილიანობა	81
3.2.1.3. ზღვის წყლის სიმღვრივე.....	82
3.2.1.4. ზღვის წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა	83
3.2.1.5. ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა ზღვის წყალში	83
3.2.2. ზღვის ფსკერული ნალექების გამოკვლევა.....	84
3.2.2.1. ლითონების შემცველობა წყალქვეშა ფერდის ფსკერულ ნალექებში	84
3.2.2.2. ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში.....	90
3.3. ლითონთა ფორმები მდინარეების ფსკერულ ნალექებში.....	91
3.4. მდინარეების ფსკერულ ნალექებზე ლითონების სორბციული დინამიკის შესწავლა	95
დასკვნები.....	101
გამოყენებული ლიტერატურა	106
დანართები	120

ანოტაცია

შავი ზღვა ერთ-ერთი უდიდესი შიდაკონტინენტური ზღვაა. შავი ზღვის აუზის ქვეყნების ეკონომიკის, სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ზრდასთან ერთად მატულობს გარემოს დაბინძურების რისკი. ყველაზე მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ ზღვაში შემავალ მდინარეებს თან მოაქვთ დიდი რაოდენობით ბიოგენური ნივთიერებები, სხვადასხვა სახეობის ორგანული დამაბინძურებლები (ნავთობი და მისი პროდუქტები, პესტიციდები, ფენოლები, ფისები და ა.შ.). საზღვაო-სატრანსპორტო მიმოსვლის ზრდა ზღვის გარემოს დაბინძურების კიდევ ერთი ფაქტორია. ოკეანესთან შავი ზღვის წყლის შეზღუდული მიმოცვლა ხელს უშლის ზღვის გარემოში მოხვედრილი დამაბინძურებლების გატანას, რის შედეგადაც ძლიერდება აკუმულაციური პროცესები. აქედან გამომდინარე, შავი ზღვა ძლიერი ანთროპოგენული დატვირთვის ქვეშ იმყოფება. რეგიონის ქვეყნებისათვის გარემოსდაცვით საკითხებს შორის ზღვის ეკოლოგიური პრობლემების კვლევა ერთ-ერთ პრიორიტეტად არის მიჩნეული, რასაც მოწმობს შავი ზღვის დაცვასთან დაკავშირებული საერთაშორისო კონვენციები და შეთანხმებები, რომელთა წევრი საქართველოც არის.

ზღვის დაბინძურების წყაროების კვლევის დროს უმნიშვნელოვანესი ადგილი უჭირავს ზღვაში ჩამდინარე მდინარეების ეკოლოგიური მდგომარეობის შესწავლას. მოცემული სამუშაოს მიზანი იყო საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეების ქვემო დინებების და საზღვაო აკვატორიის ჰიდროქიმიური, გეოქიმიური და ეკოლოგიური გამოკვლევა, საქართველოს შავი ზღვის მდინარეთა აუზებში არსებული ეკოლოგიური სიტუაციისა და ზღვის გარემოს მდგომარეობის მიზეზ-შედეგობრივი ურთიერთკავშირის გამოვლენა და ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების იდენტიფიცირება.

სადისერტაციო ნაშრომში დასაბუთებულია პრობლემის აქტუალობა, დეტალურად განხილულია კვლევის მიზნები და ამოცანები. აღსანიშნავია კვლევების კომპლექსური ხასიათი. ნაშრომში განხილულია შემდეგი საკითხები: ზღვაში შემავალი მდინარეების გეოქიმიის, ჰიდროქიმიისა და ეკოლოგიის, აგრეთვე საზღვაო აკვატორიის წყლისა და ფსკერული ნალექების მძიმე ლითონებითა და ნავთობის

ნახშირწყალბადებით დაბინძურების საკითხები, ნაშრომში განხილულია ლითონების არსებობის ფორმებისა და სორბციული პროცესების კვლევის შედეგები.

მდინარისა და ზღვის წყლის ჰიდროქიმიური კვლევები ეყრდნობა მდინარეებისა და ზღვის წყლის 3 წლის განმავლობაში ჩატარებულ საველე და ლაბორატორიულ გაზომვებს: შესწავლილია წყლის მარილიანობა, ტემპერატურა, pH, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა და სიმღვრივე. ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინა ევტროფიკაციის ნიშნები აუზის ზოგიერთი მდინარის ქვემო დინებებში. ვიზუალური დაკვირვებების საფუძველზე გამოვლენილია მყარი ნარჩენებით მდინარეებისა და ზღვის ნაპირების დაბინძურების შემთხვევები, ასევე დაფიქსირებულია ნაპირების განვითარების დინამიური პროცესები.

ზღვის გარემოს კვლევის შედეგები წარმოდგენილია შესწავლილი კომპონენტების სივრცული განაწილების რუკების სახით, რომლებიც აგებულია გის-პროგრამების გამოყენებით.

განხორციელებული ეკოლოგიური კვლევების შედეგებს მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ღირებულება გააჩნია: მათი გამოყენება შესაძლებელია გარემოს ფონური ეკოლოგიური სიტუაციის დახასიათებისათვის და გასულ წლებში მიღებულ მონაცემებთან მათი შედარებით შესაძლებელია გარემოში მიმდინარე პროცესების ტენდენციების გამოვლენა. კვლევების შედეგად მიღებული მასალა მეტა-მონაცემების სახით განთავსებულია პანევროპულ ოკეანოგრაფიულ მეტა-მონაცემთა ბაზებში www.seadatanet.org და www.blakseascene.net. მეტა-ფაილების ნახვა ასევე შესაძლებელია ვებ-გვერდზე www.oceandna.ge. სპეციალური კომპიუტერული პროგრამების საშუალებით დამუშავებული მონაცემები განთავსებულია სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა „გამა“-ს საკუთარ სერვერზე.

საბოლოო ჯამში უნდა აღინიშნოს, რომ შესრულებული სამუშაო თემატიკის აქტუალობით, მეცნიერული სიახლით, ექსპერიმენტის მოცულობისა და დასკვნების დონის მიხედვით გარკვეულ თეორიულ და დიდ პრაქტიკულ ინტერესს იწვევს.

Annotation

The Black Sea is one of the biggest inland seas. The growth of economy and development of transport infrastructure of the countries of Black Sea basin increases the risk of environment pollution. The most important environmental problems are big quantities of biogenic substances and various kinds of organic pollutants (oil and oil products, pesticides, phenols, resins etc.) that bring the rivers, falling into the sea. Increasing of marine transport traffic is one more factor of pollution of the marine environment. Limited water exchange of Black Sea with ocean hinders evacuation of pollutants, got in marine environment; as a result the accumulation processes are more intensive. Therefore, Black Sea is under heavy anthropogenic load. For the countries of the region the environmental problems of the sea are of higher-priority among the ecological issues; this is confirmed by the international conventions and agreements related to protection of Black sea; Georgia is participant of them.

During study of sources of pollution of the sea the most important is the study of environmental condition of rivers that fall into the sea. The goal of the present work was hydrochemical, geochemical and ecological study of down streams of the rivers of the Georgian sector of Black Sea basin and of the sea water areas; detecting of environmental situation existing in the rivers of Black sea basin of Georgia, cause-and-effect relationship of the condition of the marine environment and identification of natural and anthropogenic factors.

The thesis substantiates the urgency of the theme; the goals and objectives of the research are considered in detail. The complex nature of the researches should be mentioned. The thesis considers the following issues: hydrochemistry, geochemistry and ecology of the rivers, which fall into the sea, issues of pollution of water and bottom sediments of the marine water area with heavy metals and oil hydrocarbons; the results of research of forms of existence of metals and sorption processes are considered.

The hydrochemical researches of river and sea water are based on field and laboratory measurements of river and sea water, carried out during 3 years: salinity, temperature, pH, turbidity of water and content of dissolved oxygen have been studied. The researches have detected signs of eutrophication in down streams of some rivers of the basin. Based on visual observations, the cases of pollution of banks of rivers and sea shore with solid wastes have been detected, as well as dynamic processes of development of the banks and the shore are registered.

The results of study of the marine environment are presented in a form of maps of spatial distribution of the studied components that are built with use of GIS programs.

The results of fulfilled ecological researches are of important practical value: they may be used for characterization of the baseline environmental situation; their comparison with the data

obtained in the previous years may reveal the trends of processes in the environment. The material obtained as a result of researches in a form of metadata is uploaded to the Pan-European oceanographic metadata bases www.seadatanet.org and www.blackseascene.net. The meta-files may be seen also on the web-page www.oceandna.ge. The data processed by means of special software, are uploaded to the own server of the scientific-research firm “Gamma”.

Finally, it should be noted, that the fulfilled work by urgency of the theme, scientific novelty, volume of experiments and level of conclusions arouses certain theoretical and big practical interest.

შესავალი

თემის აქტუალობა. შავი ზღვის რეგიონში სამრეწველო პოტენციალის სწრაფმა ზრდამ ეკოქიმიური რისკის ქვეშ დააყენა ზღვის ეკოსისტემები შავი ზღვის აუზის მრავალ ქვეყანაში, მათ შორის საქართველოშიც. ზღვისპირა რეგიონში მოსალოდნელია ეკოლოგიური სიტუაციის გართულება იმ გარემოებიდან გამომდინარე, რომ საქართველოს ენიჭება განსაკუთრებული სატრანსპორტო-ეკონომიკური მნიშვნელობა, კერძოდ ევროპისა და აზიის ქვეყნებს შორის სატრანზიტო ფუნქცია. კასპიისა და ცენტრალური აზიის ტვირთების ევროპის ქვეყნებში ტრანსპორტირების პრობლემის აქტუალობამ დღის წესრიგში დააყენა საქართველოში საზღვაო-სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის განვითარება. მიმდინარეობს არსებული ნავსადგურების რეკონსტრუქცია მათი წარმადობის გაზრდის მიზნით, ფუნქციონირებს რამოდენიმე ნავთობსადენი და ტერმინალი, ასევე იგეგმება ახალი ნავსადგურების მშენებლობა. საზღვაო-სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის ასეთი მიმართულებით განვითარება კიდევ უფრო გაამწვავებს შავი ზღვის უკვე არსებულ ეკოლოგიურ პრობლემებს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გასატარებელია მეცნიერულ საფუძველზე დამყარებული სწორი გარემოსდაცვითი ღონისძიებები. ეკოლოგიური სიტუაციის შეფასების მიზნით აუცილებელია ზღვის გარემოს ქიმიური, ბიოლოგიური, გეოქიმიური მიმართულებით კვლევების ჩატარება. ამასთანავე, უკვე არსებული ინფორმაციის გაანალიზების საფუძველზე ეკოსისტემაში მიმდინარე პროცესების ტენდენციების გამოვლენა.

კვლევის ძირითადი მიზანი და ამოცანები. სამუშაო მიზნად ისახავდა საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეების ქვემო დინებების და საზღვაო აკვატორიის ჰიდროქიმიური, გეოქიმიური და ეკოქიმიური კვლევების განხორციელებას; მდინარეთა და ზღვის აკვატორიის ნალექების ბუნების დადგენას, სანაპირო ზონის წყალქვეშა ფერდზე ლითონთა და ნავთობის ნახშირწყალბადების აკუმულაციისა და გავრცელების რუკების შექმნას.

კვლევის მიზანია საქართველოს შავი ზღვის მდინარეთა აუზებში არსებული ეკოლოგიური სიტუაციისა და ზღვის გარემოს მდგომარეობის მიზეზ-შედეგობრივი ურთიერთკავშირის გამოვლენა და ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების იდენტიფიცირება.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე და ძირითადი შედეგები. სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილია შავი ზღვის საქართველოს აკვატორიის და

მასში შემავალი მდინარეების გეოქიმიური, ჰიდროქიმიური და გარემოსდაცვითი ბოლო ათწლეულის კვლევების შედეგების მნიშვნელოვანი ნაწილი. შესწავლილია ზღვაში ჩამდინარე პრაქტიკულად ყველა მდინარე ხობისწყლიდან-ჭოროხამდე, პალიასტომის ტბა და შავი ზღვის სანაპიროს აკვატორია, ხობისწყლის შესართავიდან გონიოს კონცხამდე. მრავალჯერადი დაკვირვების და გაზომვების შედეგად შეფასებულია მდინარეების და ზღვის წყლების ხარისხი, დაზუსტებულია ძირითადი იონების და ჰიდროქიმიური პარამეტრების მაჩვენებლები. გარემოსდაცვის თვალსაზრისით აღწერილია ნავთობის ნახშირწყალბადების გავრცელების ხასიათი წყლებსა და ფსკერულ ნალექებში.

მდინარეთა და ზღვის აკვატორიის ფსკერულ ნალექებში შესწავლილია ლითონების შემცველობა, აღწერილია მათი გენეზისის ხასიათი. მოპოვებული ფაქტობრივი მასალით დადასტურდა, რომ ლითონების არსებობა ფსკერულ ნალექებში ძირითადად განპირობებულია მდინარეთა ალუვიონის მკვებავი პროვინციების ქანების დენუდაციის და საბადოთა გამოფიტვის პროდუქტებით. შესწავლილია მდინარეთა ფსკერული ნალექების გრანულომეტრია, განსხვავებული ზომის და ხვედრითი წონის ფრაქციების კოაგულაციის, სედიმენტაციის პროცესები, მათზე ლითონების სორბცია-დესორბციის დინამიკის თავისებურებები. მდინარეთა ფსკერულ ნალექებში იდენტიფიცირებულია ლითონთა არსებობის ფორმები. შესწავლილია მდინარეების და ზღვის წყლების შერევის ზონაში სედიმენტების მობილიზაციის, მიგრაციის და აკუმულაციის პროცესები და ამ გზით წყალქვეშა ფერდზე ლითონთა გავრცელების და განაწილების კანონზომიერებები. მიღებული ექსპერიმენტული მასალის საფუძველზე გის-ის ტექნოლოგიებით შექმნილია საქართველოს სანაპირო ზონის წყალქვეშა ფერდზე ლითონებისა და ნავთობის ნახშირწყალბადების გავრცელების რუკები.

განხორციელებული კვლევის სიახლე და მეცნიერული ღირებულება შეფასებულია ევროკავშირის ეკოლოგიური მიმართულების FP-7 პროგრამის სამუშაო სემინარებზე, რაც გამოიხატა შედეგების პანევროპულ მონაცემთა ბანკში განთავსების გრძელვადიანი უფლებით.

კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური საფუძვლები. გარემოს კვლევისას მნიშვნელოვანია სწორად დაგეგმილი საველე და კორექტულად წარმართული ლაბორატორიული სამუშაოები. კვლევა მიმდინარეობდა სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა „გამა“-ს ლაბორატორიაში. ლაბორატორია აღჭურვილია თანამედროვე აპარატურით, მათ შორის PERKIN-ELMER-ის ფირმის აირ-თხევადი ქრომატოგრაფით Clarus 500, ამავე ფირმის ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრით AAAnalyst 200, რაც საშუალებას იძლევა

მაღალ დონეზე, დიდი სიზუსტით განხორციელდეს ორგანული და არაორგანული დამაბინძურებლების განსაზღვრა. ფირმა „გამა“-ს ლაბორატორია აკრედიტებულია საქართველოს აკრედიტაციის ერთიანი ეროვნული ორგანოს მიერ სსტ ისო/იეკ 17025-ის შესაბამისად. შედეგების სანდოობა შემოწმებულია საერთაშორისო ორგანიზაციებთან: მონაკოს ზღვის კვლევების ლაბორატორია (Marine Environmental Laboratory, Monaco), ANSI (American National Standards Institute) და QUASIMEME (Quality Assurance of Information for Marine Environmental Monitoring)-თან თანამშრომლობით, ლაბორატორიათაშორისი კონტროლის საფუძველზე.

ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები (pH, ტემპერატურა, ელექტროგამტარობა, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა) განსაზღვრულია HACH SensION 156-ის და Elmetron CX-401-ის ფირმის პორტატული საველე აპარატურით; ძირითადი იონების, ლითონების (Ni, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Mn, Al), ნავთობის ნახშირწყალბადების ანალიზისათვის გამოყენებულია საერთაშორისო სტანდარტული მეთოდები (ISO, US EPA, მონაკოს ზღვის კვლევების ლაბორატორიის სტანდარტული მეთოდური სახელმძღვანელო). ლითონთა ფორმების ფრაქციული გამოწვლილვა და ლითონების სორბციული მახასიათებლების კვლევა ჩატარებულია ჩვენს მიერ აპრობირებული სქემით.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა. განხორციელებული ეკოლოგიური კვლევების შედეგებს მნიშვნელოვანი პრაქტიკული ღირებულება გააჩნია: მათი გამოყენება შესაძლებელია გარემოს ფონური ეკოლოგიური სიტუაციის დახასიათებისათვის და გასულ წლებში მიღებულ მონაცემებთან მათი შედარებით შესაძლებელია გარემოში მიმდინარე პროცესების ტენდენციების გამოვლენა. კვლევების შედეგად მიღებული მასალა მეტა-მონაცემების სახით განთავსებულია პანევროპულ ოკეანოგრაფიულ მეტა-მონაცემთა ბაზებში www.seadatanet.org და www.blakseascene.net. მეტა-ფაილების ნახვა ასევე შესაძლებელია ვებ-გვერდზე www.oceandna.ge. სპეციალური კომპიუტერული პროგრამების საშუალებით დამუშავებული მონაცემები განთავსებულია სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა „გამა“-ს საკუთარ სერვერზე.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. ნაშრომი შედგება შესავლისა და 3 თავისაგან (85 ცხრილი, 39 სურათი, 10 ნახაზი, 32 განაწილების რუკა, 166 ბიბლიოგრაფია). ნაშრომის მოცულობა ბიბლიოგრაფიის გარეშე შეადგენს 105 გვერდს. ბიბლიოგრაფიისა და დანართის ჩათვლით 164 გვერდია.

1. ლიტერატურის მიმოხილვა

1.1. შავი ზღვის ქვაბულის მორფოლოგია

შავი ზღვა ატლანტის ოკეანის აუზის უკიდურესი აღმოსავლეთ პერიფერიის მსოფლიოში ერთ-ერთი უდიდესი შიდაკონტინენტური ზღვაა. მისი ზედაპირის ფართობი 420 325 კმ²-ს შეადგენს, მაქსიმალური სიღრმე – 2245 მ, ხოლო საშუალო სიღრმე, სხვადასხვა ავტორების მონაცემებით, 1271 მ–დან 1301 მ–მდეა [81, 152]. შავი ზღვის პერიმეტრზე ნაპირის საერთო სიგრძე 4340 კმ-ია.

შავი ზღვის დებრესიის რელიეფი ძირითადად ოკეანური აუზების ფსკერის რელიეფის მსგავსია. აქ, ისევე, როგორც ოკეანის ფსკერის რელიეფზე, მკაფიოდაა გამოხატული სამი საკმაოდ არათანაბრად განვითარებული ელემენტი: შელფი, კონტინენტური ფერდი და სიღრმული ქვაბული (აბისალური ვაკე).

შელფი იწყება თანამედროვე სანაპირო ხაზიდან და მთავრდება საშუალოდ 90–120 მ სიღრმეზე, სადაც წყალქვეშა ფერდის დახრის კუთხე მკვეთრად მცირდება. შავი ზღვის ფართობის 24% შელფს უკავია. შელფის მაქსიმალური სიგანე (200 კმ–მდე) აღინიშნება ზღვის ჩრდილოეთ ნაწილში მინიმალური სიგანე, ე.ი. ყველაზე ციცაბო შელფი აღინიშნება კავკასიისა და ჩრდილოეთ თურქეთის სანაპიროებთან [76].

კონტინენტური ფერდი მოქცეულია 100–დან 2000 მ იზობათებს შორის და შეადგენს ქვაბულის საერთო ფართობის 40%-ს. შელფისა და კონტინენტური ფერდისათვის დამახასიათებელია ძლიერი დანაწევრება: წყალქვეშა ფერდზე წარმოდგენილია კანიონთა სისტემა, რომლებიც მდინარეთა პალეოხეობებს, ანუ თანამედროვე მდინარეების გაგრძელებებს წარმოადგენენ. ყველაზე მეტად მათი არსებობა აღნიშნულია თურქეთისა და საქართველოს სექტორებში.

აუზის ფსკერი – აბისალური ვაკე – თითქმის ბრტყელია, მნიშვნელოვანი რელიეფური წარმონაქმნების გარეშე. იგი მოიცავს ზღვის აკვატორიის 36% და შემოსაზღვრულია 2000 მ იზობათით. იგი შედგება მძლავრი დანალექი ფენებისაგან, რომელთა სიმძლავრე 14 კმ–ს უდრის [76, 102, 152].

1.2. შავი ზღვის წყლის ქიმიური შედგენილობა

შავი ზღვის წყლის ქიმიური შედგენილობა ყალიბდებოდა უკანასკნელი 8-10 ათასი წლის განმავლობაში, შავი ზღვის ქვაბულის ჩამოყალიბების პარალელურად. შავი ზღვის წყლის ქიმიურ შედგენილობას განსაზღვრავს სანაპირო ზონის ამგები ქანების ბუნება, ზღვაში შემავალ მდინარეთა ჩამონადენის მოცულობები, შავ და ხმელთაშუა ზღვებს შორის წყლის მიმოცვლის ბალანსი [143].

წყლის ბალანსი შავ ზღვაში. შიდა წყალსატევებისათვის, როგორც შავი ზღვაა, წყლის ბალანსს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს, რადგან განსაზღვრავს წყალსატევის ჰიდროგრაფიულ სტრუქტურას, ცირკულაციებს, ვერტიკალურ მოძრაობებს და საზოგადოდ, წყალსატევის, როგორც ობიექტის ფუნქციონირებას. წყლის ბალანსი შეიძლება შევაფასოთ ფორმულით [164]:

$$V_c - V_n = (R + P) - E \quad \text{სადაც,}$$

V_n – წყლის შემოსვლა სრუტეებიდან

V_c – წყლის გასვლა სრუტეებიდან

R – მდინარეთა ჩამონადენი

P – ატმოსფერული ნალექები

E – აორთქლება ზედაპირიდან

ფორმულა-შემადგენლების მონაცემები მრავალ ავტორთა შეფასებით მკვეთრად განსხვავებულია. მდინარეული ნაკადის ჯამური მოცულობა შავ ზღვაში სხვადასხვა ავტორების შეფასებით შეადგენს 294–დან 474 კმ³–მდე წელიწადში [76, 42, 108]. შავი ზღვა ნაკლებ მარილიან წყალს აზოვის ზღვიდანაც იღებს – 49.8 კმ³/წწ [108]. ამასთანავე შავი ზღვა იკვებება გრუნტის წყლებით (განსაკუთრებით გაზაფხულზე), წყალქვეშა კარსტული წყაროებით, მტკნარი ან მარილიანი ლიმანების წყლებით, რომლებიც ქვიშებიდან იჟონება და ა.შ. შავ ზღვაში წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობა ხვდება ატმოსფერული ნალექების სახით. მისი მოცულობა დაახლოებით მდინარეული ნაკადის ტოლია (224 კმ³). ზღვაში შესული მტკნარი წყლის საერთო მოცულობა შეადგენს - 548 კმ³ [152]– 603 კმ³ [101].

შავ ზღვაში ბოსფორის სრუტის გავლით შეედინება 176.0 კმ³ მარმარილოს ზღვის მლაშე წყალი. საბოლოოდ, შავ ზღვაში წყლის ნაკადის საერთო მოცულობა დაახლოებით 801.5 კმ³–ია წელიწადში [108].

გარდა შემოდინებისა, შავი ზღვიდან აზოვის ზღვაში გაედინება დაახლოებით 33.4–(32.0) კმ³/წწ, ხოლო მარმარილოს ზღვაში დაახლოებით 371.0 – 340.0 კმ³/წწ, მნიშვნელოვანი წილი აქვს აორთქლებასაც [42, 108].

მკვლევართა უმრავლესობის დასკვნით შავ ზღვაში მტკნარი წყლის დადებითი ბალანსია, რაც ზღვის გამტკნარების ტენდენციაზე მიუთითებს. ზღვაში მტკნარი წყლის დადებითი ბალანსი ფართო ზღვრებში მერყეობს 116-დან 520 კმ³/წწ, საშუალოდ შეადგენს 240 კმ³/წწ [42, 164].

მარილიანობა ზღვის წყლის შედგენილობის ძირითადი ჰიდროქიმიური მაჩვენებელია. შავი ზღვის ცენტრალური ნაწილის ზედაპირულ წყლებში მარილიანობა საშუალოდ 18‰-ა. სანაპიროებთან ახლოს, მდინარეების წყლების გავლენით, მისი მნიშვნელობა მცირდება 16-17‰-მდე; ძლიერ გამტკნარებულ უბნებში, დიდი მდინარეების შესართავებთან ახლოს, იქმნება მდინარისა და ზღვის წყლის შერევის ზონა (ესტუარული ზონა), სადაც წყალს ახასიათებს მაღალი სიმღვრივე და მცირე მარილიანობა [135, 152]. მაქსიმალური მარილიანობა აღინიშნება ზღვის ცენტრალური ნაწილის დიდ სიღრმეებზე (200 – 1000 მ) და შეადგენს 22.0 – 22.5 ‰ [135].

შავი ზღვის წყლისათვის დამახასიათებელია სტრატეფიცირება. შრეების ჩამოყალიბებას განაპირობებს სხვადასხვა სიმკვრივისა და ტემპერატურის წყლის ფენების არსებობა. ზღვაში შესული მდინარეების წყალი ზღვის წყალს სწრაფად არ ერევა განსხვავებული სიმკვრივის გამო. შედარებით მსუბუქი მტკნარი ნაკადი მოქცეულია შედარებით მლაშე და მაღალი სიმკვრივის ფენებზე. ორ ფენას შორის გამყოფი ზღვრის - ქემოკლინის მდებარეობა განისაზღვრება მდინარეთა ჩამონადენის მოცულობებით, რის გავლენითაც წლის განმავლობაში მისი მდებარეობა ცვალებადია (სეზონური ქემოკლინი). შავი ზღვის მდგრადი ქემოკლინი განლაგებულია ზედაპირიდან 180–200 მ სიღრმეზე, ანუ კონვერსიის ზღვრამდე. შენელებული ვერტიკალური კონვერსია განაპირობებს მდგრადი ქემოკლინისა და თერმოკლინის ჩამოყალიბებას [7, 48, 143].

ტემპერატურა. შავი ზღვის ტემპერატურული რეჟიმი ტიპურია ზომიერი სარტყლის წყალსატევითვის. ზამთარში მისი ჩრდილო-დასავლეთის და ჩრდილო-აღმოსავლეთის რაიონების (ყირიმი, ოდესის ოლქი, კრასნოდარის მხარე) ზედაპირული ფენები ცივდება 0°C-მდე და შელფის მცირეწყლიან უბნებში და ყურეებში წარმოიქმნება ყინულის საფარი. ზღვის ღრმაწყლიან რაიონებში ზამთარში ტემპერატურა 5-9⁰-ია.

ზაფხულში ზღვის ზედაპირი თბება 24-30⁰-მდე სანაპიროებთან და 21-23⁰-მდე ღრმაწყლიან რაიონებში. თერმოკლინი ფორმირებას იწყებს უკვე გაზაფხულის პერიოდში (მარტი-აპრილი) 10-25 მ სიღრმეებზე და ზაფხულში იგი მდებარეობს 20-40 მ სიღრმეებზე [145].

pH. ზედაპირულ წყლებში pH-ის სეზონური ცვლილებები დამოკიდებულია ტემპერატურის ცვლილებებზე და ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე. ტემპერატურის გაზრდით და ფოტოსინთეზის გაძლიერებით pH იზრდება, რადგან ნახშირორჟანგის შემცველობა მცირდება.

შავი ზღვის ზედაპირულ წყლებში pH იცვლება 8.1-დან 8.5-მდე. pH-მინიმუმი ფიქსირდება ძირითადად ზამთარში, ხოლო მაქსიმუმი - ზაფხულში. პრაქტიკულად, pH დამოკიდებულია წყალში გახსნილ კომპონენტებზე – ძირითადად ნახშირორჟანგზე, ხოლო სიღრმეებში – H₂S-ზე. ამიტომ, სიღრმეებში pH მცირდება 7.6-მდე [140, 143, 152].

ძირითადი იონები. შავი ზღვის წყლის ძირითადი მარილები: ნატრიუმის ქლორიდი, მაგნიუმის სულფატი, კალციუმის კარბონატი და სხვ. წყალში იონური ფორმით იმყოფება. ძირითადი იონების შემცველობა და ასევე მათი პროცენტული თანაფარდობები შავი ზღვის წყალში ოკეანის წყლისაგან განსხვავებულია. შავი ზღვის ზედაპირულ ფენებში მნიშვნელოვანი მდინარეული ნაკადებისა და მტკნარი წყლის დადებითი ბალანსის გამო შავი ზღვა გამტკნარებად წყალსატევს წარმოადგენს, ძირითადი იონების შემცველობა ოკეანის წყლებთან შედარებით მცირეა [29, 129, 166].

აეროზული და ანაეროზული შრეები. შავი ზღვის ერთ-ერთი გამორჩეული მახასიათებელია გოგირდწყალბადის შრის არსებობა. ასე, რომ შავ ზღვაში გვაქვს ნორმალური აერაციის - აეროზული შრე და უჟანგბადო - ანაეროზული შრე. მათ შორის საზღვარი ზედაპირიდან სიღრმეში 150 – 200 მ ფარგლებში მერყეობს. ყველაზე მაღლა ანაეროზული შრის ზედა საზღვარი გადის ზღვის ჩრდილო ნაწილში, ყველაზე ღრმად - სამხრეთ ნაწილში. ანაეროზულ პროცესში სულფიდმარედუცირებელი ბაქტერიების მიერ ადგილი აქვს სულფატის აღდგენას გოგირდწყალბადამდე. შედეგად, ამ შრეში სულფატების შემცველობა შემცირებულია, ხოლო ჰიდროკარბონატებისა - გაზრდილი. გოგირდწყალბადის შემცველობა სიღრმის მიხედვით მატულობს 0.9 მგ/ლ-დან 9.6 მგ/ლ-მდე [143]. გოგირდწყალბადიან და ჟანგბადიან შრეებს შორის ჩამოყალიბებულია გარდამავალი შრე, სადაც ჟანგბადი და გოგირდწყალბადი ერთდროულად იმყოფება და სადაც მიმდინარეობს ინტენსიური დაჟანგვა-აღდგენის რეაქციები. ეს რეაქციები

მრავალეტეპიანია და სხვადასხვა ეტაპზე განსხვავებული შედგენილობის ნაერთები (თიოსულფატები, სულფატები, კოლოიდური გოგირდი) წარმოიქმნება [129].

1.3. შავი ზღვის საქართველოს სანაპირო ზონა

საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ზონის სიგრძე 320 კმ-ია და განლაგებულია ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში. სანაპირო ხაზს აღმოსავლეთისაკენ შეზნექილი რკალისებური ფორმა აქვს. საქართველოს სანაპირო ზონა 3 მორფოლოგიური ერთეულისაგან შედგება. ცენტრალური ნაწილი უჭირავს კოლხეთის აკუმულაციურ ვაკეს, რომელიც აგებულია მდ. რიონის და სხვა შენაკადების ალუვიონით [117]. გეოგრაფიულად კოლხეთის დაბლობის სამხრეთი დაბოლოება მდებარეობს მდ. ნატანების შესართავთან, უკიდურესი ჩრდილოეთი წერტილი კი დაბა ოჩამჩირესთან. აღმოსავლეთით კოლხეთის დაბლობი ებჯინება ძირულის კრისტალურ მასივს, დასავლეთით კი ზღვას. კოლხეთის დაბლობს სამხრეთიდან ესაზღვრება მცირე კავკასიონისა და აღმოსავლეთ პონტოს მთიანი მასივები, ჩრდილოეთიდან კი - კავკასიონის ქედის სამხრეთი ფერდი [91].

მორფოლოგიური თვალსაზრისით სანაპირო ზონის უკიდურესი სამხრეთი ნაწილი, გონიოს კონცხიდან ქ. ქობულეთის ჩათვლით, გამოირჩევა დანაწევრების მაღალი ხარისხით. ხმელეთის რელიეფისათვის დამახასიათებელია სიმაღლეების დიდი ცვალებადობა მცირე ფართობზე, რაც გამოიხატება ღრმა ხეობებით, რომელთა სიმაღლე ზოგჯერ 100 მ აჭარბებს. აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემა ძირითადად აგებულია ვულკანოგენური ფუძე ქანებით (ბაზალტები, ანდეზიტები, ტუფები), ასევე ზღვიური და ტბიური დანალექი ფორმაციებით [46]. რეგიონის ტიპური ნოტიო სუბტროპიკული ჰავის გამო ადგილი აქვს ქანების ინტენსიურ გამოფიტვას. მესხეთის ქედის სამხრეთ ფერდზე, საშუალო მთიან ზონაში (300-400 მ ზღვის დონიდან), წარმოდგენილია დიდი სიმძლავრის წითელმიწა გამოფიტვის ქერქი. მათ საფუძველზე ტენიანი ზღვიური თბილი ჰავის პირობებში მიმდინარეობს წითელმიწა და ყვითელმიწა ნიადაგების ფორმირება. ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ქანი კარგავს სილიციუმმჟავასა და ფუძეების მნიშვნელოვან რაოდენობას და მდიდრდება რკინისა და ალუმინის ოქსიდების ჰიდრატებით, რაც ნიადაგს დამახასიათებელ მოწითალო ან ნარინჯისფერ შეფერილობას ანიჭებს. წითელმიწა გამოფიტვის ქერქის და მასზე

განვითარებული ნიადაგის მაქსიმალური საერთო სიმძლავრე დამრეც ფერდობებზე, ჩვენი სუბტროპიკების პირობებში, 10-12 მ-ს აღწევს [10, 91]. ვინაიდან წითელმიწები განვითარებულია ფუძე ქანების გამოფიტვის ქერქზე, მათში შენარჩუნებულია ამ ტიპის ქანებისათვის დამახასიათებელი მიკროელემენტების, კერძოდ, რკინის ჯგუფის ელემენტების (Fe, Cr, Cu, Zn, V, Ni) შედარებით მაღალი შემცველობა [74, 75, 76]. რკინითა და მანგანუმით ყველაზე მდიდარია ჩაქვის წითელმიწები. ნიადაგის ჭრილის სხვადასხვა ჰორიზონტებში მათი შემცველობა შეადგენს: Fe_2O_3 – 17.9-23.7%, MnO – 0.16-0.71% [10]. სპილენძისა და თუთიის შემცველობა ბათუმის ბოტანიკური ბაღის ნიადაგში შესაბამისად 68 და 105 მგ/კგ [74]. ამავე ნიადაგში ქრომის შემცველობა შესაბამისად 330 მგ/კგ-ია [91]. აღნიშნულ რეგიონში ადგილი აქვს წითელმიწების გაეწრებას.

ნიადაგის ზედაპირულ ფენებში ეროზიული პროცესების გაძლიერებას ხელს უწყობს ადამიანის სამეურნეო საქმიანობაც. ექსპერიმენტით დადგენილია პირდაპირი კავშირი ნიადაგის გამჟავებასა და მანგანუმის ძვრადობას შორის [10, 137].

კოლხეთის დაბლობის სანაპირო ზონა ხასიათდება დაბალი, მდორე რელიეფით, ფართო პლაჟითა და წყალქვეშა ფერდით. სანაპირო ზოლი წარმოდგენილია მესამეული ასაკის ქვიშის ზვინულების რიგით [66, 117]. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კოლხეთის აკუმულაციური დაბლობის ცენტრალური ნაწილი ფორმირებულია მდ. რიონის მყარი ნატანით. მდ. რიონის წყალშემკრები აუზი პრაქტიკულად დასავლეთ საქართველოს უდიდეს ნაწილს მოიცავს. მდინარის მყარ ნატანში წარმოდგენილია წყალშემკრები აუზის ამგები ვულკანოგენური, დანალექი და მეტამორფული ქანების გამოფიტვისა და ეროზიის პროდუქტები. მდ. რიონი ზღვას უერთდება კოლხეთის დაბლობის ზღვისპირა ცენტრალურ ნაწილში. შესართავთან ჩამოყალიბებულია 4-ტოტიანი დელტა. შესართავი თითქმის ზღვის დონეზეა. კოლხეთის დაბლობზე წარმოდგენილია ჭარბტენიანი ტერიტორიები, რომლის ნაწილი კოლხეთის ეროვნულ პარკს უჭირავს. უნიკალური ბიოლოგიური გარემოს წყალობით კოლხეთის ეროვნული პარკი, პალიასტომის ტბასთან ერთად, საერთაშორისო მნიშვნელობის დაცული ტერიტორიაა [11, 117, 155].

კოლხეთის დაბლობზე ნიადაგური საფარის მნიშვნელოვანი ნაწილი ეწერი ნიადაგებია, რომლებიც გავრცელებულია დაბლობის შიდა რაიონების დაბალ ზონებში: სამტრედიის, აბაშის, სენაკის, ჩხოროწყუს რაიონებში. უმუალოდ ზღვის სანაპირო ზონაში წარმოდგენილია ჭაობის ნიადაგები, სადაც აგროტექნიკური მაჩვენებლების

გასაუმჯობესებლად ჩატარებულია კოლმატიზაციის სამუშაოები (ფოთის შემოგარენი, სოფ. ჭალადიდი და სხვა). წითელმიწა და ყვითელმიწა ნიადაგები წარმოდგენილია კოლხეთის დაბლობის მიმდებარე საშუალო მთიან ზონაში 50-100 მ-დან 300-500 მ-მდე სიმაღლეების ფარგლებში. აღმოსავლეთით ისინი გავრცელებულია ძირულის მასივის პერიფერიაში [15].

კოლხეთის დაბლობს ჩრდილოეთიდან აკრავს კავკასიონის დასავლეთი ნაწილის სამხრეთი ფერდი. აქ ძირითადად წარმოდგენილია დანალექი სისტემები კირქვების სახით. ნიადაგურ საფარში, დაბლობ ზონაში, ჭარბობს ეწერი ნიადაგები, საშუალო მთიან ზონაში კი გავრცელებულია ალუვიური, ნემომპალა კარბონატული, წაბლისფერი ნიადაგები [15].

1.4. შავი ზღვის საქართველოს სექტორის წყალქვეშა ფერდის

მორფოლოგია და დინამიკა

წყალქვეშა ფერდის მკვებავ წყაროს მდინარეთა ნატანი წარმოადგენს. შესართავის ზონებში ტრანსპორტირებული ტერიგენული მასალის გადაადგილება და განლაგება მიმდინარეობს ნაპირგასწვრივი დინებების გაბატონებული რეჟიმის, ცირკულაციების, ქარების მიმართულების და ზღვის ტალღური ზემოქმედების შესაბამისად. ნალექგადაადგილებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს წყალქვეშა კანიონთა სისტემა, რომელიც ფაქტიურად მდინარეთა შესართავების გაგრძელებას წარმოადგენს. ზღვის ფსკერზე მასალის აკუმულაციის განმსაზღვრელი ფაქტორებია ზღვის ფსკერის მორფოლოგია და ჰიდროდინამიური პროცესები. ნაპირის გასწვრივ მასალის მიგრაციის თავისებურებების განსაზღვრაში, ბუნებრივ პროცესებთან ერთად არანაკლებ როლს თამაშობენ ანთროპოგენული ფაქტორები.

მდ. ჭოროხის შესართავიდან ჩრდილო-აღმოსავლეთით მიმართული ნაპირგასწვრივი ნატანის განსაზღვრული მოცულობა ხმარდება სანაპიროს სტაბილურობას მდ. ჭოროხის შესართავიდან ქ. ბათუმამდე, გარკვეული რაოდენობა კი ჩაედინება ბათუმის წყალქვეშა კანიონში, რომელიც ნავსადგურის გასწვრივ იღებს სათავეს. მდ. ჭოროხის ალუვიონის გარკვეული ნაწილი ასევე გადაადგილდება სამხრეთი მიმართულებითაც სოფ. გონიომდე. ბათუმის საზღვაო ნავსადგურის აშენების შემდეგ მდ. ჭოროხის ალუვიონი ვეღარ გადაადგილდება ქ. ბათუმის

ჩრდილოეთით, რის გამოც სანაპიროს ამ მონაკვეთზე ადგილი აქვს მყარი ნატანის დეფიციტს და აქედან გამომდინარე, ნაპირის დეგრადაციას. მე-20 საუკუნის 70-80-იან წლებში ჩატარდა მთელი რიგი ნაპირდაცვითი სამუშაოები, რომელთა შედეგადაც აღდგენილია პლაჟი მახინჯაურში, ჩაქვში და ქობულეთში [111, 123, 149].

ქ. ბათუმი - ქ. ქობულეთის სანაპიროს მონაკვეთში შელფური ზონა 25 მ იზობათამდე ვრცელდება, სიგანე 1.5-3.0 კმ-ია, დახრილობა - 0.05°-0.01°. ქობულეთის რკალის შელფი საკმაოდ ვიწროა და დასერილია კანიონების სისტემით. ყველაზე ახლოს ნაპირის ხაზთან მდებარეობს ორი კანიონის სათავე: ერთი, სოფ. ფიჭვნართან (ქობულეთის რკალის ცენტრალური ნაწილი) და მეორე, მდ. კინტრიშის შესართავის გასწვრივ. ორივე კანიონის სათავე 15 მ-ის იზობათაზე იწყება. ბათუმი-გონიოს წყალქვეშა ფერდზე მდებარეობს ორი კანიონი - ჭოროხის და ბათუმის. აღსანიშნავია, რომ ბათუმის კანიონი იწყება პირდაპირ ნაპირიდან და ის შეიძლება ჩაითვალოს ყველაზე ახლომდებარე კანიონის სათავედ საქართველოს წყალქვეშა კანიონებს შორის [9, 65, 149].

კოლხეთის ზღვისპირეთის ცენტრალური ნაწილი, მდ. სუფსის შესართავიდან მდ. ხობის შესართავამდე, რთული მორფოდინამიკით გამოირჩევა. ფოთის ნავსადგური აგებულია მე-19 საუკუნის ბოლოს, მდ. რიონის მაშინდელი შესართავის ჩრდილოეთით. მისმა დამცავმა მოლმა შეზღუდა ნატანის ბუნებრივი მიგრაციები, რის გამოც გააქტიურდა ეროზიული პროცესები ფოთის კანიონის სათავეში. შემდგომში, 1939 წელს, აიგო მდ. რიონის ჩრდილოეთი არხი და ნავსადგური დელტის შიგნით მოექცა. ახალ კალაპოტში ნაბადას არხის მეშვეობით მისი ნაკადის თითქმის 70% ჩრდილოეთი მიმართულებით გადავიდა. ამ მოვლენამ ნაპირის დინამიკაში დამატებითი უარყოფითი ცვლილებები გამოიწვია. უკანასკნელი 60 წლის განმავლობაში ქ. ფოთის რაიონში, მის სამხრეთ და ჩრდილოეთ ნაწილში, ჩამოყალიბდა სანაპირო ნატანის ბალანსის სხვადასხვა სტრუქტურა. პორტის ჩრდილოეთით დამკვიდრდა მკვეთრად დადებითი ბალანსი, ხოლო პორტის სამხრეთით კი უარყოფითი. მდინარის ახალი შესართავიდან სამხრეთით, ფოთის ნავსადგურამდე და შესართავიდან ჩრდილოეთით, მდ. ხობის შესართავამდე, შეიმჩნევა ნაპირის ზღვისაკენ წაწევის მკვეთრი ტენდენცია, რაც გამოწვეულია შესართავიდან სამხრეთისა და ჩრდილოეთის მიმართულებით ნაპირგასწვრივი ნატანის მკვეთრად დადებითი ბალანსით. ვ. ზენკოვიჩის მონაცემებით ნაპირის ზრდის სიჩქარე წელიწადში 8 სმ-ს შეადგენდა [9, 110].

სანაპირო ზონა მდ. რიონის ძველი შესართავიდან (სამხრეთი ტოტი) მდ. სუფსის შესართავამდე განიცდის მყარი მასალის მკვეთრ დეფიციტს. წყლის ნაკადის ხელოვნურმა გადანაწილებამ და მყარი ნატანის მოცულობების დარეგულირებამ ჰიდროელექტროსადგურების კაშხლების მიერ, გამოიწვია სანაპირო ზონაში მყარი ნატანის დეფიციტი და მდ. რიონის ძველი დელტის ძლიერი გადარეცხვა [121]. ნაპირგასწვრივი ნატანი მდ. რიონის სამხრეთი ტოტის შესართავიდან ძირითადად სამხრეთისაკენაა მიმართული და აღწევს მდ. სუფსის შესართავისწინა კანიონამდე. იგივე მიმართულებით წყალქვეშა ფერდზე 5 - 6 მ სიღრმეზე მუდმივად აღინიშნება ნაპირგასწვრივი ქვიშის ზვინული, რომელიც მდ. რიონის მასალით არის აგებული და მიუთითებს ნატანის მიგრაციაზე სამხრეთით. მდ. სუფსის შესართავიდან მყარი ნატანის გადაადგილება ჩრდილოეთით უმნიშვნელოა და გავლენას ვერ ახდენს პლაჟის ზოლის ფორმირებაზე. ზღვის სანაპირო ზონებში არსებულ ეკოლოგიურ პრობლემათა შორის ნაპირების მდგრადობა ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია. გამოკვლევები ადასტურებს, რომ საქართველოს შავი ზღვის სამხრეთი ნაწილის სანაპიროს 30%-ზე მეტი განიცდის წარეცხვებს და დეგრადაციას. სანაპირო ზონაში მიმდინარე ნეგატიური პროცესები ანთროპოგენული წარმოშობისაა და გარემოსდაცვითი ხასიათის რეაგირებას მოითხოვს [15].

1.5. საქართველოს შავი ზღვის აუზის მდინარეები

საქართველოს ჰიდროგრაფიული ქსელი ხასიათდება მნიშვნელოვანი სიმჭიდროვით, რაც ძირითადად კლიმატისა და რელიეფის თავისებურებებითაა განპირობებული. ამ კუთხით განსაკუთრებით გამოირჩევა დასავლეთ საქართველო, სადაც ქვეყნის მდინარეების ნახევარზე მეტს ითვლიან [91].

საქართველოს მდინარეთა ჩამონადენის საშუალო მრავალწლიური ჯამი 66 კმ³-ია, რომლის 75% დასავლეთ საქართველოში ყალიბდება და შავი ზღვის აუზს ეკუთვნის. შავი ზღვის აუზის მდინარეებიდან აღსანიშნავია კოდორი, ენგური, რიონი, ხობი, სუფსა და ჭოროხი. საქართველოს მდინარეები უმეტეს წილად შერეული საზრდოობით ხასიათდებიან. მათი საზრდოობის წყაროებია თოვლის, წვიმის, მყინვარული და მიწისქვეშა წყლები [11, 117]. შავ ზღვაში საქართველოს მდინარეული ნაკადის ჯამური

მოცულობა, მცირე მდინარეების გათვალისწინებით 45.5 – 46.0 კმ³–ია წელიწადში [11, 42].

წყალთან ერთად საქართველოს მდინარეებს, როგორც ყველა მთიანი ქვეყნის ნაკადებს, დიდი რაოდენობით მყარი ნატანი გამოაქვთ. მდინარეების ფსკერული ნალექების მოცულობა, თვისებები, შემადგენლობა, განპირობებულია ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორებით, როგორიცაა კლიმატი, რელიეფი, მდინარეთა ჩამონადენის მოცულობა, წყალშემკრები აუზების ფართობი, მათი ლითოლოგიური აგებულება, ნიადაგური და მცენარეული საფარის ხასიათი და სხვ [82, 94].

ალუვიური მასალის მობილიზაცია იწყება მდინარეთა ხეობებში, ხოლო მისი ძირითადი მასა გროვდება სანაპირო ზონაში, მდინარეების შესართავებთან. საბოლოო წყალსატევში – ზღვებსა და ოკეანეებში ისინი მონაწილეობენ თანამედროვე სედიმენტაციის პროცესებში. ნალექების გადანაწილებაში განსაკუთრებულ როლს თამაშობენ მდინარეთა შესართავები, სადაც მდინარე-ზღვის საზღვარზე მიმდინარეობს ალუვიური მასალის დიფერენციაცია და დახარისხება სანაპირო (პლაჟწარმოქმნელ) და ზღვიურ (დრმაწყლიან) ნალექებად [73, 90, 101].

საქართველოს საზღვრებში მდინარეული მყარი ნატანის ჯამური რაოდენობა 11.1 მლნ.მ³–ზე მეტია. აქედან, 4.3 მლნ.მ³ რჩება სანაპირო ზონაში, ხოლო 6.8 მლნ.მ³ შეიტანება ზღვაში და თანამედროვე ზღვიური ნალექდაგროვების პროცესში მონაწილეობს [42, 122]. შავ ზღვაში ჩამდინარე საქართველოს მდინარეების მყარი და თხევადი ჩამონადენის მოცულობები და მდინარეთა აუზების ფართობები მოცემულია ცხრილში 1.5.1.[101].

ცხრილი 1.5.1. საქართველოს მდინარეების თხევადი და მყარი ჩამონადენის წლიური

მოცულობები

მდინარე	აუზის ფართობი, კმ ²	წყლის ხარჯი, კმ ³ /წწ	მყარი ნატანი, ათ. მ ³ /წწ
ხობი	1340	1.594	130
რიონი	13400	13.37	354
სუფსა	1130	1.581	143
ნატანები	657	0.773	84.9
კინტრიში	291	0.527	12.6
ჩაქვისწყალი	172.6	0.394	10.6
ყოროლისწყალი	55	0.200	4.6
ჭოროხი	22 100	8.71	4920

1.6. მიკროელემენტები შავი ზღვის ფსკერულ ნალექებში

შავ ზღვაში თანამედროვე ნალექები ჩამოყალიბდა მერომიქტული წყალსატევის სტაბილური რეჟიმის პირობებში, მისი არსებობის უკანასკნელი 3000 წლის მანძილზე. ისინი ქმნიან ღრმაწყლიანი აუზის ფსკერზე 30-50 სმ სისქის შრეს. ძირითადად ეს არის წვრილდისპერსული, თხელშრიანი, აღდგენილი ლამები კარბონატების - 20-50% და ორგანული ნახშირბადის - 2-5% მნიშვნელოვანი შემცველობით (ჰაერმშრალი მასიდან) [145].

შავი ზღვის ფსკერის ზედაპირი დაფარულია წვრილდისპერსული შავი ნალექით, ხოლო წყალქვეშა ფერდების ზედაპირი დაფარულია შედარებით უხეში კარბონატული მასალით, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია მოლუსკების ნიჟარების დეტრიტულ მასალას. თანამედროვე ნალექები ფორმირდება მდინარეთა მყარი ნაკადის ტერიგენული მასალით, რომლის მოცულობა შავ ზღვაში შეფასებულია 120 მლნ.ტ. წ/წ-ში, აბრაზიული მასალის მუცულობიდან (10-20 მლნ.ტ) და ორგანოგენული ნალექების მოცულობიდან. შელფზე კარბონატული დანალექი მასალის გაჩენაში ძირითად როლს თამაშობენ მოლუსკები. თანამედროვე ღრმაწყლიანი ნალექების ძირითად ნაწილს შეადგენს წვრილდისპერსული პელიტური ფრაქცია (50%-მდე) [145].

ცნობილია, რომ შავი ზღვის აუზში მიკროელემენტების ტრანსპორტირებაში დიდი წვლილი აქვს ტივტივა ნატანს, ამავე დროს თანამედროვე ნალექების ზედა ფენაში ელემენტების განაწილება დამოკიდებულია მდინარეულ ნაკადებში მათი მიგრაციის ფორმებზე [70, 79, 94, 124].

წყალქვეშა ფერდის ფსკერული ნალექების ქიმიურ შემადგენლობას განსაზღვრავს ორი ძირითადი ფაქტორი: ვინაიდან წყალქვეშა ფერდი ფორმირდება მდინარეული ნატანით, მისი ქიმიური შემადგენლობა ასახავს მდინარეების ფსკერული ნალექების შემადგენლობას, რაც თავის მხრივ მდინარის მკვეზავი პროვინციების ქანების ლითოლოგიური და მინერალოგიური თავისებურებებით და ეკოლოგიური ფაქტორებით არის განპირობებული. მეორე ძირითადი ფაქტორია წყალქვეშა ფერდზე ნალექგადაადგილება (სედიმენტტრანსპორტი). აღნიშნული ფაქტორი განსაზღვრავს სანაპირო ზონაში მოხვედრილი ტერიგენული მასალის გადანაწილებას სივრცესა და დროში. როგორც აღვნიშნეთ (ქვეთავი 1.3.), შავი ზღვის საქართველოს სექტორის სანაპირო ზონაში რამდენიმე დინამიური ზონა და ქვეზონა გამოიყოფა, რომელთა

ფარგლებშიც ადგილი აქვს ფსკერული ნალექების მოძრაობას. გარდა ამ ორი ძირითადი ფაქტორისა, ფსკერული ნალექების სივრცულ განაწილებაზე გარკვეულ ზეგავლენას ახდენს ნაპირებისა და ფსკერის მორფოლოგიაც. მხედველობაში გვაქვს ე.წ. ლითოდინამიური „ჩრდილები“ (როგორიცაა ყურეები და ხმელეთში რკალისებურად შეჭრილი მონაკვეთები), რომელთა შიგნითაც შენელებულია ფსკერული ნატანის გადაადგილება, ნალექგადაადგილების ძირითადი მიმართულებისაგან განსხვავებით; აგრეთვე წყალქვეშა კანიონები, რომლებიც შთანთქავენ მდინარეული ნატანის უზარმაზარ მოცულობებს.

შავი ზღვის ფსკერულ ნალექებში განაწილების თავისებურებების მიხედვით ქიმიური ელემენტები დაყოფილია სამ ძირითად ჯგუფად: I ჯგუფი – Ti, Zr, Ge, Cr, V - ყველაზე ნაკლებად მოძრავი ელემენტებია. წყალშემკრები აუზების მდინარეების წყალში ამ ელემენტების მიგრაციის ძირითადი ფორმა ტივტივა ნატანია. ამავე დროს მდინარეების ტივტივა ნატანში ამ ელემენტების მაქსიმალური შემცველობა აღინიშნება შედარებით უხეშ, მსხვილ–ალევიტულ და პელიტურ ფრაქციებში. ზღვაში მოხვედრისას ეს ფრაქციები ნაპირის მახლობლად მცირე სიღრმეებზე აკუმულირდება. სწორედ ამ მიზეზითაა განპირობებული პელაგიური მინიმუმები და პერიფერიული მაქსიმუმები. ქვაბულის ფსკერზე ქიმიური ელემენტების სივრცულ განაწილებაში ჩანს, რომ კრომის მაქსიმალური შემცველობები მიმართულია კავკასიისა და თურქეთის სანაპიროებისაკენ, რაც ამ რეგიონის მდინარეების მიერ აჭარა–თრიალეთიდან და ანატოლიიდან ზღვაში შემოტანილ ტერიგენულ მასალაში (ფუძე ქანების გამოფიტვის პროდუქტები) მისი მაღალი შემცველობით აიხსნება [24, 78, 92].

II ჯგუფი – Fe, Mn, Ni, Cu, Co, Mo, W, As, Se, U, P, C_{org} , Au და შესაძლოა კიდევ Sr – ყველაზე მეტად მოძრავი ელემენტები. ეს ელემენტები სანაპირო ზონიდან გადადიან პელაგიურ ზონაში. მათ მიგრაციაში, პირველი ჯგუფისაგან განსხვავებით, მატულობს ხსნარების როლი. გარდა ამისა, შეინიშნება მათი მკვეთრად გამოხატული მისწრაფება წვრილპელიტური ფრაქციისკენ. ზღვის გარემოში გადასვლისას რკინისა და მანგანუმის ახლადწარმოქმნილ ჰიდროქსიდებზე მიმდინარეობს ამ ელემენტების სორბცია. ამ ნაერთებს, ტივტივა ნატანისაგან განსხვავებით, დინებებისა და გრავიტაციული ფრაქციონირების გავლენით ზღვის სიღმეში დიდ მანძილზე შეუძლიათ გადაადგილება. ამიტომ, ამ ელემენტების მაქსიმალური შემცველობები ლოკალიზებულია დიდ სიღრმეებში და მცირდება სანაპიროებისაკენ [77, 78, 104, 129].

ბოსფორის რაიონში, თურქეთისა და ბულგარეთის სანაპიროებთან, სპილენძის მომატებული შემცველობა უკავშირდება მდინარეების წყალშემკრებ აუზებში არსებულ სპილენძ-სულფიდურ საბადოებს [22, 23, 43].

III ჯგუფში შედიან Zn და Pb. ეს ელემენტები მკვეთრად გამოხატული ქალკოფილები არიან. მათ ახასიათებთ მსგავსება როგორც პირველი, ისე მეორე ჯგუფის ელემენტებთან და უკავიათ შუალედური მდგომარეობა ასე ვთქვათ, ძირითადად ტივტივა ნატანით და ძირითადად ხსნარის სახით მიგრირებად ელემენტებს შორის [24, 78, 147]. თუთიის შემცველობა ზღვის ფსკერზე აშკარად დაკავშირებულია ტერიგენული მასალის შემოტანის რაიონებთან. მაღალი ხსნადობისა და მიგრაციული ძვრადობის წყალობით ადგილი აქვს მის გადანაწილებას კოლოიდებსა და ტივტივა ნატანში [71, 120]. ტყვიის სივრცული განაწილება წყალსატევის ფსკერზე სირთულითა და მრავალი თავისებურებით გამოირჩევა. მცირე აზიის სანაპიროებთან მისი გაზრდილი შემცველობები ემთხვევა სხვა მძიმე მეტალების შემცველობათა მაქსიმუმებს და დაკავშირებულია ეფუზიური ქანების დაშლის პროდუქტების დაგროვებასთან [129]. ამ ელემენტების მაღალი შემცველობები ბოსფორის მახლობლად თუთიის და ტყვია-თუთიის საბადოების არსებობას უკავშირდება [18, 43].

იმდენად, რამდენადაც წყალსატევების ფსკერული ნალექები მძიმე ლითონების გეოქიმიური ციკლის საბოლოო რგოლს წარმოადგენენ, აღნიშნული ობიექტი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც მძიმე ლითონებით გარემოს დაბინძურების ინდიკატორი [93, 100, 114, 133]. წყალსატევების ეკოსისტემებში მძიმე ლითონების გადანაწილებაში დიდ როლს თამაშობს მათი სორბციის მაღალი უნარი [45, 54, 91, 110]. ზღვის რეგიონების დაბინძურების ტენდენცია წლიდან წლამდე ფსკერულ ნალექებში მძიმე ლითონების შემცველობის ზრდით აღინიშნება [51, 103, 113, 136, 150].

საქართველოს სანაპიროების გასწვრივ ფსკერულ ნალექებში მიკროელემენტების შემცველობა და განაწილება მთლიანად დამოკიდებულია მდინარეთა მყარი ნაკადის შემადგენლობაზე და წყალქვეშა ფერდის გეოდინამიკურ და მორფოლოგიურ თავისებურებებზე. სანაპირო ზონის დაბალ სიღრმეებზე ზღვიური სედიმენტაციის გავლენა უმნიშვნელოა, ამიტომ ადგილი აქვს მხოლოდ ტერიგენულ სედიმენტაციას. წყალქვეშა ფერდის ფსკერულ ნალექებში ლითონების შემცველობა და თანაფარდობა შეესაბამება მდინარეთა მკვეთრი პროვინციების პეტროფონდების თავისებურებებს და

ფერდის მორფოლოგიას. აღნიშნულ კანონზომიერებას ადასტურებს მონაცემთა კორელაციური ანალიზი [94, 118].

1.7. რეგიონში ეკოლოგიური რისკის შემცველი ფაქტორები და „ცხელი“ წერტილები

საკვლევ რეგიონში არსებული ეკოლოგიური რისკის ფაქტორები შემდეგნაირად შეიძლება დავაჯგუფოთ: არაწერტილოვანი დაბინძურების რისკის შემცველია საყოფაცხოვრებო დაბინძურება; გაუმართავი და ხშირ შემთხვევაში არარსებული საკანალიზაციო სისტემა ფეკალური დაბინძურების რისკს ქმნის; ამასთანავე არანაკლებ მნიშვნელოვანია საყოფაცხოვრებო მყარი ნარჩენებით დაბინძურების დონე. ეს უკანასკნელი განსაკუთრებით თვალსაჩინოა მდინარეების ნაპირებზე და პლაჟებზე [80, 109, 131].

შავი ზღვის მდინარეების აუზები საკმაოდ მდიდარია წიაღისეულით. მდ. რიონის აუზში (კავკასიონის სამხრეთი ფერდი) დაძიებული და შესწავლილია სპილენძის, რკინის, მანგანუმის, დარიშხანის მრავალი საბადო. რეგიონი მდიდარია ასევე არალითონური საბადოებითაც: თაბაშირი, კირქვა, ქვანახშირი, თიხები და სხვა [128]. აღნიშნული გეოლოგიური ფორმაციების ტერიტორიულ მასალაში წარმოდგენილია სასარგებლო წიაღისეული საბადოების გამოფიტვისა და მორეცხვის პროდუქტები, რომლებშიც მძიმე ლითონების შემცველობა ფონურ მაჩვენებლებს აღემატება. მდ. რიონის ჰიდროსისტემა რამოდენიმე ათეული წლის განმავლობაში განიცდის სერიოზულ ეკოლოგიურ ზემოქმედებას, რაც დაკავშირებულია მის წყალშემკრებ აუზში არსებულ სამთო-მომპოვებელ და სამთო-ქიმიურ მრეწველობასთან. მდინარის აუზში ამ ტიპის ყველაზე მნიშვნელოვან საწარმოთა შორის აღსანიშნავია ჭიათურის მანგანუმის სამთო-მომპოვებელი საწარმო, რომელიც ფუნქციონირებს XIX საუკუნიდან დღემდე. საბადოს დამუშავების დაწყებიდან 1990 წლამდე მოპოვებულია 203 მლნ. ტონა ნედლი მადანი და რეალიზებულია 108 მლნ. ტონა სასაქონლო პროდუქცია. დღეისათვის საწარმოს წარმადობა 1990 წლის მონაცემთან შედარებით დაახლოებით 70%-ით შემცირებულია, რაც შეადგენს წელიწადში 1 მლნ. ტონაზე მეტი მანგანუმის მადნის გადამუშავებას. აღსანიშნავია, რომ საქართველოს ნიადაგებისათვის ისედაც დამახასიათებელია მანგანუმის გეოქიმიური სპეციფიკაცია. ამ ელემენტით

განსაკუთრებით მდიდარია ყვითელმიწა და წითელმიწა ნიადაგები, სადაც ნიადაგის ცალკეულ ჰორიზონტებში მისი შემცველობა 0.5%-ზე მეტიც შეიძლება იყოს [59, 91].

მდ. რიონის აუზის ეკოსისტემაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს აუზის მაღალმთიან ნაწილში, კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე, რაჭა-ლეჩხუმსა და სვანეთში, ზღვის დონიდან 1300მ-ზე მაღლა განლაგებული დარიშხანის მნიშვნელოვანი საბადოები და მადანგამოვლინებები: ცანას, წითელი კლდის, ლუხუნის, ურავის, საკაურას, გვერითის, გომის და სხვ. სამთო-ქიმიური საწარმოები, რომლებიც ფუნქციონირებდა საბჭოთა ეპოქაში, დღეს დაკონსერვებულია. მათ გარშემო შექმნილი საგანგაშო ეკოლოგიური სიტუაცია მრავალი სამეცნიერო პუბლიკაციის თემაა [2, 12, 27, 130]. აქედან გამომდინარე, მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებზე აისახება მადნის კომპონენტების შემცველობა.

სამხრეთ კავკასიონზე, აჭარა-თრიალეთის ზონაში წარმოდგენილია სხვადასხვა მინერალოგიის კოლჩედანური საბადოები და მადანგამოვლინებები: პირიტული, სპილენძ-სულფიდური, ტყვია-თუთიის, პოლიმეტალური. აღნიშნული მადნიანი რაიონები შეადგენენ სამხრეთ საქართველოს მადნიანი რაიონის ნაწილს და მადნების შედგენილობაც მსგავსია [134]. ამ ტერიტორიაზე ყველაზე კარგად შესწავლილია მერისის მადნიანი რაიონის საბადოები, რომლებიც მე-18 საუკუნიდან არის ცნობილი. მათ საფუძველზე 60-ან წლებამდე ფუნქციონირებდა სამთო-მომპოვებელი წარმოება. გარდა ამისა, რეგიონის ამგებ ბაზალტურ და ანდეზიტურ ქანებში ჩანაწინწყლების სახით დადასტურებულია სულფიდური მინერალების არსებობა [112].

მდ. ჭოროხის წყალშემკრებ აუზში განთავსებული რამდენიმე სპილენძ-სულფიდური და პოლიმეტალური საბადოებიდან ასევე აღსანიშნავია მურღულის საბადო ართვინის ველაიათში, თურქეთის ტერიტორიაზე, რომლის ბაზაზე მრავალი წლის განმავლობაში ფუნქციონირებს გამამდიდრებელი და ოქროს მომპოვებელი საწარმოები. როგორც ცნობილია, აღნიშნული საწარმოებიდან ნარჩენები, ე.წ. კუდები, პირდაპირ მდ. ჭოროხში იყრება და მდინარის მიერ შესართავისაკენ ტრანსპორტირდება. აღნიშნული მიზეზით ჭოროხის მყარი ნატანი დიდი რაოდენობით შეიცავს სულფიდური ჯგუფის ელემენტებს: Cu, Zn, As, გაზრდილია ასევე Fe შემცველობა [21, 22, 44, 53, 64]. ამავე ელემენტების აკუმულაცია აღინიშნება მდ. ჭოროხის შესართავის მიმდებარე ზღვის ფსკერულ ნალექებშიც [26, 86].

მდ. ჭოროხზე, თურქეთის ტერიტორიაზე არსებული ჰიდროსადგურების კასკადის მშენებლობა 90-იან წლებში დაიწყო. ამ ფაქტს ფართო საზოგადოებრივი რეზონანსი მოჰყვა. სპეციალისტების აზრით აღნიშნული კასკადები სერიოზული საფრთხის შემცველია საქართველოს, კერძოდ, აჭარის სანაპირო ზონებისათვის. კაშხლების მიერ შეჩერდა მყარი ნატანის მნიშვნელოვანი მასები, რის შედეგადაც დაირღვა მდ. ჭოროხის შესართავში მყარი ნატანის ჩამოყალიბებული ბალანსი. აღნიშნული ფაქტის გამო მოსალოდნელია სანაპირო ზონაში უკვე შემჩნეული ნეგატიური დინამიური პროცესების გააქტიურება.

უკანასკნელი ათწლეულის განმავლობაში საქართველოს, როგორც აღმოსავლეთსა და დასავლეთს შორის სატრანზიტო დერეფნის როლი მნიშვნელოვნად გაიზარდა. ამჟამად აქტუალურია კასპიისა და ცენტრალური აზიის ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ევროპის ქვეყნებში ტრანსპორტირების პრობლემა. ამ გარემოებამ გამოიწვია საქართველოს სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურის (რკინიგზა, მილსადენები, სახმელეთო და საზღვაო ტრანსპორტი) განვითარების აუცილებლობა და მასთან დაკავშირებული საერთაშორისო ინტერესი. შენდება და ფუნქციონირებს ნავთობსადენებისა და ნახშირწყალბადების ენერგომატარებლების გადასატვირთი ტერმინალები, რაც ცხადია მნიშვნელოვანია ჩვენი ქვეყნის ეკონომიკისთვის, მაგრამ ამავდროულად წარმოადგენს გარემოს ნავთობის ნახშირწყალბადებით დაბინძურების პოტენციურ წყაროს. ჩვენი კვლევების რეგიონში ნავთობის ნახშირწყალბადებით დაბინძურების პოტენციური წყაროებია ნავთობის მილსადენი და ენერგომატარებლების ტერმინალები, კერძოდ „ბაქო-სუფსა“-ს ნავთობის მაგისტრალური მილსადენი (სურ. 1.7.1.), რომელიც საქართველოში აზიის ნავთობის ევროპის ქვეყნებში ტრანსპორტირების პრობლემის გადასაჭრელად აშენდა და ფუნქციონირებს. მილსადენით გადატვირთული ნავთობი ჩაიტვირთება სუფსის საზღვაო ტერმინალზე და შემდგომ საზღვაო ტრანსპორტით ხდება მისი დანიშნულებისამებრ გაგზავნა (სურ. 1.7.2.-1.7.3.). სუფსის საზღვაო ტერმინალის გარდა რეგიონში ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტერმინალები განთავსებულია და ფუნქციონირებს ყულევში - „შავი ზღვის ტერმინალი“ (სურ. 1.7.4.-1.7.5.), ბათუმში - „ბათუმის ტერმინალი“ (სურ. 1.7.6.-1.7.7.) და ფოთში - „ჩენელ ენერჯის“ ტერმინალი (სურ. 1.7.8.-1.7.9.) [28, 87, 88, 109].

შავი ზღვის ეკოსისტემის ნავთობის ნახშირწყალბადებით დაბინძურების რისკფაქტორი მაღალია. ზღვის გარემოში ნავთობის მოხვედრა ძირითადად ხმელეთზე განლაგებული წყაროებიდან და გემებიდან ხდება. შავი ზღვის ქვეყნების მეცნიერების მიერ ჩატარებული კვლევების შედეგებით დადგინდა, რომ შავ ზღვაში გემებიდან შემთხვევით დაღვრილი ნავთობის რაოდენობა დაახლოებით 110 ტონას შეადგენს წელიწადში. თუმცა აქვე აღვნიშნავთ, რომ ბოლო წლებში მკვეთრად გაიზარდა შავი ზღვის გავლით ნავთობის ტრანსპორტირება, შესაბამისად არსებობს ნავთობის ჩაღვრის მუდმივი რისკი, ამას კი კატასტროფული გავლენა აქვს მგრძნობიარე ზღვასა და სანაპირო მიდამოებზე.

შავ ზღვაში ნავთობის ლაქები დაფიქსირებულია ტანკერების ინტენსიური მოძრაობის გზებიდან მოშორებითაც. განსაკუთრებით დაბინძურებულია ზღვის დასავლეთი ნაწილი, სადაც გადის ძირითადი საზღვაო ხაზები: ოდესა-დუნაის შესართავი-სტამბული და ოდესა-დუნაის შესართავი-ვარნა [165].

ჩვენი კვლევების რეგიონში, ნავთობით დაბინძურების ანთროპოგენული რისკფაქტორების გარდა არსებობს ბუნებრივი დაბინძურების საფრთხეც, კერძოდ, ის ნავთობის საბადოები და ბუნებრივი ნავთობგამოვლინება, რომელიც დაფიქსირებულია მდ.მდ. სუფსისა და ნატანების აუზებში (სურ. 1.7.10., სურ. 1.7.11.) [86].

2. ექსპერიმენტული ნაწილი

კვლევის მეთოდოლოგია

2.1. საველე კვლევები

საველე სამუშაოები გარემოს კვლევის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაწილია. მეთოდოლოგიური თვალსაზრისით მათი კორექტული წარმართვა მნიშვნელოვნად განაპირობებს საბოლოო შედეგების სანდოობას. აქედან გამომდინარე, მათ სწორად დაგეგმვას და ჩატარებას გადამწყვეტი როლი ეკისრება.

საველე სამუშაოების დაწყებამდე მენეჯმენტის მიხედვით გაიწერა ყველა სტანდარტული პროცედურა, რაც უზრუნველყოფს ნიმუშების სწორად აღებას, შენახვასა და ტრანსპორტირებას. უპირველეს ყოვლისა, კვლევების მიზნებიდან გამომდინარე, შედგა საველე სამუშაოების გეგმა, დაზუსტდა საკვლევი ტერიტორიის ფიზიკურ-გეოგრაფიული მახასიათებლები (მდებარეობა, ფართობი, რელიეფი, სიმაღლე ზღვის დონიდან, წლის დროიდან გამომდინარე, მოსალოდნელი ამინდები). ტოპოგრაფიულ რუკებზე მოინიშნა სამუშაო არეალები, ზღვის სიღრმეები, შედგა ნიმუშების აღების სავარაუდო ბადე. სანაპიროს ხაზის გაყოლებით მოინიშნა და დაინომრა მართობული პროფილები სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ. თითოეულ პროფილზე აღებულია 3 ან 4 წერტილი ნაპირიდან ზღვის მიმართულებით A, B, C, D. შესაბამისად A ნიშნავს, რომ სადგური არის ნაპირთან ახლოს, B, C, D - ნაპირიდან დაცილებით. წერტილების ანუ სადგურების დასახელება შედგება პროფილის ნომრის და ლათინური ანბანის ასოებისაგან. მიღებული ბადის მიხედვით აიციფრა წინასწარი კოორდინატები. შემდგომ, უკვე ადგილზე, უშუალოდ სამუშაოების დროს საჭიროების შემთხვევაში ხდებოდა კოორდინატების დაფიქსირება გემის სანავიგაციო საშუალებების გამოყენებით.

საველე სამუშაოების წინ გაიწერა სტანდარტული პროცედურები საველე ანალიზებისათვის, ჩატარდა აპარატურისა და რეაქტივების ტესტირება. ნიმუშების აღება და შეფუთვა ტარდებოდა სტანდარტული მეთოდების შესაბამისად [41, 52, 67].

2.1.1. საკვლევი ნიმუშების აღება მდინარეებზე

საკვლევ რეგიონში ზღვაში შემავალ მდინარეებზე: ხობი, რიონი, მალთაყვა, სუფსა, ნატანები, ჩოლოქი, ჩაქვისწყალი, კინტრიში, ბარცხანა, ყოროლისწყალი, აჭარისწყალი, ჭოროხი და ასევე პალიასტომის ტბაზე აღებულია წყლის, ფსკერული ნალექებისა და შეტივნარებული ნატანის ნიმუშები. მომზადებული საველე კვლევების სქემის მიხედვით ხდებოდა ადგილებზე გასვლა, კოორდინატების დაზუსტება და საველე ჟურნალებში რეგისტრირება, ხდებოდა ადგილის დათვალიერება და ფოტოფიქსირება. მდინარეებზე საველე სამუშაოები ჩატარდა სამ ეტაპად: 2008 წლის 1-7 აგვისტოს, 2009 წლის 10-17 ივნისს და 2010 წლის 27-30 სექტემბერს. სამივე ეტაპზე, ზემოთ ჩამოთვლილ მდინარეებზე სულ გამოკვლეულია წყლის 37, ფსკერული ნალექების 36 და შეტივნარებული ნატანის 16 ნიმუში.

მდინარეებიდან სინჯები აღებულია ზღვის შესართავებიდან დაახლოებით 200-300 მ-ით აღმა. ადგილზე ტარდებოდა მდინარის წყლის საველე გაზომვები პორტატული აპარატურის საშუალებით (თავი 2.1.3.). მდინარეების წყლის ძირითადი იონების ანალიზისათვის აღებული იყო 1 ლ მოცულობის ნიმუშები, რომლებიც ლაბორატორიაში ტრანსპორტირებამდე ინახებოდა სპეციალურ ყინულიან კონტეინერებში (ქულერებში). ნავთობის ნახშირწყალბადების განსაზღვრისათვის მდინარის წყლის ნიმუშების აღება ხდებოდა 1 ლ მოცულობის, მუქი ფერის მინის ჰერმეტიკულად დაცულ ჭურჭელში, ყველა ნიმუშს აღებისთანავე დაკონსერვებისათვის ემატებოდა 5 მლ ჰექსანი.

ფსკერული ნალექების ნიმუშებს ვიღებდით პლასტმასის ნიჩბით 30-50 სმ სიღრმიდან. ამოღებული ნიმუში თავსდებოდა ქსოვილის პარკში, რაც ხელს უწყობდა ნიმუშიდან ზედმეტი წყლის მოცილებას, სწრაფად დაწრეტას და გაშრობას. ამავე დროს არ იკარგებოდა წვრილმარცვლოვანი ფრაქციები. ასეთ მდგომარეობაში შესაძლებელია ნიმუშის შენახვა რამოდენიმე კვირის განმავლობაში.

ნავთობის ნახშირწყალბადების განსაზღვრისათვის განკუთვნილი ფსკერული ნალექების ნიმუშები თავსდებოდა პოლიეთილენის ჰერმეტიკულად დახურულ ჭურჭელში (სურ. 2.1.1.1).

2.1.2. საკვლევი ნიმუშების აღება ზღვაზე

ზღვაზე საექსპედიციო სამუშაოების განსახორციელებლად ჩატარდა მოსამზადებელი სამუშაოები. იმის გამო, რომ საქართველოში არ არსებობს სპეციალური სამეცნიერო გემები, ბათუმისა და ფოთის ნავსადგურებში ვარჩევდით გემებს, რომლებზედაც შესაძლებელი იყო მუშაობა. ამისათვის შევარჩიეთ ბათუმში – თევზსაჭერი მოტოფელუგა „მედუზა“, ფოთში – თევზსაჭერი სეინერი „SMB-040“. მათ ჰქონდათ საკმაოდ ფართო გემბანი ნიმუშების ამოსაღებად და საველე გაზომვების ჩასატარებლად. ორივე მათგანი აღჭურვილი იყო სანავიგაციო მოწყობილობებით: ექოლოტითა და GPS, რომელთა საშუალებითაც ფიქსირდებოდა ზუსტი კოორდინატები და სიღრმეები. გემბანზე მოსახერხებელი იყო საველე აპარატურის განთავსება, წყლისა და ფსკერული ნალექების ნიმუშების ამოღება და შეფუთვა (სურ. 2.1.2.1.). სულ განხორციელდა 3 საზღვაო ექსპედიცია: 2008 წელს 21-26 სექტემბერს, 2009 წელს საზღვაო ექსპედიცია განხორციელდა ორჯერ: 4-9 ივნისს და 30 აგვისტოდან 3 სექტემბრამდე.

ზღვაზე სამუშაოების ჩასატარებლად შესაფერისი მეტეოროლოგიური პირობების დადგომისთანავე ხდებოდა მარშრუტებზე გასვლა. საკვლევ წერტილებზე გადაადგილება ხდებოდა ნიმუშების აღების წინასწარ მომზადებული სქემის მიხედვით. იმ შემთხვევაში, თუ გარკვეული მიზეზების გამო ფსკერული ნალექების სინჯების აღება შეუძლებელი იყო (კლდოვანი, ძალიან დამრეცი ფსკერი რთული რელიეფით, ნიჟარების დეტრიტის მასით დაფარული), ადგილზე ხდებოდა საკვლევი წერტილების კოორდინატების კორექტირება. რუკებზე 2.1.3.4. და 2.1.3.5. მოცემულია მდინარეებზე და ზღვაზე საკვლევი სადგურების განლაგება.

ნიმუშების აღება მიმდინარეობდა შემდეგი წესით: წყლის ნიმუშების აღება ხდებოდა ბათომეტრით 5 მ სიღრმიდან (სურ. 2.1.2.2).

აღებისთანავე გემბანზე ტარდებოდა ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრების გაზომვები საველე პორტატული აპარატურით. ნავთობის ნახშირწყალბადების ლაბორატორიული ანალიზისათვის ზღვის წყლის ნიმუშების აღება ხდებოდა ზემოთაღნიშნული წესით (პარაგრაფი 2.1.3.). ფსკერული ნატანის ნიმუშების ასაღებად გამოიყენებოდა ფსკერსახაპი (სურ. 2.1.2.3.).

ამოღებული ფსკერული ნატანის ნიმუშები თავსდება ქსოვილის პარკებში შემდგომი ქიმიური და გრანულომეტრიული ანალიზისათვის და პოლიეთილენის ჰერმეტიკულ ჭურჭელში – ნავთობის ნახშირწყალბადების განსაზღვრისათვის. გაზომვის შედეგები, თარიღი და საათი, წერტილების კოორდინატები, სიღრმეები და ყველა საჭირო ინფორმაცია ფიქსირდება საველე ჟურნალებში (სურ. 2.1.2.4.). ჩანაწერებს დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა შედეგების ზუსტი ინტერპრეტაციისათვის [52, 116].

სულ ჩატარებულია ზღვის წყლის 80 ნიმუშის საველე კვლევები და აღებულია ფსკერული ნატანის 74 ნიმუში.

2.1.3. საველე განსაზღვრები

წყლის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები: pH, ტემპერატურა, ელექტროგამტარობა და გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ისაზღვრებოდა HACH SensION 156-ის და Elmetron CX-401-ის ფირმის პორტატული საველე აპარატურით (სურ. 2.1.3.1). მდინარისა და ზღვის წყლის ელექტროგამტარობა გამოსახულია mS/სმ-ში. ზღვის წყლის მარილიანობა გამოისახება ‰-ში. გახსნილი ჟანგბადით წყლის გაჯერება იანგარიშება ფორმულით

$$\text{გაჯერება } O_2\% = \frac{a * 100}{N}, \text{ სადაც}$$

a - ჩვენს მიერ მიღებული პრაქტიკული მაჩვენებელია, მგ O_2 /ლ-ში;

N - O_2 -ის ნორმალური შემცველობა მოცემულ ტემპერატურაზე.

საველე პირობებში წყლის სიმღვრივე იზომებოდა ტურბიდომეტრული მეთოდით, პორტატული აპარატის HANNA Instruments Turbidimeter გამოყენებით (სურ. 2.1.3.2.). შედეგები გამოისახება ფორმაზინის სიმღვრივის ერთეულებში (FTU –Formazine Turbidity Units). აღნიშნული მეთოდით სიმღვრივის ანალიზი ზუსტ შედეგებს იძლევა 0 - 1000 FTU ერთეულის დიაპაზონში. შესაბამისი ცხრილის გამოყენებით შესაძლებელია სიმღვრივის გადაანგარიშება SiO_2 მგ/ლ ერთეულებში.

მდინარის წყლის მაღალი სიმღვრივის პირობებში, როდესაც FTU-ს მნიშვნელობა 50 ერთეულს აღემატებოდა, შესაძლებელი იყო შეტივინარებული ნატანის შეგროვება დაწდომის მეთოდით. 8-10 ლ მოცულობის წყლის სინჯი ყოვანდებოდა ჭურჭელში მეორე დღემდე, სრულ დაწდომამდე (სურ. 2.1.3.3.). გამჭვირვალე წყალფაზა

ფრთხილად სცილდებოდა დეკანტაციით, ფსკერზე დარჩენილი შეტივნარებული ნაწილაკები კარგად შენჯღრევის შემდეგ რაოდენობრივად გადაიტანებოდა 0.5 ან 1 ლ მოცულობის პეტის ბოთლში. ამგვარი სახით ნიმუში ტრანსპორტირდებოდა ლაბორატორიაში.

ნიმუშის სრული დაწდომის შემდეგ, წყალფაზას ფრთხილად ვაცილებდით, ბოთლს გადავჭრიდით და ფსკერზე დარჩენილ მყარ მასას ვაშრობდით ოთახის ტემპერატურაზე. შემდეგ, გრავიმეტრული მეთოდით ვსაზღვრავდით შეტივნარებული ნაწილაკების შემცველობას მგ/ლ–ში. ამავე ნიმუშში ისაზღვრებოდა ლითონების შემცველობა.

2.2. ლაბორატორიული კვლევები

ექსპედიციის დამთავრების შემდეგ მოპოვებული წყლისა და ფსკერული ნატანის ნიმუშები გადაეცა „გამას“ ლაბორატორიას წინასწარი დამუშავებისა და საანალიზოდ მომზადებისათვის. სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა „გამას“ ლაბორატორია აღჭურვილია თანამედროვე აპარატურით, რაც საშუალებას იძლევა მაღალ დონეზე, მეთოდოლოგიური და მეტროლოგიური უზრუნველყოფით განხორციელდეს ორგანული და არაორგანული დამბინძურებლების განსაზღვრა.

ლაბორატორიაში დანერგილი ანალიზების ხარისხის უზრუნველყოფის სახელმძღვანელოს მიხედვით შეირჩა ანალიზის მეთოდები და შემუშავდა სტანდარტული ოპერაციული პროცედურები, რომლებიც შეტანილია სამუშაო რეგულაში. ლაბორატორიაში დანერგილი ხარისხის კონტროლის პროცედურების შესაბამისად ჩატარებულია რამდენიმე საერთაშორისო ინტერკალიბრაციის სამუშაოები. ინტერკალიბრაციის ბოლო სერია ჩატარდა 2011 წლის ნოემბერში.

2.2.1. ქიმიური ანალიზისათვის სინჯების მომზადების მეთოდები

ლაბორატორიაში, ქსოვილის პარკებში მოთავსებული მდინარეების მყარი ნატანის და ზღვის ფსკერული ნალექების ნიმუშები შრებოდა ოთახის ტემპერატურაზე, დროდადრო მორევის პირობებში. ჰაერმშრალი მდინარეების ნიმუშები გაიცრა 2 მმ საცერში, ხოლო ზღვის ფსკერული ნალექების ჰომოგენიზება მოხდა. ნიმუშები გადავიტანეთ ერთჯერად კონტეინერებში, ეტიკეტირებისა და მარკირების დაცვით.

ორგანული დამბინძურებლების ანალიზისათვის აღებული ნიმუშები გავაშრეთ იმავე ჭურჭელში, რომლითაც მოხდა მათი აღება.

ჰაერმშრალი ნიმუშებიდან ქიმიური ანალიზისათვის კვარტირების წესით აღებული საშუალო ნიმუში, დაახლოებით 10 გ-ის ოდენობით, დაიფუკვა პუდრის მდგომარეობამდე. ამგვარად დამუშავებული ნიმუშებიდან მოხდა ლითონების განსაზღვრა შესაბამისი მეთოდების გამოყენებით.

2.2.2. წყლის ანალიზის მეთოდები

ბუნებრივი წყლები ძირითადად წარმოადგენენ ძლიერი ელექტროლიტების ხსნარებს. წყლის მინერალურ შემადგენლობას და შესაბამისად, ელ.გამტარობას განსაზღვრავენ ძირითადი იონები: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- . მდინარის წყალი ძირითადად Ca^{2+} , Mg^{2+} HCO_3^- ტიპისაა, 50-დან 500 მგ/ლ-მდე მინერალიზაციით, ზღვის წყალი კი Na^+ Cl^- ტიპისაა და მინერალიზაცია 17 – 20 ‰ ფარგლებშია. წყლის ელექტროგამტარობა განისაზღვრა როგორც საველე პირობებში, ასევე ლაბორატორიაში. ელექტროგამტარობა რაოდენობრივად გამოსახავს წყლის მიერ ელექტროდენის გატარების უნარს. ბუნებრივი წყლების ელ.გამტარობა დამოკიდებულია გახსნილი მინერალური მარილების კონცენტრაციასა და ტემპერატურაზე.

ძირითადი იონების განსაზღვრა

ძირითადი იონების Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- შემცველობის განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო ISO-ს სტანდარტული მეთოდები:

Na^+ , K^+ -ის განსაზღვრა ტარდება ატომურ-ემისიური სპექტრომეტრული მეთოდით [31].

Ca^{2+} , Mg^{2+} -ის განსაზღვრისათვის რეკომენდებულია ტიტრიმეტრული მეთოდი EDTA-ს გამოყენებით [32, 33, 151], ინდიკატორებად გამოიყენება ერიოქრომ-შავი და მურექსიდი.

განსაზღვრული ანიონებიდან ზედაპირულ წყლებში ძალიან მნიშვნელოვანია სულფატების შემცველობა. სულფატი გვხვდება პრაქტიკულად ყველა ზედაპირული წყლის შემადგენლობაში სხვადასხვა კონცენტრაციით. სულფატ-იონის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ტურბიდიმეტრული მეთოდი, დაბალი

კონცენტრაციების შემთხვევაში (< 70 მგ/ლ) და გრავიმეტრული მეთოდი, მაღალი კონცენტრაციების შემთხვევაში [34, 151].

ჰიდროკარბონატისა და კარბონატის იონების განსასაზღვრად გამოყენებულია ტიტრიმეტრული მეთოდი [97, 151].

ქლორიდების განსაზღვრისათვის გამოიყენება მორის მეთოდი: ტიტრიმეტრული მეთოდი ვერცხლის ნიტრატის გამოყენებით (ინდიკატორი – ქრომატი) [35].

ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების (TPH) განსაზღვრა

წყლის ნიმუშებში ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადები განსაზღვრულია ქრომატოგრაფიული მეთოდით სტანდარტული მეთოდიკების [68] შესაბამისად. მეთოდი დაფუძნებულია საანალიზო სინჯიდან (1 ლ), ნავთობის ნახშირწყალბადების ჰექსანით ექსტრაგირებაზე, შემდგომ ექსტრაქტის გასუფთავებაზე (წყლის მოცილება ნატრიუმის სულფატით, ხოლო პოლარული ნაერთების - ალუმინის ოქსიდით), დაკონცენტრირებაზე და შემდგომ მის ქრომატოგრაფიულ ანალიზზე.

ქრომატოგრაფიული ანალიზი ჩატარდა PERKIN-ELMER ფირმის აირ-თხევად ქრომატოგრაფებზე ალურ-იონიზაციური დეტექტორით, პიკის პარამეტრების გაანგარიშება მოხდა ინტეგრატორის საშუალებით, ხოლო რაოდენობრივი გათვლები შიდა სტანდარტის მეთოდით.

2.2.3. ფსკერული ნალექების ანალიზის მეთოდები

ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული ანალიზი

ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული ანალიზი ტარდებოდა საცრული მეთოდით, სტანდარტის შესაბამისად [95, 138].

გრანულომეტრიული ანალიზისათვის გამოიყენება სხვადასხვა ზომის ნასვრეტების მქონე საცრები, რომელთა საშუალებით ნალექებიდან გამოიყოფა შემდეგი ზომის ნაწილაკები: < 0.05 მმ, $0.05-0.10$ მმ, $0.10-0.15$ მმ, $0.15-0.20$ მმ, $0.20-0.50$ მმ, $0.50-1.00$ მმ, $1.00-2.00$ მმ. გამოყოფილი გრანულომეტრიული ფრაქციების წონების მიხედვით გამოითვლება თითოეული ფრაქციის პროცენტული წილი. შემდგომში, მდინარეების ფსკერული ნატანის ცალკეულ გრანულომეტრიულ ფრაქციებში ლითონების

შემცველობის მიხედვით, ჩატარებულია ლითონების ფრაქციათაშორისი გადანაწილების კანონზომიერებების კვლევა (პარაგრაფი 3.4.) [19, 25, 60, 61].

Zn, Cd, Pb, Fe, Mn, Cr, Cu განსაზღვრა საკვლევ მყარ ნიმუშებში ტარდება ატომურ-აბსორბციული სპექტროსკოპიული მეთოდით. ფსკერული ნალექების ანალიზისათვის მოწოდებულია მონაკოს ზღვის კვლევების ლაბორატორიის სტანდარტული მეთოდური სახელმძღვანელო [52]. ფსკერული ნალექების ნიმუშები იწონება ანალიზურ სასწორზე, ელემენტების შემცველობის მიხედვით 0.1–1.0 გ იშლება ძლიერი მჟავების ნარევით (HClO_4 , HNO_3 , HF , HCl) და ამოშრება ღია ქურაზე. ამოშრობის შემდეგ ნარჩენი იხსნება მარილმჟავასა და დისტილატის ნარევში 1:1 და გადაიტანება გამოხდილი წყლით 50 მლ საზომ კოლბებში. მიღებულ ხსნარებში ლითონები: Zn, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Cr, Pb, Cd, განისაზღვრება ალური ას მეთოდით [17, 37, 38, 40, 52, 105, 139, 144, 146].

ლითონების განსაზღვრის პირობები და განსაზღვრის ქვედა ზღვრები მოცემულია ცხრილში 2.2.3.1.

ცხრილი 2.2.3.1. ფსკერულ ნალექებში მძიმე ლითონების განსაზღვრის პირობები

ელემენტი	აპარატურა	განსაზღვრის მეთოდი	ტალღის სიგრძე, ნმ	განსაზღვრის ქვედა ზღვარი, მგ/კგ	აირი
Fe	Perkin-Elmer AAanalyst 200	ალური ას	248.3	10	საწვავი: აცეტილენი- ჰაერის ალი
Mn		ალური ას	270.0	10	
Cu		ალური ას	324.8	10	
Zn		ალური ას	213.9	10	
Cr	Perkin-Elmer 305	ალური ას	357.9	10	
Ni		ალური ას	231.0	10	
Pb		ალური ას	283.3	10	
Cd		ალური ას	228.8	2.5	

Al განსაზღვრა. ალუმინი განისაზღვრება ტიტრიმეტრული მეთოდით, სილიკატური ობიექტების ანალიზის მეთოდის მიხედვით [126]. ანალიზი ტარდება ფსკერული ნალექების ნიმუშების სრული დაშლის შემდეგ მიღებული ძირითადი ხსნარების ალიქვოტებში. ანალიზისათვის შესაძლებელია იმავე ხსნარების გამოყენება, რომლებშიც ისაზღვრება ლითონები ატომურ – აბსორბციული მეთოდით. ალუმინის განსაზღვრის მეთოდი დაფუძნებულია ალუმინის ჰიდროქსიდის ამფოტერულ თვისებებზე და მისი რამოდენიმესაფეხურიანი ნეიტრალიზაციის, გატიტრისა და

უკუგატიტვრის რეაქციაზე, KF თანაობისას. ინდიკატორებად გამოიყენება კონგო წითელის ინდიკატორის ქაღალდი და ფენოლფტალეინი.

Hg განსაზღვრა. გეოლოგიურ ნიმუშებში Hg განსაზღვრისათვის მოწოდებულია სტანდარტული მეთოდიკა [36, 52, 98]. მეთოდი გულისხმობს საკვლევი სინჯის დამუშავებას კონცენტრირებული აზოტმჟავით. ხსნარის დაყოვნების და დაწდომის შემდეგ ალიქვოტურ ნაწილში ვერცხლისწყალი ისაზღვრება მშრალი ორთქლის უალო ატომურ-აბსორბციული მეთოდით.

Hg განსაზღვრისათვის ნიმუში მუშავდება კონცენტრირებული აზოტმჟავით. 20 წთ საათის მინის ქვეშ დუღების შემდეგ, ხსნარი შეივსება 5 მლ-მდე კონცენტრირებული აზოტმჟავით. განსაზღვრა ტარდება 1 მლ ალიქვოტურ ხსნარში. ვერცხლისწყლის ჰიდრიდის მიღების მიზნით, აღმდგენად გამოიყენება SnCl_2 -ის 40%-იანი ხსნარი [39].

As განსაზღვრა. გეოლოგიურ ნიმუშებში დარიშხანის განსაზღვრისათვის მოწოდებული მეთოდიკების გაცნობის შემდეგ შეირჩა ნიმუშის ხსნარში გადაყვანის მეთოდი [127]. რეაქცია მიმდინარეობს კელდალის კოლბაში კონცენტრირებული აზოტმჟავას და გოგირდმჟავას თანაობისას. მიღებული ხსნარის ალიქვოტურ ნაწილში ჯამური დარიშხანის შემცველობა განისაზღვრება გადადენით. დისტილატში As ისაზღვრება ფოტოკოლორიმეტრული მეთოდით, ამონიუმის მოლიბდატის გამოყენებით, მიღებული დარიშხან-მოლიბდენოვანი ლურჯის შეფერილობის ინტენსივობის გაზომვით [30, 96]. მეთოდი არაერთგზის შემოწმებულია სტანდარტულ ნიმუშებზე.

ნავთობის ნახშირწყალბადების განსაზღვრა. ფსკერული ნალექების ნიმუშებში ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადები განსაზღვრულია სტანდარტული მეთოდიკების შესაბამისად [68]. ამ შემთხვევაშიც, საანალიზო ჰაერმშრალი სინჯიდან (20გ) ნავთობის ნახშირწყალბადების ექსტრაქცია ხდება ჰექსანით. განსაზღვრა ტარდება აირ-თხევად ქრომატოგრაფზე (2.2.2. წყლის ანალიზის მეთოდები).

2.2.4. ანალიზური მასალის სტატისტიკური დამუშავება და ვიზუალიზაცია

მიღებული შედეგების მათემატიკური დამუშავება განხორციელდა ამა თუ იმ ელემენტის ვარიაციის ზღვრების, საშუალო და ექსტრემალური მაჩვენებლების განსაზღვრის მიზნით. წყვილთა კორელაციის მეთოდის საშუალებით დადგინდა

ელემენტებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების ხასიათი. გამოთვლები ჩატარებულია კომპიუტერული პროგრამის Sygmaplot-11.2-ის გამოყენებით, რომლის საშუალებითაც კორელაციის კოეფიციენტი და კორელაციის კრიტიკული ზღვარი იანგარიშება პირსონის ფუნქციის მიხედვით. კორელაციის კრიტიკული ზღვარი დამოკიდებულია რიცხვითი მასივის მოცულობაზე.

ზღვის წყლის ჰიდროქიმიური პარამეტრებისა და ფსკერულ ნალექებში ლითონების ანალიზის შედეგების მიხედვით, შესწავლილ საზღვაო აკვატორიაში აიგო კომპონენტების განაწილების რუკები კომპიუტერული პროგრამის SERFER-ის გამოყენებით. აღნიშნული პროგრამა იზოხაზების აგების და ექსტრაპოლაციების გამოთვლის საშუალებას იძლევა. რუკების აგებისას გამოყენებულია უახლოესი ოთხი მეზობელი წერტილის ექსტრაპოლაციის ფორმულა.

2.2.5. ლითონთა ფორმების განსაზღვრა მდინარეების ფსკერულ ნალექებში

მდინარეებისა და ზღვის ფსკერულ ნალექებში ლითონები სხვადასხვა ნაერთთა ფორმით იმყოფებიან. ადვილადხსნადი, სორბირებული ფორმები მოძრავია და ძირითადად მონაწილეობენ სორბციულ პროცესებში: წყალფაზიდან ხდება მათი შთანთქმა ფსკერული ნალექების თიხა მინერალების მიერ. ლითონები შეიძლება არსებობდეს ორგანომინერალური ფორმით, ანუ ორგანულ ნივთიერებებთან, ძირითადად, ჰუმინურ და ფულვომჟავებთან კომპლექსური ნაერთების სახით. ეს ფორმები შედარებით მდგრადია, თუმცა ჰიდროგენულ ფორმებს განეკუთვნება. ფსკერულ ნალექებში ლითონების ყველაზე დიდი ნაწილი ჰიდროქსიდებისა და ოქსიდების სახით, მდგრადი ნაერთების ფორმით არსებობს. ეს, ლითონების ერთი ნაწილი, ქანების შემადგენელი სილიკატური მინერალების კრისტალურ მესერშია მოთავსებული. ლითონების ფორმათა შორის გადანაწილების სურათის მიხედვით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ ზღვის გარემოში მათი მოხვედრის შესაძლო წყაროებზე და მიგრაციის შესაძლებლობებზე [49, 50, 77].

ლითონების ნაერთთა ფორმების ანალიზი ტარდება თანმიმდევრული ფრაქციული გამოწვლილვის მეთოდით. ექსტრაგენტების შერჩევა ხდება შემდეგი პრინციპით: თავიდან გამოიყენება სუსტი რეაგენტები ადვილადხსნადი ფორმების გასახსნელად, შემდეგ კი გამოიყენება ძლიერი დამჟანგავები, მდგრადი ნაერთების

დასაშლელად. ლიტერატურაში აღწერილია თანმიმდევრული ექსტრაქციის მრავალი სქემა. ექსტრაგენტებად გამოიყენება სხვადასხვა შემადგენლობის ბუფერული ხსნარები, მჟავები, კომპლექსწარმოქმნელები და ა.შ. ლითონების ნაერთთა ფორმების თანმიმდევრული გამოწვლილვის ჩვენს მიერ აპრობირებული სქემა მოცემულია ცხრილში 2.2.5.1. სქემა შედგენილია იმის გათვალისწინებით, რომ მიღებული ექსტრაქტების დამუშავების შემდეგ რეაგენტები ადვილად უნდა მოსცილდეს საკვლევ ხსნარებს, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს შემდგომი ატომურ – აბსორბციული ანალიზის ჩასატარებლად. კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე, მოვახდინეთ ლიტერატურაში მოწოდებული სქემების დეტალიზება, რაც გულისხმობს ოქსიდური და სილიკატური ფრაქციების ცალ–ცალკე გამოყოფას. ეს ასპექტი ჩვენთვის მნიშვნელოვანია, რადგან ვიკვლევთ ლანდშაფტურ მარკერ ელემენტებს, რომლებიც ძირითადად ლითოგენური, მდგრადი ფორმებით უნდა იყვნენ წარმოდგენილი. მათი ოქსიდებში ან სილიკატურ მესერში არსებობის დადგენა საჭირო ინფორმაციას იძლევა შედეგების ინტერპრეტაციისათვის.

ცხრილი 2.2.5.1. ლითონების ნაერთთა ფორმების თანმიმდევრული გამოწვლილვის სქემა

ფრაქციის №	ექსტრაგენტი	ექსტრაგირებული ნაერთები
I	1M ნატრიუმის აცეტატი	ზედაპირულად სორბირებული
II	1M ძმარმჟავა	ამორფულ ჰიდროკარბონატებთან დაკავშირებული ნაერთები
III	ე.წ. ჩესტერის რეაქტივი – მარილმჟავა ჰიდროქსილამინის ძმარმჟავა ხსნარი	Fe - Mn ამორფულ ოქსიდებთან და ჰიდროქსიდებთან დაკავშირებული ნაერთები
IV	30% წყალბადის ზეჟანგი	ორგანულ ნივთიერებებთან და სულფიდებთან დაკავშირებული ლითონები, ე.წ. ორგანომინერალური ფორმები
V	სამეფო არაყი	უმდგრადი სილიკატები და ოქსიდური მინერალები
VI	ქლორის მჟავა და ფტორწყალბადმჟავა	ლითონების სილიკატური ფორმები

სქემის შერჩევის დროს ვიხელმძღვანელებთ სამეცნიერო პუბლიკაციებით [20, 55, 56, 57, 63, 153, 154].

I, II და III ფრაქციები შეესაბამება ჰიდროგენულ, არამდგრად ნაერთებს, ხოლო IV, V და VI ფრაქციები ლითოგენურ, მდგრად ფორმებს.

საანალიზოდ აღებულია ფსკერული ნალექების ნიმუში 1 გ ოდენობით. ყოველ ეტაპზე შესაბამისი ექსტრაგენტით დამუშავების შემდეგ ხდებოდა ნიმუშების ცენტრიფუგირება, მიღებული ხსნარების ამოშრობა და რეაგენტების მოცილება, ნარჩენის გახსნა მარილმჟავაში და შევსება 25 მლ-მდე. საკვლევ ხსნარებში ლითონები განისაზღვრა ატომურ – აბსორბციული მეთოდით [58, 72, 115, 125].

3. კვლევის შედეგები

აღნიშნულ თავში მოცემულია საქართველოს სექტორში ზღვაში შემავალი 12 მდინარისა და პალიასტომის ტბის კომპლექსური კვლევის შედეგები. კვლევების მნიშვნელოვანი ნაწილი განხორციელდა 2008-2010 წლებში საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის გრანტის პროექტის “GNSF/ST07/5-206 შავი ზღვის საქართველოს სექტორის გეოქიმია და დამაბინძურებელი ნივთიერებების აკუმულაციის დინამიკის შესწავლა” ფარგლებში. საკვლევი მასალა აღებულია საველე-საექსპედიციო სამუშაოების 3 სერიის განმავლობაში. შესწავლილი მდინარეები მთავარ მდინარეებს წარმოადგენენ, პირდაპირ ერთვის ზღვას და მნიშვნელოვანი წყალშემკრები აუზები გააჩნიათ, რომლებიც გამორჩეული ფიზიკურ-გეოგრაფიული, ლითოლოგიური, ეკოლოგიური და ჰიდროლოგიური თავისებურებებით ხასიათდებიან. აქედან გამომდინარე, თითოეულ მათგანს ცალ-ცალკე ქვეთავი ეთმობა მასალის უკეთესად წარმოჩენის, აღქმისა და მიღებული შედეგების სწორი ინტერპრეტაციისათვის.

3.1. მდინარეების ჰიდროქიმიური, გეოქიმიური და ეკოლოგიური კვლევის შედეგები

3.1.1. მდ. ხობი

მდ. ხობი სათავეს იღებს კავკასიონის სამხრეთ ფერდზე, მისი სიგრძე 150 კმ-ია, მოედინება კოლხეთის დაბლობზე. ქვემო დინება კოლხეთის დაბლობის ტორფიან, ჭარბტენიან ტერიტორიას გამოივლის და ზღვას ერთვის სოფ. ყულევთან. მდ. ხობის ქვემო დინების ეკოსისტემა, რელიქტური ჭარბტენიანი ტერიტორიით და უნიკალური ფაუნით, კოლხეთის ეროვნული პარკის ნაწილს წარმოადგენს. 2007 წლიდან მდ. ხობის შესართავში ფუნქციონირებს ნავთობგადასატვირთი „შავი ზღვის ტერმინალი“ (Black Sea Terminal LLC) (სურ. 1.7.4.-1.7.5., სურ. 3.1.1.1.), დღეისათვის მისი საცავების საერთო მოცულობა 320 000 მ³-ს შეადგენს და შავ ზღვაზე ერთ-ერთ უმსხვილეს ტერმინალად ითვლება [161].

ნავთობტერმინალის მშენებლობასთან დაკავშირებით სოფელი ყულევი ამჟამად გადატანილია მდინარის შესართავიდან აღმა, 2 – 3 კმ მანძილზე.

მდ. ხობზე ნიმუშები აღებულია შესართავის მახლობლად, მარჯვენა ნაპირზე, ყულევის ნავთობგადასატვირთი ტერმინალის პირდაპირ. მდინარის სიგანე ნიმუშების

აღების ადგილას 200-250 მ შეადგენს. ჰიდროქიმიური პარამეტრების მიხედვით ჩანს, რომ მდინარე ზღვის წყლის ძლიერ გავლენას განიცდის. სავარაუდოდ ზღვის გავლენას ადგილი აქვს წყალმცირობის დროს, რაც დამოკიდებულია ერთის მხრივ, მდინარის წყლის ხარჯზე და მეორეს მხრივ, ზღვის დონის ცვალებადობაზე.

ცხრილი 3.1.1.1. მდ. ხობის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-1	RW-09-1	RW-10-1
ტემპერატურა, t°C	25.0	23.6	26.6
pH	7.70	7.9	8.44
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	8.2 (99)	8.5 (99)	8.3 (102)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	13.87	7.49	11.93
მინერალიზაცია, მგ/ლ	7740.00	4292.49	7122.24
სიმღვრივე, FTU	2.7	0	25.0
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	0.35	0	3.25
შეტივარებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	7.27	-	15.31
ნიმუშის აღების თარიღი	04.08.2008	10.06.2009	27.09.2010
დრო, სთ:წთ	11:45	16:50	14:00

2009 წლის ივნისში ზღვის წყლის გავლენა მდინარეზე 2008 და 2010 წლებთან შედარებით ნაკლებად იყო გამოხატული: ელექტროგამტარობა შეადგენდა 7.49 mS/სმ, მინერალიზაცია – 4,29 გ/ლ-ს. 2008 და 2010 წლებში კი მინერალიზაცია 7 გ/ლ-ს აჭარბებდა. გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია, გაჯერება 99-102%-ს შეადგენს (ცხრილი 3.1.1.1.). სიმღვრივე თითქმის არ აღინიშნება. ძირითადი იონების შემცველობის ანალიზის შედეგებიდან (ცხრილი 3.1.1.2) ჩანს, რომ შესართავის ზონაში მდინარის წყალი ზღვის წყლის ზეგავლენის გამო, ნატრიუმიან-კლორიდული ტიპისაა.

ცხრილი 3.1.1.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. ხობის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-09-1	112.2	2410	74.0	154.8	1309	66	240	4367
RW-10-1	158.6	3800	120.0	266.4	2178	127	472	7122

აღსანიშნავია, რომ საქართველოს სანაპირო ზონაში წყალმცირობის პერიოდში ზღვის წყალი ზოგიერთი მდინარის კალაპოტში აღწევს. ეს მდინარეებია: ხობი, რიონი, მალთაყვა, ნატანები. განვიხილოთ მდ. ხობის ჰიდროსისტემაზე ზღვის წყლის გავლენა. ამის შესახებ მონაცემები ჩვენს მიერ მოძიებული იქნა საქართველოს სახელმწიფო

წყლის კადასტრიდან [99]. შედეგების გაანალიზებისას ჩანს, რომ ზღვის წყლის შეღწევის ხარისხს მდინარის კალაპოტში სეზონური ხასიათი აქვს და დამოკიდებულია ნალექიანობაზე და მდინარის წყლის ხარჯზე. წლის ზამთრისა და ზაფხულის წყალმცირობის შემთხვევაში მდინარის წყლის ქლორიანობა და შესაბამისად, მარილიანობა მკვეთრად იმატებს. წყალუხვობის პერიოდში მარილიანობა დაბალია, თუმცა კოლხეთის დაბლობის სხვა მდინარეებთან შედარებით მაინც მომატებულია (ცხრილი 3.1.1.4).

გარდა ლოკალური ზემოქმედებისა, ჰიდროსისტემებზე მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს გლობალური ცვლილებები, რასაც ადგილი აქვს უკანასკნელ ათწლეულებში. როგორც აღმოჩნდა, 2010 წლის ზაფხული საქართველოში ყველაზე ცხელი იყო უკანასკნელი 50 წლის განმავლობაში, რაც დადასტურებულია საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიური დეპარტამენტის ანგარიშში [158]. აშშ-ს კოსმოსური სააგენტოს NASA-ს მონაცემების თანახმად, 2010 წლის ზაფხულში აღმოსავლეთ ევროპაში ანომალურად მაღალი ტემპერატურა დაფიქსირდა [159, 160]. აღნიშნული ანომალიები მნიშვნელოვნად ცვლიან მდინარეების ჰიდროლოგიურ და მინერალოგიურ მახასიათებლებს.

მდ. ხობზე ზღვის წყლის გავლენის მასშტაბების დასადგენად ავაგეთ მარილიანობის პროფილი. შესართავიდან 1, 2 და 3 კმ მანძილზე გავზომეთ წყლის ელექტროგამტარობა. შედეგები უჩვენებს, რომ შესართავიდან 2 კილომეტრზე ზღვის წყლის გავლენა ჯერ კიდევ ძლიერია (ცხრილი 3.1.1.3).

ცხრილი 3.1.1.3. მდ. ხობის მარილიანობის პროფილი, 27.09.2010.

მანძილი შესართავიდან, კმ	0	0.1	0.5	2.0
ელექტროგამტარობა, mS/სმ	11.93	11.65	4.08	2.02

საქართველოს წყლის სახელმწიფო კადასტრიდან მოპოვებული 1986 წლის მონაცემები მდ. ხობის წყლის ელექტროგამტარობისა და ქლორიდ-იონების შემცველობის შესახებ მოყვანილია ცხრილში 3.1.1.4. ლიტერატურულ წყაროში ელ.გამტარობის მაჩვენებელი მოცემული იყო S/სმ-ში, ჩვენს შედეგებთან შედარების გაადვილების მიზნით ცხრილის მომდევნო გრაფაში იგივე მონაცემები გადაყვანილია mS/სმ-ებში.

ცხრილი 3.1.1.4. მდ. ხობის წყალში ქლორიდის შემცველობისა და ელექტროგამტარობის
მაჩვენებლები, 1986 წ. [98]

თარიღი	Cl მგ/ლ	S/სმ	mS/სმ
28.01.1986	891.5	0.00560	5.60
03.03.1986	863.5	0.00480	4.80
07.04.1986	163.1	0.00064	0.64
13.05.1986	15.0	0.00030	0.30
09.06.1986	70.9	0.00054	0.54
03.09.1986	2089	0.01060	10.60
03.11.1986	1303	0.00420	4.20

როგორც ჩანს, მინიმალური მარილიანობა აღინიშნებოდა აპრილიდან ივნისამდე, გაზაფხულსა და შემოდგომაზე კი მარილიანობა მკვეთრად იმატებს. გამოდის, რომ ზღვის წყლის შეღწევა მდინარის კალაპოტში სეზონურ ხასიათს ატარებს. განსაკუთებით წყლის მაღალი მარილიანობა აღინიშნება სექტემბრის თვეში. აშკარაა, რომ ზღვის წყლის გავლენა ძლიერდება ზაფხულისა და ზამთრის წყალმცირობის პერიოდში. ყველაზე ნაკლებია აპრილიდან ივნისამდე, წყალუხვობის და მაღალი ნალექიანობის დროს. ჩვენს მიერ ჰიდროქიმიური გამოკვლევები ტარდებოდა აგვისტოსა და სექტემბრის თვეებში და ფაქტიურად ემთხვევა კადასტრის მონაცემებს. ვინაიდან ჩვენ არ ჩაგვიტარებია გაზომვები წყალუხვობის პერიოდში, ვერ შევძლებთ დავადგინოთ, რამდენად ინტენსიური გახდა ზღვის წყლის შეღწევა მდინარის კალაპოტში მისი ნაპირების უკან დახევისა და შესართავთან კალაპოტის გაფართოვების შემდეგ.

მდ. ხობის ფსკერული ნატანი წარმოდგენილია ქვიშებით. აშკარად შეიმჩნევა შესართავის ჩრდილოეთი პერიფერიიდან ზღვის დინებების მიერ კალაპოტში გადმოტანილი კენჭოვანი ნატანი, რომელიც მდ. ენგურის ტერიგენულ მასალას განეკუთვნება. აღნიშნული მასალა სანაპიროს ამ მონაკვეთში ჩრდილოეთიდან სამხრეთით მიმართული ნალექგადაადგილების შედეგად მდ. ხობის კალაპოტში ხვდება. გრანულომეტრიული ანალიზის შედეგების მიხედვით, მდ. ხობის ტერიგენული მასალის ძირითადი ნაწილი 0.5 – 0.2 მმ ზომის მარცვლებისაგან შედგება (82.37%). ფაქტიურად არ აღინიშნება დაბალი ფრაქციების შემცველობა: 0.1 მმ-ზე უფრო წვრილი მასალის შემცველობა 1%-ზე ნაკლებია (ცხრილი 3.1.1.5), ხოლო მსხვილი

ფრაქციის შემცველობა (> 2 მმ) ნატურალური ნალექების, ანუ საწყისი ნიმუშის 18.81%-ს შეადგენს.

ცხრილი 3.1.1.5. მდ. ხობის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-1	2.66	12.51	80.37	3.66	0.72	0.08

ლითონების ანალიზის შედეგებიდან (ცხრილი 3.1.1.6.) ჩანს, რომ ძალიან დაბალია Ni, Cu, Zn, Cr, Fe და საკმაოდ მაღალია Al შემცველობა. ეს ვულკანოგენური მჟავე ქანების კლასტური მასალის არსებობით აიხსნება რომელიც, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, განეკუთვნება მდ. ენგურის ტერიგენულ მასალას. ლიტერატურის მონაცემებით მდ. ენგურის ფსკერულ ნალექებში Al შემცველობა 8.9%-ს, ხოლო Fe - 3.7%-ს შეადგენს [148].

ცხრილი 3.1.1.6. ლითონების შემცველობა მდ. ხობის ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	Co, %
RB-08-1	20	15	50	7.2	70.0	3.00	0.050	6.35	0.20
RB-09-1	45	20	105	6.0	64.5	3.05	0.055	6.07	0.18
RB-10-1	40	10	55	6.2	73.5	3.32	0.054	-	-

ფსკერულ ნალექებში ორგანული ნახშირბადის დაბალი შემცველობა თიხა ფრაქციების დაბალი შემცველობით აიხსნება (ცხრილი 3.1.1.5 და 3.1.1.6).

ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების კვლევის შედეგებიდან ჩანს, რომ 2008 წელს მდინარის წყალში მათი შემცველობა აღინიშნებოდა მეთოდის განსაზღვრის ზღვარზე (0.04 მგ/ლ) ნაკლები. 2009 და 2010 წლებში კი ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას თითქმის 3-ჯერ აჭარბებდა. ნავთობის ნახშირწყალბადების მომატებული შემცველობა აღინიშნა ასევე ფსკერულ ნალექებშიც (ცხრილი 3.1.1.7.).

ცხრილი 3.1.1.7. ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა მდ. ხობის წყალში და ფსკერულ ნალექებში

ნიმუშის დასახელება	ზ.დ.კ.	2008.08	2009.06	2010.09
წყალი, მგ/ლ	0.3	< 0.04	0.90	0.73
ფსკერული ნალექები, მგ/კგ	-	2.1	153.1	86.0

2009 წლის შემდეგ ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობის მომატება შესაძლოა უკავშირდებოდეს 2009 წლის თებერვალში მომხდარ კატასტროფას, რომელსაც მსხვერპლიც კი მოჰყვა: უკრაინული ფსკერსახაპი “სკადოვსკი”, რომელიც შესართავის მახლობლად ფსკერდასაღრმავებელ სამუშაოებს აწარმოებდა, ძლიერი შტორმის დროს ჩაიძირა, მისი ავზებიდან სავარაუდოდ ადგილი ჰქონდა საწვავის გაჟონვას. აღნიშნული მცურავი საშუალება დღემდე იგივე მდგომარეობაში იმყოფება (სურ. 3.1.1.2.).

გარდა ნავთობპროდუქტებით დაბინძურებისა, სერიოზულ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს მდინარის ნაპირების ეროზია, რაც ვიზუალური დაკვირვებითაც აშკარად ჩანს. შესართავის მახლობლად სპეციალური გემების გამოყენებით მუდმივად მიმდინარეობს ფსკერის დაღრმავების სამუშაოები, რაც იწვევს მდინარის კალაპოტის გაფართოვებას, მდინარის მარჯვენა ნაპირის ჩრდილოეთით წაწევის ხარჯზე. Google map-ის სატელიტურ სურათზეც (სურ. 1.7.4.) კარგად ჩანს საკმაოდ ღრმად შეჭრილი მარჯვენა ნაპირი. ტერმინალის ფუნქციონირებისათვის საჭირო ჰიდროტექნიკურმა სამუშაოებმა მნიშვნელოვნად შეცვალა მყარი ნატანის ბალანსი შესართავის ზონაში და აქედან გამომდინარე, ნაპირების მორფოლოგია. მდ. ხობისწყლის შესართავის ჩრდილოეთით მდებარე სანაპიროს 1-კილომეტრიანი მონაკვეთი განიცდის წარეცხვას. დაწყებულია არსებული ძველი ნაპირგასწვრივი ზვინულის წარეცხვის პროცესიც (სურ. 3.1.1.3.). ალაგ-ალაგ აღინიშნება შემორჩენილი ქვიშიანი პლაჟის ფრაგმენტები. უკანასკნელი ზვინულის წარეცხვას შედეგად მოჰყვება ზღვის ინგრესია ახლომდებარე ჭურთხას რელიქტურ ჭაობებში, რაც რისკის ქვეშ აყენებს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ჭარბტენიანი ეკოსისტემის არსებობას. ამ შემთხვევაში მთლიანად შეიცვლება რეგიონის ეკოლოგიური მდგრადობა. დღეისათვის შესართავის მახლობლად გაფართოვდა მდინარის კალაპოტი, ნაპირმა ჩრდილოეთით გადაინაცვლა. შემდგომში ნეგატიური პროცესების თავიდან ასაცილებლად საჭირო იქნება გარკვეული ნაპირდაცვითი სამუშაოების ჩატარება.

კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური პრობლემაა მდინარის კალაპოტის დაბინძურება მყარი ნარჩენებით (სურ.3.1.1.4.). როგორც ჩანს, მდინარის აუზში ადგილი აქვს ურბანულ დაბინძურებას. დიდი რაოდენობით საყოფაცხოვრებო ნარჩენები მოჰყვება მდინარეს ზემო წელიდან. ასევე გამორიცხული არ არის პლაჟზე ზღვიდან გამორიყული მყარი ნარჩენების მდინარეში შეტანა. როგორც აღვნიშნეთ, ზღვა

ინტენსიურად იჭრება მდინარეში და სანაპირო წყლებიდან შესაძლოა ნარჩენები მდინარეში ხვდებოდეს. ასევე შესაძლებელია, რომ ნარჩენების წყარო თავად ტერმინალიც იყოს, ვინაიდან ეს საკმაოდ დიდი საწარმო ობიექტი და ამასთანავე მსხვილი ნავსადგურია, სადაც ბევრი ადამიანია დასაქმებული.

დასკვნის სახით შეიძლება ითქვას, რომ მდ. ხობის შესართავში ერთდროულად რამდენიმე ეკოლოგიური პრობლემა აღინიშნა: მათგან ყველაზე სერიოზული პრობლემა ნაპირების ეროზიას უკავშირდება. შემარბილებელი ღონისძიებების გარეშე, რისკის ქვეშ არის ჭარბტენიანი ტერიტორიის ეკოსისტემები. მდინარის კალაპოტის გაფართოვების გამო ზღვის წყლის სულ უფრო ინტენსიური შეჭრა მნიშვნელოვნად შეცვლის მდინარეში თევზთა სახეობრივ შედგენილობას. აგრეთვე, არანაკლებ მნიშვნელოვანია ნავთობტერმინალის ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული ნავთობპროდუქტებით გარემოს დაბინძურების რისკი. ამასთან ერთად, როგორც ვნახეთ, სახეზეა მყარი ნარჩენები, რომლებშიც ჭარბობს პლასტმასის საგნები. ეს უკანასკნელი არაწერტილოვანი დაბინძურებების ტიპს განეკუთვნება და ძნელია მის წყაროებზე საუბარი, განსხვავებით ზემოთჩამოთვლილი დანარჩენი პრობლემებისაგან, რომელთა რისკ-ფაქტორი ნავთობტერმინალის ოპერირება და მისი ინფრასტრუქტურისათვის აუცილებელი სამუშაოებია.

3.1.2. მდ. რიონი

მდ. რიონი დასავლეთ საქართველოს უდიდესი მდინარეა. იგი სათავეს იღებს სამხრეთ კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში, მისი სიგრძე 327 კმ-ია. მდ. რიონზე ნიმუშები აღებულია შესართავიდან ზევით, ყულევი-ფოთის სარკინიგზო ხაზის მახლობლად, მდინარის მარცხენა ნაპირზე. მდინარეს მდორე დინება და შედარებით მაღალი სიმღვრივე ახასიათებს: შეტივნარებული ნაწილაკების შემცველობა 295 მგ/ლ-მდეა.

ცხრილი 3.1.2.1. მდ. რიონის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-2	RW-09-2	RW-10-2
ტემპერატურა, °C	23.3	23.0	26.6
pH	7.90	8.00	7.01
გაზსანილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება. %)	7.8 (73)	7.9 (92)	6.3 (78)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.226	0.211	0.528
მინერალიზაცია, მგ/ლ	195.0	210.9	418.2
შეტივწარებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	278	295	255
ნიმუშის აღების თარიღი	04.08.2008	13.06.2009	27.09.2010
დრო, სთ:წთ	14:00	14:30	15:30

2008 და 2009 წლებში, საკვლევ პერიოდში, წყლის მინერალიზაცია თითქმის სტაბილურია - საშუალოდ 200 მგ/ლ. 2010 წელს კი აღინიშნება მინერალიზაციის თითქმის ორჯერ მომატება - 400 მგ/ლ-ზე მეტი. ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია 6–8 მგ/ლ, გაჯერება 73 – 92% (ცხრილი 3.1.2.1.). ძირითადი იონების შემცველობის მიხედვით წყალი კალციუმიან-ჰიდროკარბონატული ტიპისაა (ცხრილი 3.1.2.2.).

ცხრილი 3.1.2.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. რიონის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-2	111.0	7.1	28.4	9.4	4.5	10.8	24.0	195.2
RW-09-2	103.7	8.9	30.0	6.0	3.2	0.7	14.4	166.9
RW-10-2	158.6	100.7	50.0	14.4	51.7	2.9	40.0	418.3

ლიტერატურულ მონაცემებთან [62, 148] ჩვენს მიერ მიღებული შედეგების შედარება გვიჩვენებს, რომ 2008 და 2009 წლის მონაცემები სრულ თანხვედრაშია, ხოლო 2010 წელს მიღებული შედეგების მიხედვით, მკვეთრად მომატებულია Na⁺ და Cl⁻ შემცველობა. 2010 წელს წყლის მინერალიზაციამ მოიმატა უკიდურესი წყალმცირობის დროს. ჩვეულებრივ პირობებში წყლის დიდი ხარჯის გამო, მდ. რიონის მაკროქიმიური შედგენილობა მნიშვნელოვან ფლუქტუაციებს არ განიცდის, იშვიათი გამონაკლისის გარდა.

მდ. რიონის ფსკერული ნატანი წვრილმარცვლოვან ქვიშებს და ლამებს წარმოადგენს. ქვემო დინებაში ფსკერულ ნატანში 2 მმ-ზე უფრო მსხვილი მასალა არ შეინიშნება. 0.1 მმ-ზე ნაკლები ზომის ნაწილაკების შემცველობა 80%-ს აღწევს (ცხრილი 3.1.2.3.).

ცხრილი 3.1.2.3. მდ. რიონის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-2	0	4.67	15.70	2.15	37.19	40.29

მდ. რიონის ფსკერული ნალექების შემადგენლობის ფორმირებაში მონაწილეობს ქანების დენუდაციის პროდუქტები. სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების გამოფიტვის პროდუქტები, რომლითაც მდიდარია მდ. რიონის აუზი, რეგიონში არსებული სამთო-მომპოვებელი და სამთო-ქიმიური წარმოების ნარჩენები, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ფსკერული ნალექების ქიმიურ შემადგენლობაზე [47, 106, 107].

ფსკერული ნალექების ანალიზის შედეგებიდან (ცხრილი 3.1.2.4.) ჩანს, რომ Ni, Cu, Zn, Fe, Al შემცველობა თითქმის კლარკის ტოლია, რაც ფაქტიურად კოლხეთის დაბლობის ნიადაგური საფარის შედგენილობის ანალოგიურია. Mn შემცველობა მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებში 0.2%-ს აღწევს, რაც ჩვენს მიერ სხვადასხვა წლებში ჩატარებული გამოკვლევების შედეგების მიხედვით დასტურდება [1, 3, 4] (ცხრილი 3.1.2.6.).

ცხრილი 3.1.2.4. ლითონების შემცველობა მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	Co, %
RB-08-2	35	30	75	10.8	88.5	3.45	0.185	2.53	1.26
RB-09-2	65	40	105	13.0	75.5	3.80	0.150	6.35	1.22
RB-10-2	70	39	87.5	13.8	93.0	4.33	0.190	-	-

დარიშხანის შემცველობა მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებში 10-13 მგ/კგ-ს შეადგენს (ცხრილი 3.1.2.4.). შეტივნარებულ ნატანში კი As შემცველობა ორჯერ მეტია, ვიდრე ფსკერულ ნალექებში (ცხრილი 3.1.2.5.). ვინაიდან დარიშხანი რეალგარი - აურიპიგმენტის ფორმით არის წარმოდგენილი თავად დარიშხანის მადნებში, ისინი მსუბუქი მინერალებია და ტივტივა ნატანის ფორმით მიგრირებენ. ამით აიხსნება ტივტივა ნატანის მეტად გამდიდრება დარიშხანით.

ცხრილი 3.1.2.5. ლითონების შემცველობა მდ. რიონის შეტივანარებულ ნატანში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %
RS-08-2	62.5	37.5	113.0	20.0	113.7	4.55	0.137	2.53
RS-09-2	30.0	50.0	160.0	18.0	-	1.80	0.036	3.68
RS-10-2	57.0	37.5	283.7	20.6	126.0	4.50	0.293	-

გ. სუპატაშვილის მონაცემებით მდ. რიონის მყარ ნატანში As შემცველობა 12-დან 140 მგ/კგ ფარგლებში მერყეობს [148]. მდ. რიონის შეტივანარებულ ნივთიერებებში, ფსკერულ ნალექებთან შედარებით, უმნიშვნელოდ არის მომატებული Ni, Cu, Zn, Fe შემცველობა, თუმცა შემცირებულია Mn შემცველობა, რაც ამ ელემენტის მძიმე ფრაქციებთან, ანუ მადნის კომპონენტებთან კავშირზე მიუთითებს [106].

ჩვენს მიერ სხვადასხვა წლებში ჩატარებული კვლევების შედეგების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებში ლითონების შემცველობა პრაქტიკულად სტაბილურია, გამონაკლისია მხოლოდ Zn (ცხრილი 3.1.2.6.), რომელსაც ახასიათებს კონცენტრაციის ფართო დიაპაზონი. როგორც ცნობილია, თუთია საყოფაცხოვრებო დაბინძურების ერთ-ერთი ინდიკატორია, ამავე დროს თუთია მანგანუმის მადნების თანმხლები ელემენტია. მას ახასიათებს მიგრაციის მაღალი უნარი, რითაც შეიძლება აიხსნას მისი შემცველობის ფართო დიაპაზონი.

ცხრილი 3.1.2.6. ლითონების შემცველობა მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებში

წ/წ.	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %
1993	50	30	90	-	80	3.80	0.19
1999	45	20	200	-	44	3.21	0.16
2007	-	22	81	7.7	-	3.59	0.23
2008	35	30	75	10.8	108	3.45	0.19
2009	65	40	105	13.0	-	3.80	0.15
2010	57	37	283	13.8	126	4.59	0.29

მდ. რიონის წყალში ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა 2008 წელს არ აღინიშნა, 2009 და 2010 წლებში კი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ზღვარზეა. ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებში შეადგენს 4.5 – 11.7 მგ/კგ (3.1.2.7.).

ცხრილი 3.1.2.7. ნავთობპროდუქტების შემცველობა მდ. რიონის წყალში და ფსკერულ ნალექებში

ნიმუშის დასახელება	ზ.დ.კ.	2008.08	2009.06	2010.09
წყალი, მგ/ლ	0.3	< 0.04	0.26	0.33
ფსკერული ნალექები, მგ/კგ	-	7.5	11.7	4.5

2007 წლის მდ. რიონის ფსკერული ნალექების კვლევების შედეგებიდან (ცხრილი 3.1.2.8.) ჩანს, რომ მდინარის კალაპოტის ფსკერულ ნალექებში ნავთობის ნახშირწყალბადები არათანაბრად არის გადანაწილებული და მათი შემცველობა 0-დან 200 მგ/კგ ფარგლებში მერყეობს.

ცხრილი 3.1.2.8. ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების (TPH) შემცველობა მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებში, მგ/კგ, 2007 წ.

№	1	2	3	4	5	6	7
TPH	< 2.5	221.9	< 2.5	12.7	5.6	38.3	< 2.5

მდ. რიონის აუზი საქართველოში ერთ-ერთი უდიდესი მდინარეული სისტემაა, რომელიც კავკასიონის მაღალმთიანი ზონიდან კოლხეთის დაბლობის ჩათვლით ვრცელდება. რეგიონი მდიდარია სასარგებლო წიაღისეული საბადოებით და წარსულშიც და ამჟამადაც მოქმედებს რამდენიმე სამთო-გადამამუშავებელი წარმოება. მიღებული შედეგები და ლიტერატურულ მონაცემებთან მათი შედარება გვიჩვენებს, რომ მდინარის ჰიდროქიმიური მახასიათებლები საკმაოდ სტაბილურია, ასევე არ განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებებს ფსკერული ნალექების შემადგენლობაც. სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისა და გადამამუშავების ზეგავლენა მყარ ნატანზე მდინარის ქვემოწელში მნიშვნელოვანი არ არის, ვინაიდან ნატანის დიდი მოცულობების გამო ადგილი აქვს განზავების ეფექტს. შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ეკოლოგიური თვალსაზრისით მდინარის ქვემოწელი კეთილსაიმედოა.

3.1.3. პალიასტომის ტბა

პალიასტომის ტბა მდებარეობს კოლხეთის დაბლობის ჭარბტენიანი ტერიტორიის ცენტრალურ ნაწილში და უნიკალურ წყალსაცავს წარმოადგენს. პალიასტომი საკმაოდ დიდი ტბაა, ზედაპირის ფართობი შეადგენს 18.2 კმ².

მაქსიმალური სიღრმე 3.2 მ, ხოლო საშუალო – 2.6 მ-ია. მასში შეედინება რამდენიმე მცირე მდინარე და გამოედინება მდ. კაპარჭინა. ტბა მდებარეობს ზღვის ნაპირთან ახლოს და მას ზღვასთან მდ. მალთაყვა აკავშირებს.

1924 წლამდე პალიასტომის ტბა წარმოადგენდა მტკნარ წყალსატევს, ატმოსფერული ნალექებით კვების რეჟიმით, მტკნარი წყლის მიკრო- და მაკროფაუნითა და ფლორით. არხის გაყვანის შემდეგ, შტორმული ზემოქმედების შედეგად მოხდა მისი გაფართოვება და ამჟამად ზღვის წყალი თითქმის დაუბრკოლებლად აღწევს ტბაში.

წყლის გამლაშებამ გამოიწვია ტბის უნიკალური ფაუნისა და ფლორის სახეობრივი შედგენილობის სერიოზული ცვლილებები. მიუხედავად ამისა, ტბა და მისი შემოგარენი უნიკალურ ეკოსისტემას წარმოადგენს, კოლხეთის ეროვნული პარკის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილი და ტურისტული ობიექტია.

ცხრილი 3.1.3.1. პალიასტომის ტბის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-13	RW-09-13	RW-10-13
ტემპერატურა, °C	24.6	27.5	27.2
pH	7.64	7.90	7.70
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	5.2 (62)	9.0 (113)	9.2 (115)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	8.75	12.65	8.10
მინერალიზაცია, მგ/ლ	4973.0	7314.3	4900.5
სიმღვრივე, FTU	4.91	0.7	5.3
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	0.64	0.09	0.7
ნიმუშის აღების თარიღი	05.08.2008	11.06.2009	28.09.2010
დრო, სთ:წთ	17:40	11:30	15:00

როგორც შედეგებიდან ჩანს (ცხრილი 3.1.3.1.), პალიასტომის ტბის წყლის მინერალიზაცია 5 – 7 გ/ლ ფარგლებში მერყეობს. 2008 წლის აგვისტოში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა 5.2 მგ/ლ-ს შეადგენდა (გაჯერება 62 %), რაც საკმაოდ დაბალი მაჩვენებელია და ევტროფიკაციაზე მიუთითებს [69]. გაზომვები ჩატარდა ნაპირთან ახლოს და ჰიპოქსია აიხსნება წყლის შენელებული მიმოცვლით, ტბის ღია ნაწილებისაგან განსხვავებით. მომდევნო წლების შედეგების მიხედვით გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა 9 მგ/ლ-ს უდრიდა, ხოლო გაჯერება 113 და 115 %-ს. ამ შემთხვევაში გახსნილი ჟანგბადის მაღალი შემცველობა ბიომასის ვეგეტაციის შედეგად ფოტოსინთეზით უნდა იყოს გამოწვეული. ძირითადი იონების ანალიზის შედეგებიდან (ცხრილი 3.1.3.2.) ჩანს, რომ წყალი ნატრიუმიან-ქლორიდული ტიპისაა.

ცხრილი 3.1.3.2. ძირითადი იონების შემცველობა პალიასტომის ტბის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-13	123.2	2698	80	162	1500	67.5	336	4967
RW-09-13	186.7	4408	120	288	2200	88.0	240	7530
RW-10-13	119.5	2623	78	189	1507	55.0	328	4900

ტბის ნაპირთან ძალიან ახლოს ამოდის წყარო, რომელიც კაპიტალურად არის დაკაპტაჟებული. წყალს აქვს მკვეთრად გამოხატული გოგირდწყალბადის სუნი, ამასთანავე შეიმჩნევა წყლიდან გამოყოფილი რკინის ოქსიდის ფენა (სურ. 3.1.3.1.). ძირითადი იონების შემცველობიდან გამომდინარე, წყაროს არც პალიასტომთან და არც ზღვასთან კავშირი არ აქვს: წყალი მტკნარია, მინერალიზაცია 500 მგ/ლ-მდეა და ძირითადი იონების შემცველობის მიხედვით ნატრიუმიან – ჰიდროკარბონატული ტიპისაა (ცხრილი 3.1.3.3.).

ცხრილი 3.1.3.3. წყაროს წყლის ძირითადი იონების შემცველობა, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-14	294.0	38.3	22.4	4.8	112.5	3.4	20.2	495.6

ადგილობრივი მოსახლეობა მრავალი წელია ამ წყაროს წყალს სასმელად იყენებს და მას სამკურნალო თვისებებს მიაწერს. წყაროს არსებობა ტბასა და ზღვას შორის, რომელსაც არა აქვს გენეტური კავშირი არცერთ მათგანთან, ჰიდროგეოლოგიური თვალსაზრისით ძალიან საინტერესოა.

პალიასტომის ტბის ფსკერული ნალექები ძალიან წმინდა ლამებით არის წარმოდგენილი. ისინი შავი ფერისაა, ე.წ. „მგლესავი ჰუმუსით“ არის გამდიდრებული, რაც დიდი რაოდენობით ორგანული მასის წყლის ქვეშ ნაწილობრივი მინერალიზების შედეგია (სურ. 3.1.3.2.). ფსკერული ნალექების ანალიზის შედეგებიდან (ცხრილი 3.1.3.4.) ჩანს, რომ ელემენტების შემცველობა კოლხეთის დაბლობის ადგილობრივ ფონს შეესაბამება.

ცხრილი 3.1.3.4. ლითონების შემცველობა პალიასტომის ტბის ფსკერულ ნალექებში.

რეგისტრ. №	Fe, %	Mn, %	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Al, %	C _{ორგ} , %
RW-09-13	4.70	0.105	65	70	165	9.8	84.0	6.99	3.64
RW-10-13	5.45	0.088	70	20	82.5	5.0	231.5	-	-

პალიასტომი საკმაოდ ფართო წყალსატევია. ტბა და მასში შემავალი მდინარეები ცოცხალი სამყაროს მრავალფეროვნებით გამოირჩევა. თბილი და ნოტიო კლიმატის გამო მიმდინარეობს დიდი რაოდენობით ბიომასის მინერალიზება, რაც თავის კვალს ტოვებს ფსკერული ნალექების შედგენილობაზე. ორგანული მასის წყლის ქვეშ ნაწილობრივი მინერალიზების შედეგად ორგანული ნახშირბადის შემცველობა 3.64 %-ია. ამავე მიზეზით მომატებულია თუთიის შემცველობაც. მონაცემებს შორის მნიშვნელოვანი ფლუქტუაცია ადასტურებს ფსკერული ნალექების არაერთგვაროვან ბუნებას.

პალიასტომის ტბის წყალში ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა მეთოდის განსაზღვრის ზღვარზე - 0.04 მგ/ლ ნაკლებია, ხოლო ფსკერულ ნალექში დაფიქსირდა მცირე რაოდენობით - 7.0 მგ/კგ.

დასკვნის სახით შეიძლება ვთქვათ, რომ პალიასტომის ტბის ნაპირებზე შეინიშნება ევტროფიკაცია, თუმცა ამის დაზუსტება სხვა კვლევების ჩატარებას მოითხოვს. სხვა თვალსაზრისით ეკოლოგიური მდგომარეობა სრულიად დამაკმაყოფილებელია.

3.1.4. მდ. მალთაყვა

მდ. მალთაყვა პალიასტომის ტბას აკავშირებს ზღვასთან. მისი სიგრძე 1.5 კმ-ს შეადგენს, თუმცა საკმაოდ განიერია (200 მ-დან 300 მ-მდე) და მდორე დინება აქვს. ეს სწორედ ის არხია, რომელიც აიგო პალიასტომის ტბისა და ზღვის დასაკავშირებლად 1924 წელს. როგორც მონაცემებიდან ჩანს (ცხრილი 3.1.4.1), წყლის ტემპერატურა საველე სამუშაოების პერიოდში 25°C-ს აღემატებოდა, მდინარე ხასიათდება მცირე სიმღვრივით.

ცხრილი 3.1.4.1. მდ. მალთაყვას ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-5	RW-09-5	RW-10-5
ტემპერატურა, t°C	25.5	27.8	27.0
pH	8.49	7.7	8.38
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	11.0 (133)	9.0 (114)	9.6 (120)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	8.53	14.13	7.70
მინერალიზაცია, მგ/ლ	4940.0	8734.1	4172.0
სიმღვრივე, FTU	10.27	11.6	46.9
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	1.34	1.5	6.10
შეტივანარებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	3.5	8.69	-

ნიმუშის აღების თარიღი	05.08.2008	11.06.2009	28.09.2010
დრო, სთ:წთ	17:40	12:20	14:20

თუ შევადარებთ პალიასტომისა და მდ. მალთაყვას ჰიდროქიმიურ მახასიათებლებს (ცხრილები 3.1.3.1 და 3.1.4.1) დავინახავთ, რომ ორივე განიცდის ზღვის წყლის გავლენას. აქედან გამომდინარე, მსგავსია ძირითადი იონების შემცველობაც და წყლის ტიპიც. თუმცა, ტბის წყლის სიმღვრივე შედარებით დაბალია, ვიდრე მდინარის. ასევე განსხვავდება ჟანგბადის შემცველობაც. 2008 წლის აგვისტოში აღინიშნა გახსნილი ჟანგბადის ანომალურად მაღალი შემცველობა - 11.0 მგ/ლ, გაჯერება 133 %, რაც გამოწვეულია წყალმცენარეების ინტენსიური განვითარებით და ფოტოსინთეზის შედეგად გამოყოფილი ჟანგბადით. 2009 წლის ივნისში და 2010 წლის სექტემბერში მკვეთრად მაღალი მარილიანობის ფონზე გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია – 9.0 და 9.6 მგ/ლ, თუმცა მოცემულ ტემპერატურაზე გაჯერება 114 და 120 %-ს. აქედან გამომდინარე, მდ. მალთაყვაზე, ისევე როგორც პალიასტომის ტბაზე, ადგილი აქვს ევტროფიკაციას. ამ ეკოლოგიური პრობლემის იდენტიფიცირებისათვის ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები საკმარისი არ იქნება, რადგან ევტროფიკაციის დასადგენად შესაბამისი კვლევების ჩატარებაა საჭირო, რაც კვლევით გეგმაში არ შედიოდა.

პალიასტომი-მალთაყვას ჰიდროსისტემაზე ზღვის გავლენის განსხვავებული ინტენსივობა განპირობებულია ზღვის დონის რყევადობით და ტბაში მტკნარი წყლის ნაკადის მოცულობების ცვალებადობით. ტბის მტკნარი წყლით საზრდოობა განპირობებულია ატმოსფერული ნალექებით და მასში შემავალი მდინარეებით, რაც ტენიანი სუბტროპიკული ჰავის გათვალისწინებით საკმაოდ მნიშვნელოვანია.

ცხრილი 3.1.4.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. მალთაყვას წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-5	151.3	2769	72	170.4	1500	60	216	4939
RW-09-5	181.8	4821	132	326.4	2640	105	528	8734
RW-10-5	141.5	2368	74	170.4	1067	55	296	4172

მდ. მალთაყვას ფსკერული ნატანი წარმოდგენილია ქვიშებითა და წვრილკენჭოვანი მასალით. 2 მმ-ზე უფრო მსხვილი მასალის შემცველობა ნატურალური ნალექის, ანუ საწყისი ნიმუშის 16.7 %-ს შეადგენს. თუ გავითვალისწინებთ ზღვის წყლის გავლენას მდ. მალთაყვაზე, ეს მასალა მდინარის

კალაპოტში ზღვიდან უნდა იყოს შემოტანილი. ფსკერული ნალექების ძირითად ნაწილს შეადგენს 0.5-0.2 მმ ნაწილაკები, მათი შემცველობა 62 %-ს აღწევს (ცხრილი 3.1.4.3.).

ცხრილი 3.1.4.3. მდ. მალთაყვას ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-5	0.32	0.95	61.88	12.38	15.71	8.77

ფსკერული ნალექების ანალიზის შედეგებიდან ჩანს, რომ ლითონების შემცველობა ფართო ზღვრებში მერყეობს: Fe – 6-11%, Zn – 95-155 მგ/კგ. ასევე, As – 6.4 – 8.4 მგ/კგ (ცხრილი 3.1.4.4.). თუ შევადარებთ მდ. მალთაყვასა და პალიასტომის ტბის ფსკერულ ნალექებს ჩანს, რომ ტბის ნალექებში შედარებით ნაკლებია მანგანუმისა და რკინის შემცველობა და მეტია სპილენძის, თუთიის, დარიშხანისა და ალუმინის შემცველობა.

ცხრილი 3.1.4.4. ლითონების შემცველობა მდ. მალთაყვას ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Al, %	Mn, %	Fe, %	C _{ორგ} , %
RB-08-5	55	20	155	8.4	245.0	2.76	0.165	11.40	0.31
RB-09-5	60	25	95	6.4	145.5	4.51	0.120	6.25	0.23
RB-10-5	65	16	120	9.2	84.0	-	0.089	4.12	-

რაც შეეხება შეტივნარებულ ნივთიერებებს (ცხრილი 3.1.4.5.) ჩანს, რომ ფსკერულ ნალექებთან შედარებით იგი მდიდრდება მანგანუმით. აღსანიშნავია, რომ ამ ელემენტის შემცველობა ორი წლის მონაცემებით ერთნაირია. Ni, Cu, Cr და Fe შემცველობა შეტივნარებულ ნივთიერებებში არ არის მომატებული ფსკერულ ნალექებთან შედარებით. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ აღნიშნული ლითონებით ეკოსისტემა დაბინძურებული არ არის. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, თუთია საყოფაცხოვრებო დაბინძურების ინდიკატორია და მისი მაღალი შემცველობა შეტივნარებულ ნატანში ამით უნდა აიხსნას. ვიზუალური დათვალიერებით კარგად ჩანს, რომ ადგილი აქვს მდ. მალთაყვას ნაპირების დაბინძურებას საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით (სურ. 3.1.4.1.), რაც მჭიდრო დასახლებისა და ავტოტრასის სიახლოვით არის გამოწვეული.

ცხრილი 3.1.4.5. ლითონების შემცველობა მდ. მალთაყვას შეტივანარებულ ნივთიერებებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %
RS-08-5	<10	<10	180.0	200	2.78	0.53
RS-09-5	<10	<10	933.9	-	2.95	0.54

მდ. მალთაყვას წყალში ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა არ დაფიქსირდა. ფსკერულ ნალექებში კი 2009 წელს აღმოჩნდა მცირე რაოდენობით 11.6 მგ/კგ. ამის მიზეზი შესაძლოა იყოს უმნიშვნელო ლოკალური დაბინძურებები, რასაც იწვევს მცირე ზომის საზღვაო ტრანსპორტი (კატერები და კატამარანები), რომლითაც ადგილობრივი მეთევზეები სარგებლობენ. ასევე შესაძლებელია საწვავის ნარჩენების მოხვედრა ხმელეთიდან, ძირითადად ახლომდებარე ავტოტრასიდან.

ცხრილი 3.1.4.6. ნავთობპროდუქტების შემცველობა მდ. მალთაყვას ფსკერულ ნალექებში, მგ/კგ

ნიმუშის დასახელება	ზ.დ.კ.	2008.08	2009.06
წყალი, მგ/ლ	0.3	< 0.04	< 0.04
ფსკერული ნალექები, მგ/კგ	-	<1.5	11.6

შეიძლება ითქვას, რომ როგორც პალიასტომის, ასევე მდ. მალთაყვას მკვეზავ პროვინციას კოლხეთის დაბლობი წარმოადგენს, ამიტომ ფსკერულ ნატანში აღნიშნული ფორმაციის გეოქიმიური თავისებურებებია წარმოდგენილი. მდ. მალთაყვას ლოკალური ანთროპოგენული ზემოქმედების წყარო დასახლებული ტერიტორიების სიახლოვეა. აღნიშნული ზემოქმედება ამჯერად უმნიშვნელოა, თუმცა მისი გავრცელება პალიასტომის ტბაზე გამორიცხული არ არის. ეს ეხება როგორც მყარ ნარჩენებს, ასევე საწვავს.

3.1.5. მდ. სუფსა

მდ. სუფსა დასავლეთ საქართველოს სიდიდით მესამე მდინარეა. მისი სიგრძე 117 კმ-ია. მდ. სუფსა და მისი შესართავის მიმდებარე საზღვაო აკვატორია პოტენციური ზემოქმედების რისკის ქვეშ იმყოფება ნავთობგადასატვირთი ტერმინალის სიახლოვის გამო. აქედან გამომდინარე, როგორც მდინარის, ასევე საზღვაო აკვატორიის შესახებ მონაცემებს დიდი მნიშვნელობა აქვს.

მდ. სუფსის კალაპოტში ზღვის წყლის ინტენსიურ ზემოქმედებას ადგილი არა აქვს. წყალი ჩვეულებრივ, მტკნარია. 2008 და 2009 წლებში მინერალიზაციის

მაჩვენებელი დაბალია, 102 – 139 მგ/ლ, რაც ზღვის წყლის უმნიშვნელო გავლენით შეიძლება აიხსნას. 2010 წელს ნიმუშების აღება მოხდა შედარებით ახლოს ზღვასთან, ვიდრე მანამდე და შესაძლოა ამის გამო მინერალიზაცია დაახლოებით 4-5-ჯერ არის მომატებული. გაზრდილ მინერალიზაციაში ყველაზე მეტი წვლილი ნატრიუმისა და ქლორის იონებზე მოდის (ცხრილი 3.1.5.1.).

ცხრილი 3.1.5.1. მდ. სუფსის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-3	RW-09-3	RW-10-3
ტემპერატურა, t°C	23.3	23.3	26.0
pH	7.47	6.67	7.10
გაჰსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	5.4 (63)	9.6 (112)	7.4 (91)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.172	0.096	1.195
მინერალიზაცია, მგ/ლ	139.0	102.2	548.1
სიმღვრივე, FTU	21.5	0.17	61.0
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	0.195	0	7.93
შეტვიწროებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	2.8	0.02	-
ნიმუშის აღების თარიღი	04.08.2008	10.06.2009	28.09.2010
დრო, სთ:წთ	18:00	9:30	17:50

2008 წლის აგვისტოში აღინიშნა გაჰსნილი ჟანგბადის შემცირებული შემცველობა - 5.4 მგ/ლ (გაჯერება 63 %); 2009 წლის ივნისში და 2010 წლის სექტემბერში კი აღინიშნა ჟანგბადის ნორმალური შემცველობა – 9.6 და 7.4 მგ/ლ, გაჯერება შესაბამისად 112 და 91% (ცხრილი 3.1.5.1). როგორც ჩანს, ივნისში, წყალმცენარეების ვეგეტაციის პერიოდში, ჟანგბადის შემცველობა მატულობს ფოტოსინთეზის შედეგად, აგვისტოს თვეში კი ადგილი აქვს ჰიპოქსიას: წყალმცენარეების კიდევ უფრო ინტენსიური განვითარების გამო ჟანგბადის მოხმარების მატებას და წყალში ჟანგბადის შემცველობის მკვეთრად შემცირებას, რაც იწვევს ბიომასის კვდომას. ამას ხელს უწყობს მდინარის მდორე დინება და წყლის აერაციის დაბალი ხარისხი. ამ შემთხვევაშიც შეინიშნება ევტროფიკაცია.

ცხრილი 3.1.5.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. სუფსის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-3	69.5	5.0	13.2	6.5	12.0	4.1	28.8	139.1
RW-09-3	54.9	8.9	10.5	3.6	4.2	0.7	10.0	92.8
RW-10-3	95.2	221.2	29.0	21.9	123.2	6.6	51.0	548.1

მდ. სუფსის ფსკერული ნალექები წარმოდგენილია წვრილმარცვლოვანი ქვიშებითა და ლამით, ძირითადად, 1.0-0.5 და 0.5-0.2 მმ ზომის ქვიშა ფრაქციებით

(ცხრილი 3.1.5.3.) და წარმოდგენილია აგრეთვე, პელიტური ფრაქცია <0.05 მმ ზომის მარცვლებით (28.7 %). 2.0 მმ-ზე უფრო მსხვილი მასალის შემცველობა არ აღინიშნება.

ცხრილი 3.1.5.3. მდ. სუფსის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05მმ	< 0.05 მმ
RB-08-3	0	20.49	29.27	4.39	17.15	28.69

მდ. სუფსის ფსკერული ნალექების ფორმირება ხდება აჭარა–თრიალეთის დასავლეთ დაბოლოების ამგები ვულკანოგენური ფუძე და დანალექი ქანების გამოფიტვის პროდუქტებით, მათ შორის სუფსა – ნატანების მდინარეთაშუეთში განლაგებული წითელმიწა გამოფიტვის ქერქისა და წითელმიწა ნიადაგების დენუდაციის პროდუქტებით. ამიტომ კოლხეთის დაბლობისაგან განსხვავებით, აღნიშნული ტერიტორიული მასალისათვის დამახასიათებელია რკინის ჯგუფის ელემენტების Ni, Cu, Zn, Fe მომატებული შემცველობა [6, 8] (ცხრილი 3.1.5.4). ორგანული ნახშირბადის მაღალი შემცველობა 4.07 %-მდე (ცხრილი 3.1.5.4.), მცენარეული ნარჩენების ლპობის შედეგია. მის დაგროვებას კი ხელს უწყობს თიხა ფრაქციების მიერ ორგანული ნივთიერებების შთანთქმა.

ცხრილი 3.1.5.4. ლითონების შემცველობა მდ. სუფსის ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	C _{ორგ.} , %
RB-08-3	60	85	90	5.2	98.0	5.35	0.095	4.84	4.07
RB-09-3	80	90	115	5.2	129.0	5.50	0.105	6.9	2.11
RB-10-3	55	100	112	8.8	66.5	3.45	0.110	-	-

2008 წლის შედეგებით ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების (TPH) შემცველობა წყალში არ აღინიშნა, 2009 წელს მათი შემცველობა შეადგენდა 0.44 მგ/ლ, რაც 1.5-ჯერ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას ზედაპირული წყლებისათვის. კიდევ უფრო მეტი აღმოჩნდა მათი შემცველობა წყალში 2010 წელს. ფსკერულ ნალექებში, 2008 წელთან შედარებით, 2009 და 2010 წლებში აღინიშნა მათი არსებობა, შესაბამისად 40.4 და 12.0 მგ/კგ.

ცხრილი 3.1.5.5. ნავთობპროდუქტების შემცველობა მდ. სუფსის წყალში და ფსკერულ ნალექებში

ნიმუშის დასახელება	ზ.დ.კ.	2008.08	2009.06	2010.09
წყალი, მგ/ლ	0.3	<0.04	0.44	0.91
ფსკერული ნალექები, მგ/კგ	-	<1.5	40.4	12.0

2001, 2006 და 2009 წლებში სუფსის ნავთობგადასატვირთი ტერმინალის დაკვეთით, ჩვენს მიერ შესრულდა მდ. სუფსისა და მისი შესართავის აკვატორიის წყლისა და ფსკერული ნალექების ეკოლოგიური მდგომარეობის კვლევები [5]. მიღებული შედეგების საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ფსკერულ ნალექებში ლითონების და ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა მონიტორინგის ყველა ეტაპზე ერთი რიგის იყო და რაიმე მნიშვნელოვანი ცვლილების კვალი, გამოწვეული ნავთობის ნახშირწყალბადების დაღვრით ან სხვა ავარიული შემთხვევებით, არ აღინიშნებოდა. მონიტორინგის შედეგები შედარდა ტერმინალის მშენებლობის დაწყებამდე, 2007 წელს, ნორვეგიული კომპანიის Det Norske Veritas (DNV) მიერ ჩატარებული კვლევების შედეგებთან, რომლის საფუძველზეც დავასკვნით, რომ 1997–2009 წლების მანძილზე სუფსის ნავთობგადასატვირთი ტერმინალის ფუნქციონირებით გამოწვეული ნეგატიური ზემოქმედების კვალი არ შეინიშნება.

3.1.6. მდ. ნატანები

მდ. ნატანების წყალშემკრები აუზი განლაგებულია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის დასავლეთ დაბოლოებაზე. მდინარის სიგრძე 60 კმ-ია, იგი რეგიონის მცირე მდინარეთა რიცხვს განეკუთვნება. მდ. ნატანებზე ნიმუშები აღებულია კომპლექს “ციცინათელას” მოპირდაპირე მხარეს, მარჯვენა ნაპირზე.

ცხრილი 3.1.6.1. მდ. ნატანების ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-4	RW-09-4	RW-10-4
ტემპერატურა, t°C	23.2	21.5	25.0
pH	7.7	7.6	7.10
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	7.7 (89.7)	9.5 (106.6)	8.3 (100)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.120	0.068	0.472
მინერალიზაცია, მგ/ლ	96.0	64.96	249.32
სიმღვრივე, FTU	24.3	30.7	17.5
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	3.38	3.4	2.28
შეტყნარებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	4.15	10.28	-
ნიმუშის აღების თარიღი	05.08.2008	11.06.2009	28.09.2010
დრო, სთ:წთ	14:00	13:20	18:30

მონაცემების მიხედვით (ცხრილი 3.1.6.1.), წყლის მინერალიზაცია დაბალია (65–250 მგ/ლ), დაბალია სიმღვრივეც. გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის

ფარგლებშია (7.7-9.5 მგ/ლ, გაჯერება 90-107 %). გრავიმეტრული მეთოდით განსაზღვრული და ველზე პორტატული აპარატურით გაზომილი სიმღვრივის მონაცემები ერთმანეთს ემთხვევა. წყლის მაქსიმალური მინერალიზაცია აქაც, 2010 წლის ზაფხულში აღინიშნა.

ცხრილი 3.1.6.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. ნატანების წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-4	46.4	4.9	11.6	4.8	9.2	1.2	14.4	92.5
RW-09-4	37.8	8.2	8.4	2.6	1.3	0.6	<0.2	58.9
RW-10-4	68.3	92.9	15.6	10.6	45.1	2.9	14.0	249.4

ძირითადი იონების ანალიზიდან (ცხრილი 3.1.6.2.) ჩანს, რომ წყალი კალციუმიან - ჰიდროკარბონატული ტიპისაა. 2008 და 2009 წლებში, კვლევების პერიოდში აღინიშნა ძალიან დაბალი მინერალიზაცია - 100 მგ/ლ-ზე ნაკლები, ხოლო 2010 წლის უკიდურესად ცხელი ზაფხულის გამო მინერალიზაცია 2-2.5-ჯერ იყო მომატებული. ამ შემთხვევაშიც მინერალიზაციის მომატებას Cl⁻ და Na⁺ იონების შემცველობების მატება განაპირობებს.

მდ. ნატანების ფსკერული ნატანი თიხნარით არის წარმოდგენილი. წვრილკენჭოვანი მასალა (> 2.0 მმ) არ აღინიშნება. ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობის კვლევის შედეგებიდან (ცხრილი 3.1.6.3.) ჩანს, რომ მდ. ნატანების ფსკერულ ნალექებში წარმოდგენილია წვრილმარცვლოვანი ქვიშა ფრაქციები 0.5-0.2 მმ ზომის მარცვლებით (21 %-მდე), აგრეთვე, დიდი რაოდენობით 0.1-0.05 მმ და < 0.05 მმ ფრაქციები, შესაბამისად 37.26 და 25.51 %.

ცხრილი 3.1.6.3. მდ. ნატანების ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-4	0	7.24	20.99	9.00	37.26	25.51

მდ. ნატანების ფსკერულ ნალექებში ლითონების შემცველობა მდ. სუფსის ფსკერული ნალექების მსგავსია (ცხრილი 3.1.6.4.).

ცხრილი 3.1.6.4. ლითონების შემცველობა მდ. ნატანების ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	Co, %
RB-08-4	85	80	85	3.6	192.5	5.3	0.085	6.72	1.81
RB-09-4	90	90	150	3.6	154.0	5.5	0.095	4.75	2.18
RB-10-4	110	91	117.5	7.0	210.0	5.7	0.140	-	-

მდ. ნატანების ტივტივა ნატანში, ფსკერულ ნალექებთან შედარებით მნიშვნელოვნად არის გაზრდილი Cu, Zn, Cr, Fe და Mn შემცველობა (ცხრილი 3.1.6.5.). სავარაუდოდ, ეს ელემენტები ნიადაგის ზედაპირის მორეცხვის შედეგად წარმოქმნილ ტერიგენულ მასალაშია აკუმულირებული.

ცხრილი 3.1.6.5. ლითონების შემცველობა მდ. ნატანების ტივტივა ნატანში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %
RS-08-4	60.2	181	181.0	337	6.02	0.283
RS-09-4	0.0	0	851.6	-	7.06	0.225

ნავთობის ნახშირწყალბადების არსებობა მდ. ნატანების წყალში დასაშვები ნორმის ფარგლებში (0.25 მგ/ლ) მხოლოდ 2010 წელს აღინიშნა. რაც შეეხება ფსკერულ ნალექებს, 2008 წელს არ დაფიქსირდა, 2009 და 2010 წელს კი აღინიშნა მათი მცირე რაოდენობები, შესაბამისად 33.1 და 38.0 მგ/კგ (ცხრილი 3.1.6.6.).

ცხრილი 3.1.6.6. ნავთობპროდუქტების შემცველობა მდ. ნატანების წყალში და ფსკერულ ნალექებში

ნიმუშის დასახელება	ზ.დ.კ.	2008.08	2009.06	2010.09
წყალი, მგ/ლ	0.3	< 0.04	< 0.04	0.25
ფსკერული ნალექები, მგ/კგ	-	<1.5	33.1	38.0

მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მდ. სუფსისა და ნატანების წყლის ქიმიური მახასიათებლები, ასევე ფსკერული ნალექების ქიმიური და გრანულომეტრიული მახასიათებლები, ახლოა ერთმანეთთან. ამ მდინარეებში შედარებით მაღალია ორგანული ნახშირბადის შემცველობა - 2 %-ის ფარგლებში. როგორც აღვნიშნეთ, მდინარის ფსკერულ ნალექებში ორგანული ნივთიერებების დაგროვებას განაპირობებს წვრილმარცვლოვანი თიხა ფრაქციები, რომლებზეც მიმდინარეობს მცენარეული მასის მინერალიზაციის შედეგად წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერებების აკუმულაცია. პელიტური ფრაქციების მაღალი

შემცველობის პირობებში $C_{ორგ}$ შემცველობაც მაღალია. შესწავლილი ობიექტებიდან $C_{ორგ}$ -ის ყველაზე მაღალი შემცველობა აღინიშნა პალიასტომის ტბის ფსკერულ ნალექებში – 3.64 % (ცხრილი 3.1.3.4), სადაც ასევე ყველაზე დიდი რაოდენობით არის წარმოდგენილი პელიტური ფრაქციები.

შეიძლება ითქვას, რომ ნატანების ქვემოწელში ყველა შესწავლილი მახასიათებელი პრაქტიკულად ფონის ფარგლებშია და გამოხატულ რაიმე ეკოლოგიურ პრობლემას ადგილი არა აქვს.

3.1.7. მდ. ჩოლოქი

მდ. ჩოლოქის წყალშემკრები აუზი მდ. ნატანების აუზის ნაწილია. მისი სიგრძე 29.5 კმ, აუზის ფართობი 159 კმ², წყლის წლიური ხარჯი 0.3 კმ³-ს უდრის [16]. იგი ერთვის მდ. ნატანებს ზღვის სანაპიროსთან ძალიან ახლოს. ქვემოწელში მას ზღვის ნაპირის პარალელური დინება აქვს.

ცხრილი 3.1.7.1. მდ. ჩოლოქის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-6	RW-09-6
ტემპერატურა, t°C	24.7	30.0
pH	7.18	7.3
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	1.8 (21)	6.0 (79)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.156	0.149
მინერალიზაცია, მგ/ლ	164.00	116.35
სიმღვრივე, FTU	5.53	0.55
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	0.72	0.07
ნიმუშის აღების თარიღი	06.08.2008	11.06.2009
დრო, სთ:წთ	10:05	13:55

2008 წლის აგვისტოს მონაცემებით აღინიშნა წყლის მინერალიზაცია 164 მგ/ლ და მაღალი ტემპერატურა - 25°C-მდე. ადგილი ჰქონდა ჰიპოქსიას - გახსნილი ჟანგბადის უკიდურესად შემცირებას 1.8 მგ/ლ-მდე (გაჯერება 21 %), რაც ევტროფიკაციაზე მიუთითებს (ცხრილი 3.1.7.1.). წყლის მოყვითალო - მომწვანო ფერი მკვეთრად გამოხატული ევტროფიკაციის შედეგია (სურ. 3.1.7.1.) 2009 წლის ივნისში აღინიშნა თითქმის ანალოგიური მინერალიზაცია, ხოლო ტემპერატურა კიდევ უფრო მომატებული - 30°C-მდე. ამ პირობებში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა 6 მგ/ლ-ს შეადგენდა, გაჯერება 79 %, რაც მოცემული ტემპერატურის პირობებში ნორმის

ფარგლებშია. ძირითადი იონების შემცველობის მიხედვით (ცხრილი 3.1.7.2.), მდ. ჩოლოქის წყალი მტკნარია.

ცხრილი 3.1.7.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. ჩოლოქის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-6	104.9	7.1	12.8	8.8	18.0	2.3	9.6	163.5
RW-09-6	76.9	8.9	14.4	5.0	8.6	2.6	0.0	116.4

გრანულომეტრიული ფრაქციული შემადგენლობის მიხედვით ჩანს, რომ მდ. ჩოლოქის ფსკერული ნალექებისათვის ძირითადად დამახასიათებელია წვრილმარცვლოვანი ქვიშა ფრაქციების სიჭარბე, თუმცა მცირეა უწვრილესი პელიტური ფრაქციის <0.05 მმ შემცველობა (ცხრილი 3.1.7.3).

ცხრილი 3.1.7.3. მდ. ჩოლოქის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-6	0	1.49	39.13	14.87	34.88	9.63

მდ. ნატანების მსგავსად, მდ. ჩოლოქის მყარი ნატანის ფორმირებაში მონაწილეობს აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ამგები ვულკანოგენურ-დანალექი ქანები და წითელმიწა ნიადაგური საფარი, ამიტომ მის ფსკერულ ნალექებში ლითონების შემცველობა მდ. ნატანებისა და მდ. სუფსის ანალოგიურია (ცხრილი 3.1.7.4.). C_{ორგ} შემცველობა მდ. ჩოლოქის ფსკერულ ნალექებში მდ.მდ. სუფსისა და ნატანებთან შედარებით მცირეა - 0.74 %. ამის მიზეზია თავად ფსკერულ ნალექებში ქვიშა ფრაქციების მოჭარბება და პელიტური ფრაქციის მცირე წილი, მდ. სუფსასთან შედარებით, რაც ხელს არ უწყობს მათზე ორგანული ნივთიერებების სორბციას.

ცხრილი 3.1.7.4. ლითონების შემცველობა მდ. ჩოლოქის ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	C _{ორგ} , %
RB-08-6	90	75	95	1.4	385	7.05	0.125	5.71	0.74
RB-09-6	90	85	105	1.6	230	6.50	0.135	5.52	1.63

2008-2009 წლების მონაცემებით, მდ. ჩოლოქის წყალში და ფსკერულ ნალექებში ნავთობის ნახშირწყალბადების არსებობა არ აღინიშნება.

დასკვნის სახით უნდა აღინიშნოს, რომ ევტროფიკაციას მდ. ჩოლოქზე უდავოდ აქვს ადგილი, რაც ბუნებრივი პირობებით არის გამოწვეული (ნაპირის პარალელური კალაპოტი, მდორე დინება).

3.1.8. მდ. კინტრიში

მდ. კინტრიში სათავეს იღებს მესხეთის ქედზე. მისი სიგრძე 45 კმ-ია, ზღვას ერთვის ქობულეთის სამხრეთ პერიფერიის ფარგლებში. წყალშემკრები აუზის ფართობი 291 კმ²-ია, წყლის ხარჯი 0.527 კმ³-ს შეადგენს, ხოლო მყარი ნატანის რაოდენობა - 22 300 ტ-ს. კალაპოტი და ნაპირები წარმოდგენილია რიყნარით. მდინარის ზემო დინება საკმაოდ სწრაფია და წყლის ტემპერატურა შედარებით დაბალია (ცხრილი 3.1.8.1.).

ცხრილი 3.1.8.1. მდ. კინტრიშის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-7	RW-09-7	RW-10-7
ტემპერატურა, t°C	20.5	29.0	27.0
pH	7.90	8.6	7.15
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	9.8 (108)	11.0 (143)	12.7 (159)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.085	0.076	0.0887
მინერალიზაცია, მგ/ლ	80.0	70.0	92.60
სიმღვრივე, FTU	2.26	0.18	1.01
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	0.29	0.023	0.13
ნიმუშის აღების თარიღი	06.08.2008	11.06.2009	29.09.2010
დრო, სთ:წთ	11:30	14:25	10:45

მდინარის ქვემოწელში წყლის მინერალიზაცია ძალიან დაბალია – 70.0-92.6 მგ/ლ. დაბალია წყლის სიმღვრივეც. საკმაოდ მაღალია გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა – 9.8 – 12.7 მგ/ლ. ჩვენი აზრით, 2009 და 2010 წლების შედეგების მიხედვით, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა 11 და 12 მგ/ლ (გაჯერება – 143 და 159 %), ფოტოსინთეზით გამოწვეული ჰიპეროქსიგენაციის შედეგი უნდა იყოს, ვინაიდან მდინარის ფსკერი დაფარულია წყლის მცენარეებით.

ცხრილი 3.1.8.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. კინტრიშის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-7	37.8	4.9	9.0	4.1	7.9	0.4	14.4	78.5
RW-09-7	46.4	8.9	10.0	2.2	1.9	0.7	<0.2	70.1
RW-10-7	61.0	9.2	13.2	3.6	3.1	0.5	2.0	92.6

წყლის მინერალიზაციის მატება ამ შემთხვევაშიც 2010 წელს აღინიშნა, თუმცა სხვაობა სხვა მდინარეებთან შედარებით უმნიშვნელოა. სურათებზე 3.1.8.1. და 3.1.8.2 კარგად ჩანს მდ. კინტრიშზე 2010 წლის ზაფხულის უკიდურესი წყალმცირობა.

მდ. კინტრიშის წყალშემკრები აუზიც, მდ.მდ. ნატანებისა და ჩოლოქის მსგავსად, აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ნაწილია და აქედან გამომდინარე, აღნიშნულ მდინარეებს ემსგავსება როგორც გრანულომეტრიული ფრაქციული შემადგენლობით, ასევე ლითონების შემცველობით. მათ ფსკერულ ნალექებში წამყვანი ადგილი უჭირავს 0.5-0.2 მმ ფრაქციას (ცხრილი 3.1.8.3.).

ცხრილი 3.1.8.3. მდ. კინტრიშის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-7	0.00	6.38	43.31	15.16	25.07	10.08

მდინარის ფსკერული ნალექებისათვის დამახასიათებელია რკინის შემცველობა 7 %-ზე მეტი, ქრომის შემცველობა 300 მგ/კგ ფარგლებში და თუთიის შემცველობა 100 მგ/კგ ფარგლებში (ცხრილი 3.1.8.4.).

ცხრილი 3.1.8.4. ლითონების შემცველობა მდ. კინტრიშის ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	C _{ორგ.} , %
RB-08-7	85	95	100	2.0	266.0	7.45	0.115	5.06	2.00
RB-09-7	105	110	155	2.1	184.5	7.30	0.160	5.61	2.11
RB-10-7	105	81	87.5	4.4	269.0	7.08	0.130	-	-

შედეგებიდან ჩანს, რომ მდ. კინტრიშის როგორც წყლის, ასევე ფსკერული ნალექების შედგენილობა სტაბილურია და მისი მერყეობა ბუნებრივი პროცესებით აიხსნება.

მდ. კინტრიშის წყალში 2008 და 2009 წლებში ნავთობის ნახშირწყალბადების არსებობა არ აღინიშნება, 2010 წლის კვლევის შედეგებით კი მათი შემცველობა 2.5-ჯერ აღემატებოდა ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას. ფსკერულ ნალექებში 2009 წელს მათი შემცველობა არ დაფიქსირდა, ხოლო 2008 და 2010 წლებში კვალის სახით აღინიშნებოდა, შესაბამისად 2.8 და 4.6 მგ/კგ (ცხრილი 3.1.8.5.), რაც უმნიშვნელო ლოკალურ დაბინძურებაზე მიუთითებს.

ცხრილი 3.1.8.5. ნავთობპროდუქტების შემცველობა წყალში და ფსკერულ ნალექებში

ნიმუშის დასახელება	ზ.დ.კ.	2008.08	2009.06	2010.09
წყალი, მგ/ლ	0.3	< 0.04	< 0.04	0.74
ფსკერული ნალექები, მგ/კგ	-	2.8	<1.5	4.6

3.1.9 . მდ. ჩაქვისწყალი

მდ. ჩაქვისწყალი სათავეს იღებს მესხეთის ქედის სამხრეთ-დასავლეთ ფერდზე, მისი სიგრძე 22 კმ-ია. მდინარე მოედინება დიდი სიჩქარით, წყალი გამჭვირვალე, კამკამა და ცივია. მინერალიზაცია მცირეა 70 - 80 მგ/ლ, ტემპერატურა დაახლოებით 20°C. წყლის კარგი აერაციის გამო გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია (9-11 მგ/ლ, გაჯერება 110-123 %).

ცხრილი 3.1.9.1. მდ. ჩაქვისწყლის ძირითადი ჰიდროქიმიური მაჩასიათებლები

რეგისტრაციის №	RW-08-8	RW-09-8	RW-10-8
ტემპერატურა, t°C	20.4	25.0	21.5
pH	7.89	8.2	8.20
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება %)	10.0 (110)	9.1 (110)	11.0 (123)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.079	0.096	0.0789
მინერალიზაცია, მგ/ლ	80.0	76.2	69.56
სიმღვრივე, FTU	0.43	0	2.12
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	0.06	0	0.28
ნიმუშის აღების თარიღი	06.08.2008	11.06.2009	29.09.2010
დრო, სთ:წთ	12:10	15:30	11:25

როგორც ჩანს, 2010 წლის ზაფხულში მინერალიზაციის ცვლილებას ადგილი არ ჰქონია (ცხრილი 3.1.9.1.). ძირითადი იონების შემცველობიდან ჩანს, რომ მდინარის წყალი კალციუმიან-ჰიდროკარბონატული ტიპისაა.

ცხრილი 3.1.9.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. ჩაქვისწყლის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-8	41.5	5.0	8.8	3.8	5.6	0.4	14.4	79.5
RW-09-8	48.8	8.9	11.2	3.4	3.1	0.9	<0.2	76.3
RW-10-8	46.4	7.1	10.0	3.1	2.1	0.5	0.4	69.6

მდინარის კალაპოტში წარმოდგენილია მსხვილი მასალა – ლოდებით და კაჭარით, ასევე წვრილმარცვლოვანი მასალა – ქვიშებით და ლამებით. მდ. ჩაქვისწყლის წყალშემკრები აუზი იგივე გეოლოგიურ ფორმაციას განეკუთვნება, რასაც მდინარეების ნატანები, ჩოლოქი, კინტრიში, სუფსა, თუმცა ფსკერული ნალექების

გრანულომეტრიული მახასიათებლები, ზემოთ ჩამოთვლილი მდინარეებისაგან განსხვავებულია (ცხრილი 3.1.9.3.).

ცხრილი 3.1.9.3.მდ. ჩაქვისწყლის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-8	30.76	42.49	25.56	0.67	0.47	0.06

ფსკერული ნატანი ძირითადად კენჭოვანი მასალისაგან შედგება, 2.0 მმ-ზე მსხვილი მასალის შემცველობა საწყის ნიმუშში 55.77 %-ის ტოლია, 0.2 მმ-ზე უფრო წვრილმარცვლოვანი მასალის შემცველობა 1%-ს შეადგენს. მიუხედავად ამისა, მდ.მდ. ნატანების, კინტრიშისა და ჩოლოქის ფსკერული ნალექები, მდ. ჩაქვისწყლის ფსკერული ნალექებისაგან ლითონების შემცველობით, მნიშვნელოვნად არ განსხვავდება.

ცხრილი 3.1.9.4. ლითონების შემცველობა მდ. ჩაქვისწყლის ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	C _{ორგ} , %
RB-08-8	85	90	80	1.4	171.5	6.50	0.095	5.71	0.22
RB-09-8	110	65	130	<1.0	420.0	7.80	0.120	2.02	0.21
RB-10-8	130	62	75	3.8	381.0	6.88	0.117	-	-

2008, 2009 და 2010 წლების მონაცემებით, მდ. ჩაქვისწყლის წყალში და ფსკერულ ნალექებში ნავთობის ნახშირწყალბადების არსებობა არ აღინიშნება. მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ ეკოლოგიური სიტუაცია სავსებით კეთილსაიმედოა.

3.1.10. მდ. ყოროლისწყალი

მდ. ყოროლისწყალი რეგიონის მცირე მდინარეთა რიცხვს განეკუთვნება. მისი სიგრძე 29.5 კმ-ია [156]. მდინარე ქ. ბათუმის საზღვრებში მოედინება და ზღვას ერთვის ე.წ. “ბენზეს” რაიონში, მჭიდროდ დასახლებულ საცხოვრებელ კვარტალში. ნაპირები ძალიან დაბინძურებულია საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით და კანალიზაციის წყლებით (სურ. 3.1.10.1, სურ. 3.1.10.4).

ცხრილი 3.1.10.1. მდ. ყოროლისწყლის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-9	RW-10-9
ტემპერატურა, t°C	21.1	24.5
pH	7.66	6.33
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	9.7 (109)	10.5 (125)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.084	0.0911
მინერალიზაცია, მგ/ლ	74.0	78.56
სიმღვრივე, FTU	0.65	1.49
სიმღვრივე, გამოთვლილი(FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	0.08	0.19
ნიმუშის აღების თარიღი	06.08.2008	29.09.2010
დრო, სთ:წთ	13:10	11:50

მდინარის დინება საკმაოდ სწრაფია. წყლის მინერალიზაცია დაბალია (74 - 79 მგ/ლ). წყლის აერაციის მაღალი ხარისხის გამო, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა 9-10 მგ/ლ-ს შეადგენს, მიუხედავად დაბინძურებისა (ცხრილი 3.1.10.1.).

ცხრილი 3.1.10.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. ყოროლისწყლის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-9	50.0	4.9	8.0	4.6	5.6	1.0	<0.2	74.1
RW-10-9	48.8	9.2	10.4	3.9	4.1	1.0	1.2	78.6

აღსანიშნავია, რომ 2010 წლის აგვისტოში მინერალიზაციის მკვეთრ მომატებას და იონურ შედგენილობაში მკვეთრ ცვლილებებს ადგილი არ ჰქონია (ცხრილი 3.1.10.2.).

კალაპოტი და ნაპირები წარმოდგენილია კაჭარით. მსხვილმარცვლოვანი მასალის (> 2.0 მმ) შემცველობა საწყის ნიმუშში 61.9 %-ს შეადგენს. ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული სპექტრი მსხვილმარცვლოვანი მასალისკენაა გადახრილი. 0.2 მმ-ზე ნაკლები მასალის შემცველობა ჯამში 7 %-ს აღწევს (ცხრილი 3.1.10.3.).

ცხრილი 3.1.10.3. მდ. ყოროლისწყლის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ.№	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-9	27.89	35.17	29.59	2.69	3.61	1.06

ფსკერულ ნალექებში ლითონების შემცველობა აჭარა-თრიალეთის ზონის სხვა მდინარეების მსგავსია (ცხრილი 3.1.10.4.).

ცხრილი 3.1.10.4. ლითონების შემცველობა მდ. ყოროლისწყლის ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	C _{ორგ} , %
RB-08-9	65	75	100	2.6	339.5	6.60	0.125	4.24	0.44
RB-10-9	95	55	92.5	2.5	341.5	5.70	0.097	-	-

მდინარის ნაპირებზე აშკარად არასახარბიელო ეკოლოგიური სიტუაციაა: წყლის ზედაპირზე კარგად ჩანს ჩაღვრილი ნავთობის ლაქები, აგრეთვე საყოფაცხოვრებო მყარი ნარჩენები: მინის, ლითონის ნამსხვრევები, ტექსტილის ნარჩენები, პლასტმასის ნივთები და სხვა. მდინარის წყალში ხვდება საკანალიზაციო წყლები. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ ადგილი აქვს მუნიციპალურ დაბინძურებას.

მდ. ყოროლისწყლის წყალში ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა 2008 წელს 1.7-ჯერ, 2010 წელს კი 3-ჯერ აღემატებოდა ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას. ნავთობის ნახშირწყალბადების არსებობა ასევე აღინიშნა ფსკერულ ნალექებშიც 2008 წელს – 4.8 მგ/კგ და 2010 წელს – 21.0 მგ/კგ (ცხრილი 3.1.10.5.). მდ. ყოროლისწყალი ბათუმის ტერმინალის ზონაში, კაპრემუმის მონაკვეთის სამხრეთით მიედინება და შესაბამისად მასში ნავთობის ნახშირწყალბადების არსებობა შესაძლებელია ამ ფაქტით იყოს განპირობებული. ასევე აღსანიშნავია მდინარის საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით დაბინძურების საკმაოდ მაღალი ხარისხი (სურ. 3.1.10.2, სურ. 3.1.10.3.).

ცხრილი 3.1.10.5. ნავთობპროდუქტების შემცველობა მდ. ყოროლისწყლის წყალში და ფსკერულ ნალექებში

ნიმუშის დასახელება	ზ.დ.კ.	2008.08	2010.09
წყალი, მგ/ლ	0.3	0.51	0.92
ფსკერული ნალექები, მგ/კგ	-	4.8	21.0

მდინარის ქვემოწელში მკვეთრად გამოხატული ურბანული დაბინძურება შეინიშნება, რომლის წყაროც მჭიდროდ დასახლებული საცხოვრებელი უბანია [157].

3.1.11. მდ. ბარცხანა

მდ. ბარცხანა ზღვას ერთვის ქ. ბათუმის სამხრეთ პერიფერიაში, თამარის დასახლებაში, ნავსადგურთან ახლოს. მდინარის ქვემოწელი უკვე მრავალი წლის განმავლობაში სერიოზულ ანთროპოგენულ დატვირთვას განიცდის. ბარცხანა ერთ-

ერთია სამ მდინარეთაგან, რომელიც ბათუმის ყოფილი ნავთობაზის ტერიტორიას გამოივლის. სახეზე გვაქვს სერიოზული ისტორიული დაბინძურება, რომელიც დაკავშირებულია ამ ტერიტორიაზე მრავალი ათეული წლის განმავლობაში არსებული ნავთობტერმინალისა და ნავთობგადამამუშავებელი წარმოების კოლოსალური რაოდენობის ნარჩენებთან. ტერიტორიაზე ჯერ კიდევ შემორჩენილია გაუქმებული მილსადენის ფრაგმენტები, საიდანაც ადგილი აქვს ნავთობის ნარჩენების გაჟონვას. ბოლო ასეთ ფაქტს ადგილი ჰქონდა 2012 წლის 28 აპრილს [158]. გარდა ამისა, კალაპოტში ხვდება დიდი რაოდენობით საყოფაცხოვრებო ნარჩენი და კანალიზაციის წყლები (სურ. 3.1.11.1.). მდინარის ზედაპირზე და ფსკერზე ჩანს ნავთობპროდუქტების ლაქები (სურ. 3.1.11.2.).

ცხრილი 3.1.11.1. მდ. ბარცხანას ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-10	RW-09-10
ტემპერატურა, t° C	25.0	23.5
pH	7.80	7.57
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	7.6 (92)	-
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.174	0.209
მინერალიზაცია, მგ/ლ	118	161
სიმღვრივე, FTU	25.9	19.13
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	3.37	2.53
შეტივანარებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	6.55	-
ნიმუშის აღების თარიღი	06.08.2008	11.06.2009
დრო, სთ:წთ	14:15	20:00

დინების შედარებით მაღალი სიჩქარის და კარგი აერაციის გამო გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა გარკვეულ პერიოდში 8 მგ/ლ-ს აღწევს, მიუხედავად ნავთობპროდუქტებით მნიშვნელოვანი დაბინძურებისა. 2010 წელს მდინარეზე ვიზუალურად შესამჩნევი იყო დაბინძურების მაღალი ხარისხი, რის გამოც ადგილზე ვერ მოხერხდა გაზომვების ჩატარება. აღსანიშნავია, რომ მდ. ბარცხანაზე, მდ. ყოროლისწყლის მსგავსად, 2010 წლის ზაფხულში მინერალიზაციის მატება არ დაფიქსირდა (ცხრილი 3.1.11.1.).

ცხრილი 3.1.11.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. ბარცხანას წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-10	65.9	4.9	16.4	5.8	6.0	2.2	16.8	118.0
RW-09-10	104.9	14.6	24.0	6.0	8.3	3.5	<0.2	161.3
RW-10-10	85.5	16.3	16.0	3.8	7.7	2.5	3.6	135.4

ფსკერული ნალექების ნატურალურ ნიმუშში მსხვილმარცვლოვანი მასალის შემცველობა 20.7 %-ს შეადგენს. გრანულომეტრიული შემადგენლობით ბარცხანასა და ყოროლისწყლის ფსკერული ნალექები მსგავსია (ცხრილი 3.1.11.3), ძირითადად წარმოდგენილია მსხვილმარცვლოვანი ფრაქცია.

ცხრილი 3.1.11.3. მდ. ბარცხანას ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

რეგისტრ. №	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
RB-08-10	24.25	44.55	27.76	1.34	1.70	0.39

ლითონების შემცველობა აღნიშნული მდინარის ფსკერულ ნალექებში აჭარა-თრიალეთის ზონის სხვა მდინარეების ანალოგიურია (ცხრილი 3.1.11.4.).

ცხრილი 3.1.11.4. ლითონების შემცველობა მდ. ბარცხანას ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	C _{ორგ} , %
RB-08-10	115	65	135	< 1.0	745	7.20	0.135	2.39	0.20
RB-09-10	130	75	170	2.0	269	6.10	0.115	1.29	0.18
RB-10-10	145	52	115	2.8	670	6.08	0.110	-	-

მდინარის წყალშიც და ფსკერულ ნალექებშიც ანალიზის შედეგად დასტურდება ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების მაღალი შემცველობა. 2008 წლის მონაცემებით წყალში მათი შემცველობა 1.63 მგ/ლ (ზდკ-ზე 5-ჯერ მეტი), ხოლო ფსკერულ ნალექებში 12.4 მგ/კგ-ია. 2009 წლის შედეგებით კი, როგორც წყალში, ასევე ფსკერულ ნალექში, მათი შემცველობა საგრძნობლად იყო მომატებული და შესაბამისად 48.4 და 1658.0 მგ/კგ შეადგინა, თუმცა 2010 წლის მონაცემებით მათი კონცენტრაცია კვლავ 2008 წლის მონაცემებს გაუტოლდა (ცხრილი 3.1.11.4.).

ცხრილი 3.1.11.4. ნავთობპროდუქტების შემცველობა მდ. ბარცხანას წყალში და ფსკერულ ნალექებში.

ნიმუშის დასახელება	ზ.დ.კ.	2008.08	2009.06	2010.09
წყალი, მგ/ლ	0.3	1.63	48.4	1.32
ფსკერული ნალექები, მგ/კგ	-	12.4	1658.0	17.5

მდ.მდ. ბარცხანასა და ყოროლისწყლის ქვემოწელში დაძაბული ეკოლოგიური სიტუაცია საკმაოდ დიდი ხანია გრძელდება. ამ შემთხვევაში გვაქვს როგორც საყოფაცხოვრებო, ასევე საწარმოო დაბინძურებაც [158]. აღნიშნული პრობლემა სერიოზულ მიდგომას და გადამჭრელ ღონისძიებებს მოითხოვს.

3.1.12. მდ. ჭოროხი

მდ. ჭოროხი შავი ზღვის აუზის უდიდეს მდინარეთა რიცხვს განეკუთვნება. წყალშემკრები აუზი მოიცავს ანატოლიის ზეგნის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილს და აჭარა-თრიალეთის უკიდურეს სამხრეთ-დასავლეთ დაბოლოებას. მდინარის სიგრძე 438 კმ-ს შეადგენს, საქართველოს ტერიტორიაზე ხვდება მისი ქვემო დინების ბოლო 26 კმ. აუზის საშუალო სიმაღლე ზღვის დონიდან 1530 მ-ია.

ცხრილი 3.1.12.1. მდ. ჭოროხის ძირითადი ჰიდროქიმიური პარამეტრები

რეგისტრაციის №	RW-08-12	RW-09-12	RW-10-12
ტემპერატურა, t°C	22.8	18.0	23.5
pH	7.81	8.2	7.25
გაზსანილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	8.4 (96)	9.5 (100)	12.3 (143)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.221	0.194	0.339
მინერალიზაცია, მგ/ლ	158.86	193.21	331.24
სიმღვრივე, FTU	4.49	7.81	3.79
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	0.58	1.02	0.49
შეტვიწროებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	6.53	26.44	-
ნიმუშის აღების თარიღი	06.08.2008	17.06.2009	30.09.2010
დრო, სთ:წთ	18:05	19:55	13:40

მდ. ჭოროხის წყალს ახასიათებს მცირე სიმღვრივე 3.79 – 7.81 FTU. 2010 წლის ზაფხულში მდ. ჭოროხზეც შესამჩნევი იყო წყლის მინერალიზაციის მატება (ცხრილი 3.1.12.1.).

ცხრილი 3.1.12.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. ჭოროხის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-12	87.8	7.1	24.8	7.9	6.8	0.4	24.0	158.8
RW-09-12	107.4	11.0	30.0	5.4	10.9	2.2	26.4	193.3
RW-10-12	207.4	12.8	59.0	10.8	8.3	1.4	31.6	331.3

სხვა მდინარეებისაგან განსხვავებით, დაბალი მინერალიზაციის ფონზე მდ. ჭოროხის წყლისათვის დამახასიათებელია სულფატების შედარებით მაღალი შემცველობა (ცხრილი 3.1.12.2), რაც კოლჩედანური საბადოების სულფიდური მინერალების დაჟანგვას და სულფატების გამოტუტვას უკავშირდება.

მდინარის კალაპოტში ძირითადად ლოდები და კაჟარია წარმოდგენილი. გრანულომეტრიული ფრაქციული ანალიზის შედეგები მოწმობს, რომ ფსკერული ნალექები ძირითადად 0.5-0.2 მმ ფრაქციისაგან შედგება, თუმცა გრანულომეტრიული სპექტრი გადაწეულია მსხვილმარცვლოვანი ფრაქციებისაკენ (ცხრილი 3.1.12.3.).

ცხრილი 3.1.12.3. მდ. ჭოროხის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %.

წ/წ	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
2006	4.69	27.59	67.17	3.49	1.48	0.26
2008	18.31	19.55	39.43	9.05	12.21	1.45
2009	8.33	11.90	65.82	6.45	5.34	2.15

რაც შეეხება ლითონებს, განსაკუთრებით მაღალი შემცველობით და კონცენტრაციის დიდი დიაპაზონით გამოირჩევა სულფიდური ჯგუფის ელემენტები: Cu, Zn, As. მცირე ზღვრებში იცვლება Mn და Ni შემცველობა (ცხრილი 3.1.12.4.).

ცხრილი 3.1.12.4. ლითონების შემცველობა მდ. ჭოროხის ფსკერულ ნალექებში, მგ/კგ.

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	Co, %
RB-08-15	50	150	385	10.6	114.5	6.40	0.100	7.46	0.22
RB-09-15	40	155	340	11.6	65.4	4.15	0.065	4.95	0.14
RB-10-15	60	110	150	15.8	110.0	5.52	0.085	-	-

ცხრილში 3.1.12.5. მოცემულია სხვადასხვა წლებში ჩატარებული კვლევების შედეგები, რომელთა საფუძველზე აგებულია კორელაციური მატრიცა (ცხრილი 3.1.12.6.)

ცხრილი 3.1.12.5. ლითონების შემცველობა მდ. ჭოროხის ფსკერულ ნალექებში, მგ/კგ.

წ/წ	რეგისტრ. №	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	Ni, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	As, მგ/კგ
1996.06	R-1996	170	300	45	4.20	0.070	-
2006.01	R-2006	180	290	40	4.00	0.065	-
2008.08.I	RB-08-12	95	130	45	6.70	0.095	8.6
2008.09.II	RB-08-15	150	385	50	6.40	0.100	10.6
2009.06	RB-09-15	155	340	40	4.15	0.065	11.6
2010.09.I	RB-10-12	95	150	60	5.52	0.085	8.5
2010.09.II	RB-10-15	65	75	55	4.33	0.084	7.0

კორელაციურ მატრიცაში (ცხრილი 3.1.12.6.) მოცემულია კორელაციის კოეფიციენტები, გაზომვათა რიცხვი და კორელაციის შეფასების კოეფიციენტი P. მნიშვნელოვანი კორელაციები აღნიშნულია სტრიქონქვეშა ხაზით და მსხვილი შრიფტით. კორელაციური ანალიზის შედეგების მიხედვით გამოიყოფა ლითონების ორი ჯგუფი, რომელთაც ახასიათებთ მაღალი დადებითი კორელაცია: სულფიდური მინერალების ელემენტები Cu/Zn/As და რკინის ჯგუფის ელემენტები Fe/Mn. ლითონების შემცველობაში შესამჩნევი სხვაობის მიუხედავად შენარჩუნებულია ელემენტების ურთიერთდამოკიდებულების ხასიათი.

ცხრილი 3.1.12.6. კორელაციური მატრიცა

Pearson Product Moment Correlation

სვეტის შემადგენლობა:

კორელაციის კოეფიციენტი

P სიდიდე

ნიმუშების რაოდენობა

	Zn	Ni	Fe	Mn	As
Cu	<u>0.887</u> <u>0.00770</u> 7	-0.721 0.0676 7	-0.358 0.431 7	-0.551 0.200 7	<u>0.988</u> <u>0.00159</u> 5
Zn		-0.557 0.194 7	-0.126 0.788 7	-0.267 0.563 7	<u>0.937</u> <u>0.0190</u> 5
Ni			0.317 0.489 7	0.548 0.203 7	-0.674 0.212 5
Fe				<u>0.908</u> <u>0.00471</u> 7	-0.0136 0.983 5
Mn					-0.315 0.605 5
As					

ტივტივა ნატანში ფსკერულ ნალექებთან შედარებით გაზრდილია Cu, Zn და Cr შემცველობა.

ცხრილი 3.1.12.7. ლითონების შემცველობა მდ. ჭოროხის ტივტივა ნატანში

წ/წ	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %
1996.06	-	508	120	-	3.30	0.068
2008.08.	38	192	153	286	3.75	0.080
2009.06	-	118	283	-	9.69	0.402

შედეგებიდან ჩანს, რომ შემცველობა დიდ დიაპაზონში ვარირებს და ძნელია რაიმე კანონზომიერების ჩამოყალიბება.

2008-2009 წლების მონაცემებით, მდ. ჭოროხის წყალში და ფსკერულ ნალექებში ნავთობის ნახშირწყალბადების არსებობა არ აღინიშნება. მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ მდ. ჭოროხის ეკოსისტემა საკმაოდ დაძაბულ ეკოლოგიურ სიტუაციაში იმყოფება. ერთის მხრივ, მდინარის დარეგულირების შედეგად მის ქვემო დინებაში შეცვლილი მყარი ნატანის მოცულობები სავარაუდოდ გამოიწვევს ზღვის სანაპირო ზონაში მყარი ნატანის ბალანსის დარღვევას. აღნიშნული ზემოქმედება გარკვეულ რისკს შეიცავს სანაპირო ზონის მდგრადობასთან დაკავშირებით და გარკვეულ ქმედებებს მოითხოვს. მდ. ჭოროხის ნატანში მადნის კომპონენტების მაღალი

შემცველობის გავლენით უკვე მრავალი წელია სულფიდური ელემენტების ბუნებრივი ფონი მდინარის შესართავის მიმდებარე წყალქვეშა ფერდზე მომატებულია. რა თქმა უნდა, ეს ფაქტორი არ ატარებს კატასტროფის ხასიათს და მდინარის და ზღვის წყლის ხარისხზე პირდაპირ არ აისახება, რადგან სულფიდური ელემენტების დაჟანგვის პროცესი წყალქვეშ მიმდინარეობს, წარმოქმნილი ნაერთები - მძიმე ლითონების ჰიდროქსიდები და მარილები ძნელად ხსნადია და სედიმენტაციურ პროცესებში მონაწილეობს.

3.1.13. მდ. აჭარისწყალი

მდ. აჭარისწყლის წყალშემკრები აუზი მდ. ჭოროხის აუზის ნაწილია. იგი სათავეს იღებს არსიანის ქედზე, მოიცავს აჭარის მნიშვნელოვან ტერიტორიას. მისი სიგრძე 90 კმ-ია, მდინარე მოედინება კოლხური ტიპის ნოტიო სუბტროპიკული ტყეებით დაფარულ ულამაზეს ხეობაში. ამჟამად მდინარის ჰიდროსისტემა სერიოზული კვლევის საგანია, ვინაიდან, უახლოეს მომავალში დაგეგმილია 400-მეგავატიანი ჰიდროელექტრო-სადგურების კასკადის მშენებლობის დაწყება [160].

მდინარის წყლის მინერალიზაცია დაბალია, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია: 8.5-9.8 მგ/ლ, გაჯერება 96-116 %. შეინიშნება მინერალიზაციის უმნიშვნელო მატება 2010 წლის ზაფხულში (ცხრილი 3.1.13.1.).

ცხრილი 3.1.13.1. მდ. აჭარისწყლის ძირითადი ჰიდროქიმიური მაჩასიათებლები

რეგისტრაციის №	RW-08-11	RW-09-11	RW-10-11
ტემპერატურა, t°C	23.5	17.7	24.0
pH	7.94	8.2	8.30
გახსნილი O ₂ , მგ/ლ; (გაჯერება, %)	8.5 (99.1)	9.3 (96.2)	9.8 (116.2)
ელ.გამტარობა, mS/სმ	0.156	0.128	0.185
მინერალიზაცია, მგ/ლ	93.0	124.97	159.28
სიმღვრივე, FTU	86	325	5.09
სიმღვრივე, გამოთვლილი (FTU*0.13) მგ/ლ SiO ₂	11.8	42.3	0.66
შეტივანარებული ნივთიერებები, განსაზღვრული წონითი მეთოდით, მგ/ლ	41.1	159.83	-
ნიმუშის აღების თარიღი	06.08.2008	17.06.2009	30.09.2010
დრო, სთ:წთ	17:05	17:55	14:40

სრულიად კანონზომიერად, დაბალი მინერალიზაცია დაკავშირებულია წყლის ხარჯის მოცულობის მატებასთან და შესაბამისად, ამ პერიოდში მაღალია წყლის სიმღვრივეც. დანარჩენი მდინარეებისაგან განსხვავებით, მდ.მდ. ჭოროხისა და აჭარისწყლის წყალშემკრები აუზების აბსოლუტური საშუალო სიმაღლის ნიშნული

მაღალია, ამიტომ მათზე წყალუხვობა შედარებით გვიან, ზაფხულში იწყება. იონური შედგენილობის მიხედვით წყალი კალციუმიან-ჰიდროკარბონატული ტიპისაა (ცხრილი 3.1.13.2.). მდ. აჭარისწყლის შეტივნარებული ნივთიერებების შემცველობა და სიმღვრივე ბევრად მეტია, ვიდრე მდ. ჭოროხის. ორი მდინარის შესართავთან კარგად ჩანს მათ შეფერილობებს და სიმღვრივეს შორის განსხვავება.

ცხრილი 3.1.13.2. ძირითადი იონების შემცველობა მდ. აჭარისწყლის წყალში, მგ/ლ

რეგისტრ. №	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Σi
RW-08-11	52.5	7.1	19.2	1.2	4.6	1.0	7.2	92.8
RW-09-11	62.2	7.5	18.0	4.2	7.0	2.1	24.0	125.0
RW-10-11	75.6	8.5	29.0	6.0	6.1	0.9	33.2	159.3

გრანულომეტრიული ფრაქციული შემადგენლობის მიხედვით ქვემო დინების ფსკერული ნატანი წვრილმარცვლოვან ქვიშებს წარმოადგენს და ძირითადი ნაწილი (69.52 %) 0.5-0.2 მმ ზომის ნაწილაკებისაგან შედგება (ცხრილი 3.1.13.3.).

ცხრილი 3.1.13.3. მდ. აჭარისწყლის ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული შემადგენლობა, %

წ/წ	2.0-1.0 მმ	1.0-0.5 მმ	0.5-0.2 მმ	0.2-0.1 მმ	0.1-0.05 მმ	< 0.05 მმ
2008.08	0.25	1.41	69.52	12.97	13.90	1.95
2006.10	0	3.06	76.98	16.10	6.07	0.85

შეტივნარებული ნატანი ქვემო დინებაში მდინარის სიჩქარის შემცირების შემდეგ ფსკერზე, ქვიშებზე ილექება ლამის 2-3 მმ-იანი ფენის სახით. სინჯების აღების დროს ცალ-ცალკეა აღებული ქვიშისა და ლამის ფენები. მათი ანალიზის შედეგებიდან ჩანს (ცხრილი 3.1.13.4.), რომ ლამებში, ქვიშებისაგან განსხვავებით, მნიშვნელოვნად არის გაზრდილი სპილენძისა და თუთიის, ასევე ორგანული ნახშირბადის შემცველობა. როგორც ცნობილია, აღნიშნული ელემენტების მაღალი შემცველობა დამახასიათებელია აჭარის ნიადაგებისთვის [13, 14]. როგორც ჩანს, ლამის ფენა წარმოქმნილია ნიადაგის ზედაპირული ფენების მორეცხვის შედეგად და წყალუხვობის შემდეგ, შედარებით მშრალ პერიოდში ხდება ყველაზე მსუბუქი ფრაქციების წყალფაზიდან ქვიშებზე დაწდომა.

ცხრილი 3.1.13.4. ლითონების შემცველობა მდ. აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში

რეგისტრ. №	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	As, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %	Al, %	C _{ორგ} , %
R-2006-10	45	67	92	-	-	6.20	0.080	-	-
RB-08-11	45	60	95	4.2	122.5	6.15	0.085	5.89	0.27
RB-09-11	55	60	135	4.0	98.0	5.15	0.080	4.32	0.70
RB-08-14 ლამი	40	140	350	3.4	108.5	6.15	0.085	5.71	1.37
RB-10-11	65	59	75	6.2	84.0	5.00	0.081	-	-

სხვადასხვა წლებში მდ. აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებში ლითონების განსაზღვრის შედეგები ერთმანეთს დიდი სიზუსტით ემთხვევა (ცხრილი 3.1.13.4.), ასევე მდგრადია ფსკერული ნალექების ფრაქციული შემადგენლობაც [83, 162], რაც მდინარეული სისტემის სტაბილურობაზე მიუთითებს. მდინარის შეტივანარებული ნატანის შემადგენლობა (ცხრილი 3.1.13.5.) დიდად არ განსხვავდება ქვიშების და ლამების შემადგენლობისგან.

ცხრილი 3.1.13.5. ლითონების შემცველობა მდ. აჭარისწყლის შეტივანარებულ ნატანში

წ/წ	Ni, მგ/კგ	Cu, მგ/კგ	Zn, მგ/კგ	Cr, მგ/კგ	Fe, %	Mn, %
2008.08	54.8	54.8	79.2	64.0	3.96	0.073
2009.06	75.0	75.0	375	-	4.27	0.075

2008-2009 წლების მონაცემებით, მდ. აჭარისწყლის წყალში და ფსკერულ ნალექებში ნავთობის ნახშირწყალბადების არსებობა არ აღინიშნება.

მდ.მდ. აჭარისწყალი და ჭოროხი იმ იშვიათ მდინარეთა რიცხვს განეკუთვნებიან, რომელთა ნაპირებზეც არ აღინიშნება მყარი ნარჩენებით დაბინძურება. ამას მნიშვნელოვნად განაპირობებს ადგილობრივი მოსახლეობის შეგნებული დამოკიდებულება გარემოს მიმართ. შეიძლება ითქვას, რომ მდ. აჭარისწყლის სისტემა ეკოლოგიური თვალსაზრისით ერთ-ერთი ყველაზე კეთილსაიმედოა.

3.2. საზღვაო აკვატორიის ჰიდროქიმიური, გეოქიმიური და ეკოლოგიური კვლევის შედეგები

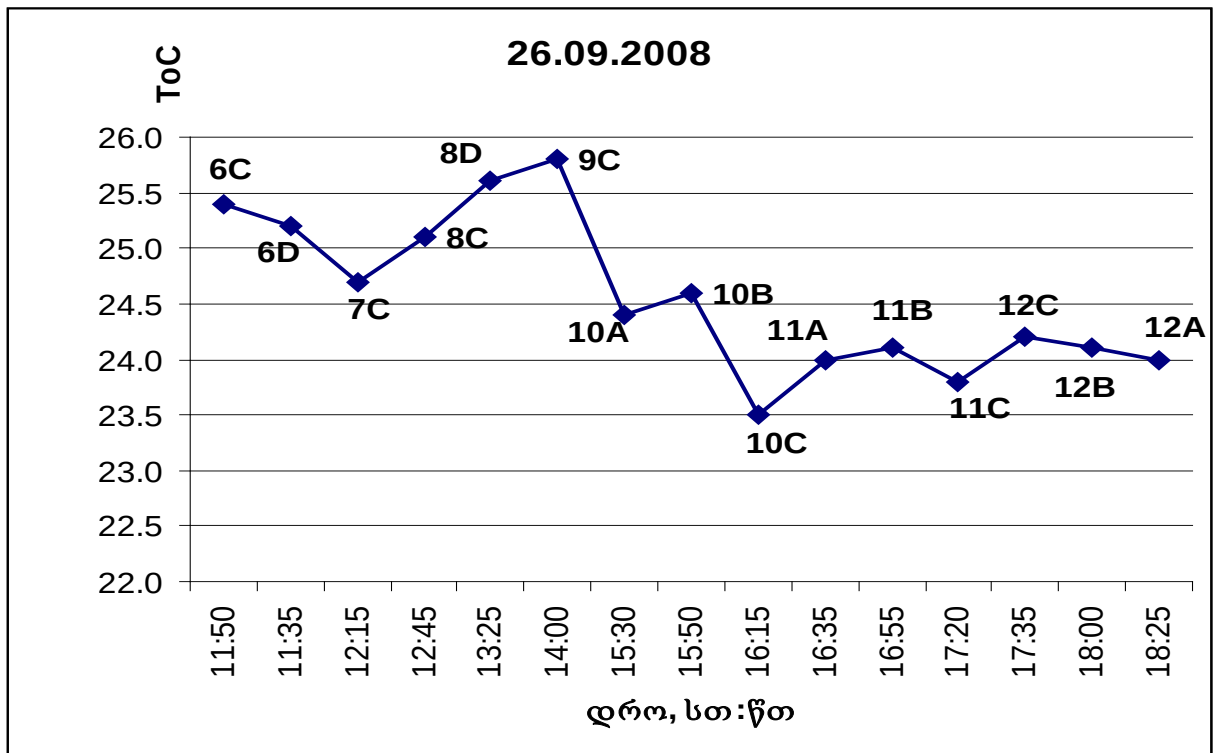
3.2.1. ზღვის წყლის ჰიდროქიმიური პარამეტრები

საქართველოს სანაპიროების გასწვრივ ზღვის წყლის პარამეტრების შესწავლის მიზნით საზღვაო აკვატორიის კვლევები ჩატარდა გონიოს კონცხიდან მდ. ნატანების შესართავამდე 2008 წლის სექტემბერში, ხოლო მდ. ნატანებიდან მდ. ხობის შესართავამდე აკვატორიის კვლევები განხორციელდა 2009 წლის ივნისში და სექტემბერში. საკვლევი წერტილების განლაგება აღნიშნულ აკვატორიებში მოცემულია რუკებზე (დანართი, სურ. 2.1.3.4. და 2.1.3.5.). ჰიდროქიმიური პარამეტრები (ტემპერატურა, pH, ელექტროგამტარობა, მარილიანობა, სიმღვრივე, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა) განსაზღვრულია ექსპედიციების დროს, გემის ბორტზე, პორტატული აპარატურის საშუალებით. კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემები ცხრილებისა და სივრცული განაწილების რუკების სახით მოტანილია დანართში (ცხრილები 3.2.1., 3.2.2. და 3.2.3.).

3.2.1.1. ზღვის წყლის ტემპერატურა

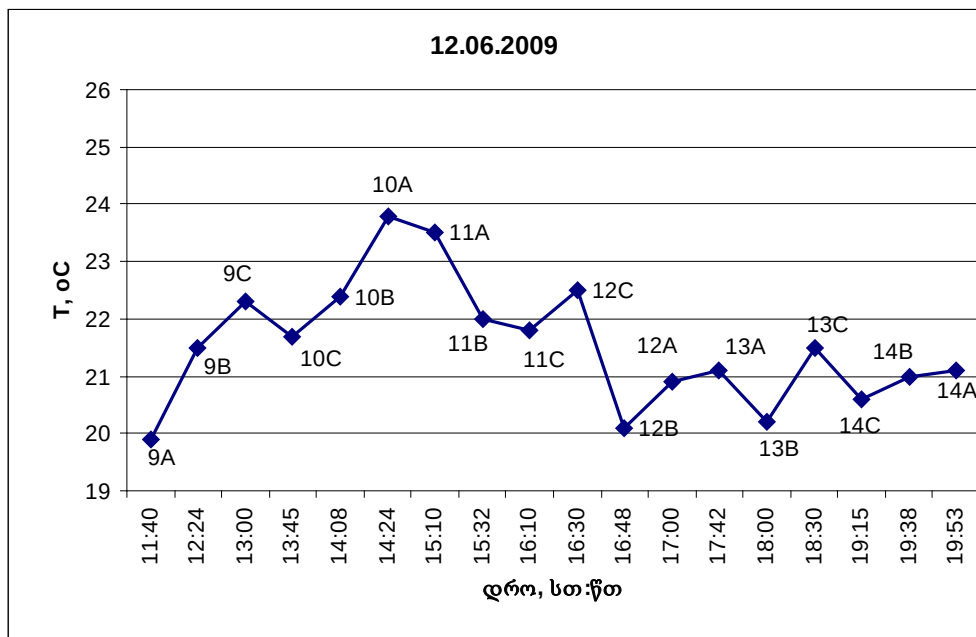
ზღვაზე, გემის მარშრუტის მიხედვით, ვაფიქსირებდით წყლის ტემპერატურას დღის განმავლობაში. მიღებული მონაცემები წარმოვადგინეთ დიაგრამების სახით. დიაგრამებზე X-ღერძზე დატანილია ტემპერატურის ათვლის დრო (საათი, წუთი), Y-ღერძზე - ტემპერატურა °C-ში. იქვე მითითებულია სადგურის დასახელება რუკის მიხედვით.

როგორც შედეგები გვიჩვენებენ, 2008 წლის 26 სექტემბერს, ნატანები - ფოთის მონაკვეთში, 5 მ-იან ფენაში წყლის ტემპერატურა დღის განმავლობაში 23.5 – 26.0°C ფარგლებში აღინიშნებოდა (სურ. 3.2.1.1.1). მაქსიმალური მაჩვენებელი დაფიქსირდა ნაშუადღევს, 13-დან 14 სთ-მდე. ნაპირიდან სხვადასხვა მანძილზე წყალი არათანაბრად თბებოდა, რაზეც მიუთითებს დიაგრამის ტეხილი ფორმა. ტემპერატურის ცვლილება თითქმის 2 გრადუსს შეადგენს.



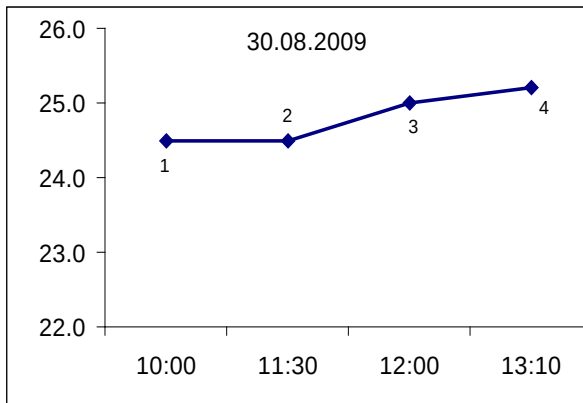
სურ. 3.2.1.1.1. ზღვის წყლის ტემპერატურა, 26.09.2008, ჩაქვი - ნატანების მონაკვეთი

ტემპერატურის ცვლილების უფრო დიდი დიაპაზონი შეიმჩნევა ივნისის თვეში (6 ივნისი, 2009, სურ 3.2.1.1.2.), წყლის ტემპერატურა ნატანები - ფოთის აკვატორიაში დილით 20°C-დან ნაშუადღევს 14 სთ-სთვის 24°C-მდე მატულობს, 16 სთ-ის შემდეგ კი 21°C-მდე კლებულობს.

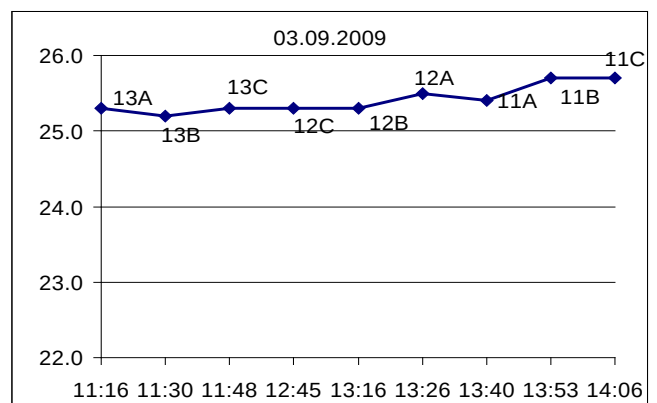


სურ. 3.2.1.1.2. ზღვის წყლის ტემპერატურა, 12.06.2009, ნატანები - ფოთის მონაკვეთი

2009 წლის 30 აგვისტოს და 3 სექტემბერს ტემპერატურა დღის პირველ ნახევარში, როგორც ბათუმის, ასევე ფოთის მიმდებარე აკვატორიებში, თითქმის მთლიანად გათანაბრებულია 25-26°C (სურ. 3.2.1.1.3 და 3.2.1.1.4).

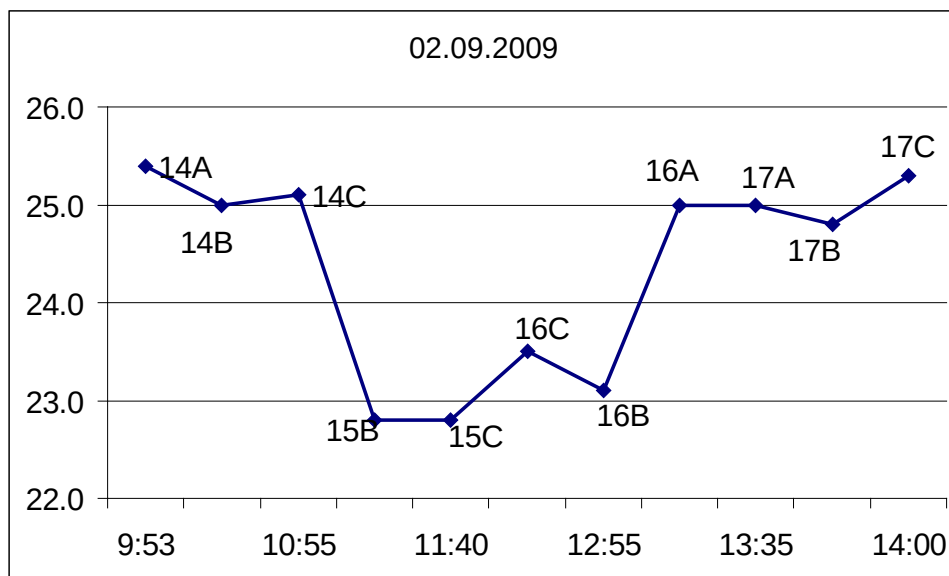


სურ. 3.2.1.1.3. ზღვის წყლის ტემპერატურა, 30.08.2009, ბათუმის აკვატორია



სურ. 3.2.1.1.4. ზღვის წყლის ტემპერატურა, 03.09.2009, პალასტომის აკვატორია

2 სექტემბერს ფოთი - ხობის მონაკვეთზე ჩატარებული გაზომვების დიაგრამაზე აღნიშნულია ტემპერატურის ვარდნა 15–16 პროფილებზე B და C წერტილებში თითქმის 2 გრადუსით (სურ. 3.2.1.1.5). ეს სადგურები მდებარეობს რიონის შესართავიდან ჩრდილოეთით, მდ. ხობის შესართავამდე, სადაც მდინარეული ნაკადების გავლენა არ აღინიშნება და ფაქტიურად ღია ზღვის წყალია.



სურ. 3.2.1.1.5. ზღვის წყლის ტემპერატურა, 02.09.2009, ფოთი - ხობის აკვატორია

3.2.1.2. ზღვის წყლის მარილიანობა

საქართველოს სანაპიროებთან ზღვის წყლის მარილიანობას განსაზღვრავს მდინარეული ნაკადების ინტენსივობა, რომლის ცვალებადობას სეზონური ხასიათი აქვს. განაწილების რუკებზე ჩანს, რომ წყლის მარილიანობა 16.6 – 18.8 ‰ ფარგლებში იცვლება და საშუალოდ 17.6 ‰ შეადგენს. მისი განაწილება თანაბარი არ არის, განსხვავებული მარილიანობის უბნები ერთმანეთის მონაცვლეობით თითქოს ლინზებად არის წარმოდგენილი. მდ. ჭოროხის შესართავიდან სამხრეთით მარილიანობა 17.0 ‰-ზე მეტია (სურ. 3.2.1.2.1); ჩრდილოეთით, ბათუმის აკვატორიაში 17.0 ‰-ს ფარგლებშია, ბარცხანა - ყოროლისწყლის აკვატორიაში, ნავსადგურის მახლობლად აღინიშნა შედარებით დაბალი მარილიანობის მცირე უბანი 16.0 – 16.6 ‰. ეს უბანი წარმოადგენს ბათუმის ყურეს, სადაც წყლის აქტიურ მიმოცვლას ადგილი არა აქვს. ჩაქვისწყალი-კინტრიშის შესართავებს შორის აკვატორიაში, ნაპირთან ახლოს, აღინიშნება შედარებით მაღალი მინერალიზაციის უბანი 17.2 – 17.8 ‰. მისგან ზღვის სიღრმისაკენ კი მინერალიზაცია კლებულობს 16.6 – 16.8 ‰-მდე, რასაც კვლავ შედარებით მაღალი მარილიანობის უბანი მოსდევს. ამ ადგილას მდინარეები ზღვას არ ერთვის. როგორც ჩანს, ნაპირთან ახლოს მაღალი მარილიანობის პატარა უბანი ე.წ. დინამიურ ჩრდილშია მოქცეული და მასზე მდინარეების მტკნარი წყლის ნაკადები გავლენას ვერ ახდენენ. ამ ერთი გამონაკლისის გარდა, ზოგადად, შესწავლილ აკვატორიაში მარილიანობა ზღვის ნაპირიდან დასავლეთისაკენ და სამხრეთისაკენ მატულობს.

მდ. ნატანების შესართავიდან ფოთის ნავსადგურის აკვატორიამდე მონაკვეთში (სურ. 3.2.1.2.2.) ზღვის წყლის მარილიანობა 16.0 – 17.0 ‰-ა, რაც სრულად შეესაბამება მდინარეების, ძირითადად სუფსისა და რიონის წყლის გავლენას. ნაპირიდან მოშორებით, 10 C და 11 C წერტილებში, მარილიანობა მხოლოდ რამდენიმე მეათედით მეტია - 17.8 ‰. წყლის მარილიანობა ნაპირიდან სიღრმისაკენ კანონზომიერად მატულობს.

მდ. სუფსის შესართავიდან მდ. ხობის შესართავამდე აკვატორიაში (სურ. 3.2.1.2.3.) მარილიანობის განაწილების რუკაზე კარგად ჩანს მდ. რიონის დელტის გასწვრივ არსებული მდგომარეობა: დელტის სამხრეთ განშტოების შესართავთან მარილიანობა 17.0 – 17.4 ‰-ს ფარგლებშია, ხოლო დელტის ჩრდილო განშტოების

მიმდებარედ აღინიშნება 18.0 ‰ და მეტი, რაც ჩვენს რეგიონში ყველაზე მაღალი მაჩვენებელია. ამავე ადგილას აღინიშნა წყლის ტემპერატურის 2 გრადუსით ვარდნა (სურ. 3.2.1.1.5). მაღალი მარილიანობა მდ. ხობის შესართავამდე გრძელდება. ასეთი სურათი თითქოს არ ეთანხმება იმ ფაქტს, რომ მდ. რიონის ძირითადი ნაკადი დელტის ჩრდილოეთი განშტოებით უერთდება ზღვას და მის შესართავში მარილიანობა თითქოს უფრო დაბალი უნდა ყოფილიყო, ვიდრე სამხრეთით. როგორც ჩანს, დელტის სამხრეთ ნაწილში მდინარის ნაკადის გარდა შედარებით მტკნარი წყალი პალიასტომის ტბიდან და მიმდებარე ქარბტენიანი ტერიტორიებიდან მდ. მალთაყვას საშუალებით შედის ზღვაში. როგორც აღვნიშნეთ, (ქვეთავი 3.1.3 და 3.1.4.) მდ. მალთაყვასა და პალიასტომის ტბის წყლის მარილიანობა 5 – 7 გ/ლ-ს შეადგენს. ასევე, სავარაუდოდ, თავად ქალაქის მიერ მოხმარებული წყალი სწორედ სამხრეთი განშტოებიდან შეიძლება ხვდებოდეს ზღვაში.

3.2.1.3. ზღვის წყლის სიმღვრივე

წყლის სიმღვრივის განაწილება ნაჩვენებია რუკებზე სურ. 3.2.1.3.1, 3.2.1.3.2 და 3.2.1.3.3. ბათუმი - ნატანების აკვატორიაში ზღვის წყლის სიმღვრივე დიდ ფარგლებში იცვლება 0.6-60 ფორმაზინის ერთეულამდე და ძალიან არათანაბრად არის განაწილებული. აკვატორიის ძირითად ნაწილში სიმღვრივე ფორმაზინის 5 ერთეულზე ნაკლებია. მაქსიმალური სიმღვრივე აღინიშნა ქ. ბათუმის ნავსადგურის წინ, ოდნავ ჩრდილოეთით, ნაპირთან ახლოს. ნაპირიდან დაცილებისას სიმღვრივე კონცენტრული წრეების ფორმით მცირდება და ზღვის დინებების გავლენით ჩრდილო-დასავლეთით, თითქმის მდ. კინტრიშის შესართავის აკვატორიამდე, სიღრმისაკენ გადაადგილდება (სურ. 3.2.1.3.1.). ბათუმის აკვატორიაში წყლის მაღალი სიმღვრივე მთლიანად მიეწერება როგორც ნავსადგურის, ასევე თავად ქალაქის მხრიდან ანთროპოგენულ დატვირთვას.

ზღვაში შემავალი მცირე მდინარეების მყარი ნატანი ზღვის წყლის სიმღვრივეზე მნიშვნელოვან გავლენას ვერ ახდენს, ასევე მდ. ჭოროხის შესართავის მიმდებარე აკვატორიაში ზღვის წყლის სიმღვრივე დაბალია, რაც კანონზომიერია, ვინაიდან თავად მდ. ჭოროხის წყალი გამჭვირვალეა, სიმღვრივე შეადგენდა 3.8–დან 7.8 FTU–მდე.

ნატანები - ფოთის აკვატორიაში, 2009 წლის ივნისში (სურ. 3.2.1.3.2.), წყლის სიმღვრივე 0-დან 10 ფორმაზინის ერთეულამდე იცვლება, შედარებით მაღალი

მაჩვენებლები აღინიშნა მდინარეების შესართავების მახლობლად, დაბალ სიღრმეებზე, რაც სავსებით კანონზომიერია. სუფსა - ხობის აკვატორიაში 2009 წლის სექტემბერში წყლის შედარებით მაღალი სიმღვრივე 25 – 30 FTU აღინიშნა მდ. რიონის დელტის გასწვრივ (სურ. 3.2.1.3.3.). ზღვის სიღრმის მიმართულებით სიმღვრივე კლებულობს 10 – დან 0 FTU-მდე. ასე, რომ წყლის სიმღვრივის მატება მთლიანად მდინარეული ნაკადებით არის განპირობებული.

3.2.1.4. ზღვის წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა

გონიო-ნატანების აკვატორიაში ზღვის წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა 6.3 – 8.8 მგ/ლ ფარგლებში მერყეობს; საშუალოდ 8.2 მგ/ლ, რაც ახლოა მრავალწლიან საშუალო მონაცემებთან და ნორმასთან, წყლის ტემპერატურის და სეზონის გათვალისწინებით. გახსნილი ჟანგბადის განაწილებაში (სურ. 3.2.1.4.1.) შეიმჩნევა ზოგადი კანონზომიერება: გონიოდან მდ. ყოროლისწყლის შესართავამდე და მდ.მდ. კინტრიშისა და ნატანების შესართავებს შორის გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა მაღალია (9.0 მგ/ლ-მდე). მდ. ყოროლისწყლის შესართავის ჩრდილოეთით, მდ. ჩაქვისწყლის შესართავის აკვატორიამდე, ნაპირთან ახლოს, აღინიშნება მინიმალური შემცველობები 6.2 – 7.2 მგ/ლ (სურ. 3.2.1.4.1.).

ნატანებიდან ფოთამდე აკვატორიის მონაკვეთში გახსნილი ჟანგბადის შედარებით მცირე შემცველობები ნაპირთან ახლოს, მდინარეების შესართავებთან აღინიშნება (სურ. 3.2.1.4.2.).

3.2.1.5. ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა ზღვის წყალში

საკვლევ აკვატორიაში წყლის ნიმუშების ანალიზის 2009 წ მონაცემების საფუძველზე შესაძლებელია ითქვას, რომ ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების შემცველობა 0.04 - 1.74 მგ/ლ ზღვრებში იცვლებოდა. მაქსიმალური მნიშვნელობა 1.74 მგ/ლ მდ. ბარცხანას ზღვასთან შესართავის რაიონში აღინიშნა. მათი შემცველობა დაფიქსირდა მდ.მდ. ყოროლისწყლის და კუბისწყლის შესართავების აკვატორიაში, შესაბამისად 0.26 მგ/ლ და 0.64 მგ/ლ. ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა 0.52 მგ/ლ ასევე დაფიქსირდა ბათუმის ნავსადგურის შიდა აკვატორიაშიც. მიღებული

მონაცემების საფუძველზე გეოინფორმაციული სისტემების გამოყენებით შედგენილია წყალში ნავთობის ნახშირწყალბადების განაწილების რუკა (სურ. 3.2.2.1.17.).

3.2.2. ზღვის ფსკერული ნალექების გამოკვლევა

3.2.2.1. ლითონების შემცველობა წყალქვეშა ფერდის ფსკერულ ნალექებში

საზღვაო აკვატორიაში გონიოდან მდ. ნატანების შესართავამდე წყალქვეშა ფერდის ფსკერული ნალექები ფორმირებულია მდ.მდ. ჭოროხის, ბარცხანას, ყოროლისწყლის, კინტრიშის, ნატანების, ჩაქვისწყლის და სუფსის მყარი ნატანით. ვინაიდან, აღნიშნული მდინარეების წყალშემკრები აუზები აჭარა-თრიალეთის სამხრეთ-დასავლეთ დაბოლოებას მოიცავს (ძირითადად მესხეთის ქედის სამხრეთი ფერდი). ჩრდილოეთით, მდ. ხობის შესართავამდე ფსკერული წყალქვეშა ფერდი იქმნება კოლხეთის დაბლობის მდინარეების ფსკერული ნატანით. ელემენტების განაწილების ხასიათიც ზემოთაღნიშნულ ფაქტორებზეა დამოკიდებული.

რკინა დედამიწის ქერქის ერთ-ერთი ძირითადი ელემენტია. ზღვის ფსკერულ ნალექებში მისი შემცველობა მთლიანად განპირობებულია მდინარეების მყარი ნატანის ლითოლოგიურ-გეოქიმიური თავისებურებებით. რკინის განაწილების რუკებზე (სურ. 3.2.2.1.1. და 3.2.2.1.2.) ჩანს, რომ გონიოდან მდ. ხობის შესართავამდე ფონური კონცენტრაცია 4 – 5%-ს შეადგენს. მაღალი კონცენტრაციის უბნები აღინიშნება ქ. ბათუმისა და მდ. ჩაქვისწყლის შესართავების აკვატორიებში. უშუალოდ მდ. ბარცხანას შესართავის წინ, ნავსადგურის აკვატორიაში, Fe შემცველობა 8%-მდე მატულობს. ნაპირიდან დაცილებისას შენარჩუნებულია მაღალი შემცველობა. როგორც ვნახეთ, მდ. ბარცხანას ფსკერულ ნალექებში Fe შემცველობა 7.2 %-ია. ასე, რომ წყალქვეშა ფერდის ამ მონაკვეთზე რკინის შემცველობას მდ. ბარცხანას ნატანი განაპირობებს. მდინარის აუზის ლითოლოგიური თავისებურებების გათვალისწინებით, მის ფსკერულ ნალექებში რკინის მაღალი შემცველობა შეიძლება აიხსნას რეგიონში ფართოდ გავრცელებული ლატერიტების გამორეცხვის პროდუქტებით. ნატანების შესართავიდან ჩრდილოეთით რკინის შემცველობა ფონის ფარგლებშია.

მანგანუმის განაწილებას ფსკერულ ნალექებში კანონზომიერი ხასიათი აქვს: სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ მისი შემცველობა მატულობს. გონიო – ბათუმის მონაკვეთში მისი შემცველობა 0.06-0.08 %-ია, 0.1 %-ზე მეტია ჩაქვისწყალი – კინტრიშის

შესართავებს შორის, ნაპირთან ახლოს და ასევე, კინტრიში – ნატანების შესართავებს შორის, ნაპირიდან შედარებით მოცილებით (სურ. 3.2.2.1.3.). მდ. სუფსის შესართავიდან ჩრდილოეთით მისი შემცველობა მატულობს და მდ. რიონის დელტის მიმდებარედ 0.33%-აღწევს (სურ. 3.2.2.1.4.). ფაქტია, რომ ამ მონაკვეთში მანგანუმის შემცველობა მდ. რიონთან არის დაკავშირებული. აღინიშნება მანგანუმის სიღრმისაკენ მიგრაციის ტენდენცია, რომელიც ორი ფაქტორის ზემოქმედებით მიმდინარეობს: ერთი, ნალექების პელიტური ფრაქციების გრავიტაციული სეპარაციით და სიღრმეში ზღვის დინებების საშუალებით გატანით და მეორე, ჩრდილოეთიდან, კოლხეთის დაბლობის მიმდებარე წყალქვეშა ფერდიდან, მისი სამხრეთით მიგრაციით.

სპილენძისა და თუთიის მაღალი შემცველობა და მისი წყარო მდ. ჭოროხის ფსკერულ ნალექებში უკვე განვიხილეთ შესაბამის ქვეთავებში (ქვეთავი 3.1.12.). ჩვენი მონაცემებით მნიშვნელოვანი აკუმულაცია 300–400 მგ/კგ აღინიშნება მდ. ჭოროხის შესართავისწინა ფსკერულ ნალექებში, დაბალ სიღრმეებზე, ასევე ბათუმის ყურის ფსკერულ ნალექებში [84, 85]. სპილენძისა და თუთიის განაწილების რუკებზე (სურ. 3.2.2.1.5, 3.2.2.1.6, 3.2.2.1.7, 3.2.2.1.8). კარგად გამოიკვეთა აკუმულაციის უბანი შედარებით ჩრდილოეთით, ბათუმის კონცხის სამხრეთ კიდეზე. იქ, სადაც ფაქტიურად ადგილი აქვს მყარი ნატანის შეკავებას, Cu და Zn კონცენტრაცია 300 მგ/კგ აღწევს. როგორც ჩანს, მდ. ჭოროხის შესართავისწინა ზღვის ფსკერულ ნალექებში აკუმულირებული სპილენძითა და თუთიით გამდიდრებული ტერიგენული მასალა ნაპირგასწვრივი დინებების გავლენით ჩრდილოეთით, კონცხისკენ გადაადგილდება და სავარაუდოდ, კანიონის მიერ შთაინთქმება [89]. ბათუმიდან ჩრდილოეთით სპილენძისა და თუთიის შემცველობა ფონურ კონცენტრაციას უტოლდება, რაც 40 – 70 მგ/კგ-შეადგენს. გამონაკლისია კინტრიში – ნატანების შესართავებს შორის აკვატორიის ნაპირიდან დაცილებულ უბნებში სპილენძის 100 – 120 მგ/კგ და თუთიის 110 – 130 მგ/კგ-მდე მომატებული შემცველობა. ნატანები - ხობის მდინარეთაშუეთის ფსკერულ ნალექებში სპილენძის შემცველობა ფონურია, ზღვრებში (15 – 75 მგ/კგ).

სპილენძისაგან განსხვავებით, თუთიის განაწილებას არათანაბარი ხასიათი აქვს. მდ. სუფსის შესართავამდე მისი შემცველობა საკმაოდ მაღალია - 180 მგ/კგ-ს აღწევს. ასევე მაღალია მისი შემცველობა ფოთის აკვატორიაშიც, მდ. რიონის დელტის მიმდებარე წყალქვეშა ფერდზე (სურ. 3.2.2.2.8.). ჩვენი აზრით, თუთიის კონცენტრაციის ზრდა ამ შემთხვევაში ქალაქ ფოთთან და ნავსადგურთან არსებულ საყოფაცხოვრებო

დაბინძურებასთან არის დაკავშირებული. უფრო ჩრდილოეთით, ხობამდე, შემცველობა კვლავ ფონის ფარგლებშია 30 - 60 მგ/კგ-მდე.

დარიშხანის მაქსიმალური შემცველობა, სპილენძისა და თუთიის მსგავსად, აღინიშნა ბათუმის კონცხთან – 29-34 მგ/კგ (სურ. 3.2.2.1.9.). ბათუმის კონცხიდან ორივე მიმართულებით დარიშხანის შემცველობა კლებულობს. ფონურ შემცველობად შეიძლება ჩაითვალოს 4–9 მგ/კგ. ეს კონცენტრაცია აღინიშნება ჩაქვისწყლის შესართავის აკვატორიიდან მდ. ხობის აკვატორიის ჩათვლით, ნაპირთან ახლოს (სურ. 3.2.2.1.10.). დარიშხანი, თუთიასა და სპილენძთან ერთად, სულფიდური მადნების მინერალოგიურ კომპლექსებში ქალკოპირიტის, სფალერიტ-გალენიტის, არსენოპირიტის ფორმით მძიმე ფრაქციებშია თავმოყრილი და მცირე სიღრმეებზეა აკუმულირებული. ამიტომ, სულფიდური მინერალების გავრცელების არეალში სამივე ელემენტის განაწილება ზუსტად ანალოგიურია: ქიმიურ თვისებებში დიდი სხვაობის მიუხედავად, დარიშხანი ფსკერულ ნალექებში სპილენძისა და თუთიის ანალოგიურ გეოქიმიურ და მიგრაციულ თვისებებს ამჟღავნებს.

სუფსა - ხობის შესართავებს შორის აკვატორიაში დარიშხანის შემცველობა 3.4 - დან 16.0 მგ/კგ-მდე იცვლება (სურ. 3.2.2.1.10.). აკვატორიის ამ მონაკვეთშიც მის განაწილებას, სპილენძის ანალოგიურად, ახასიათებს ნაპირიდან დაშორებით კონცენტრაციის ზრდა [87].

ბათუმი - ჭოროხის აკვატორიაში ქალკოფილური ელემენტების განაწილების თავისებურებების უკეთ შესწავლის მიზნით ხელახლა ჩატარდა კვლევები. ახალი მონაცემების საფუძველზე აგებულ რუკებზე აღინიშნა აკუმულაციის უბნები მდ. ჭოროხის შესართავთან, სადაც სპილენძის, თუთიისა და დარიშხანის კონცენტრაცია შესაბამისად უდრის 455-560, 450-575 და 63-69 მგ/კგ (ცხრილი 3.2.3). აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ აღნიშნულ წყალქვეშა ფერდზე ინტენსიური დინამიური პროცესების გავლენით ფსკერული ნალექების გადანაწილების სურათი სწრაფად იცვლება. მდ. ჭოროხის შესართავიდან ჩრდილოეთით გადაადგილებული ნალექები კანიონში გადადის და მის ადგილს ახლადტრანსპორტირებული მყარი ნატანი იკავებს (სურ. 3.2.2.1.ა, 3.2.2.1.ბ. და 3.2.2.1.გ.).

ნიკელის განაწილების სურათის მიხედვით (სურ. 3.2.2.1.11.) ჩანს, რომ ჭოროხის შესართავიდან ბათუმის აკვატორიამდე ნიკელის შემცველობა ფონურია - 25-55 მგ/კგ. ბათუმის აკვატორიიდან ჩრდილოეთით ადგილი აქვს კონცენტრაციის მატებას (100

მგ/კგ და მეტი). ამავე დროს ჩანს, რომ მაღალი კონცენტრაციები მდინარეების შესართავებს ემთხვევა. მდ. სუფსის შესართავიდან ჩრდილოეთით, სადაც ძირითადად კოლხეთის დაბლობის ტერიგენული მასალაა წარმოდგენილი, შემცველობა კვლავ კლებულობს 55 მგ/კგ-მდე (სურ. 3.2.2.1.12.).

ალუმინი დედამიწის ქერქში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული ელემენტია. მის განაწილებას ფსკერულ ნალექებში რთული სურათი აქვს. Al_2O_3 ყველა ტიპის ქანის ძირითადი შემადგენელია. ალუმინისათვის დამახასიათებელია ამფოტერულობა, ნაერთთა ფორმების ცვლა. მისი შემცველობა შესწავლილი აკვატორიის უკიდურეს სამხრეთ და უკიდურეს ჩრდილოეთ ნაწილებში შედარებით მეტია (სურ. 3.2.2.1.13 და სურ. 3.2.2.1.14.). კოლხეთის დაბლობის მიმდებარე წყალქვეშა ფერდზე Al-ის დაგროვება აიხსნება ეწერი ნიადაგების გამოფიტვის პროდუქტებით, რომლებიც მდ. რიონის მიერ ტრანსპორტირდება. ეწერი ნიადაგებისათვის დამახასიათებელია Al_2O_3 მომატებული შემცველობა, სხვა ტიპის ნიადაგებთან შედარებით. გარდა ამისა, ჭაობების ეკოსისტემაში წყლის შედარებით დაბალი pH განაპირობებს ალუმინის ხსნადი ნაერთების წარმოქმნას, რომლებიც ზღვის შედარებით ტუტე გარემოში ჰიდროლიზდება და ფსკერზე ილექება. მაღალი დისპერსულობისა და კოლოიდების წარმოქმნისადმი მიდრეკილების გამო Al ძირითადად აკუმულირდება ზღვის დიდ სიღრმეებზე თიხა მინერალების შემადგენლობაში.

ქრომი. შესწავლილი აკვატორიის ზღვის ფსკერულ ნალექებში ქრომის შემცველობა აღინიშნება 60 – 250 მგ/კგ ფარგლებში. მაქსიმალური შემცველობა 240-250 მგ/კგ აღინიშნა მდინარეების: ჩაქვისწყლის, კინტრიშისა და ნატანების შესართავების მიმდებარე ფსკერულ ნალექებში. მათგან ჩრდილოეთით და სამხრეთით კონცენტრაცია კლებულობს 60 მგ/კგ-მდე (სურ. 3.2.2.1.15 და სურ. 3.2.2.1.16.).

ზოგადად, უნდა აღინიშნოს, რომ ქრომისა და რკინის განაწილების ხასიათი მსგავსია და შეიძლება დავასკვნათ, რომ აჭარა-თრიალეთის მიმდებარე ზღვის ფსკერულ ნალექებში მათ წარმოშობის ერთი წყარო აქვთ, რაც დაკავშირებულია წითელმიწა გამოფიტვის ქერქთან და მისი გამოფიტვის პროდუქტებში რკინითა და რკინის ჯგუფის ელემენტებით მდიდარი მუქი მინერალების არსებობასთან.

ცხრილი 3.2.2.1.1. კორელაციური მატრიცა, გონიო - ნატანების მონაკვეთი

Pearson Product Moment Correlation

სვეტის შემადგენლობა:

კორელაციის კოეფიციენტი

P სიდიდე

ნიმუშების რაოდენობა – 31

	Cu	Zn	Cr	As	Fe	Mn	Al
Ni	0.109 0.560 31	0.0403 0.830 31	<u>0.404</u> <u>0.0241</u> 31	-0.149 0.423 31	0.133 0.475 31	<u>0.511</u> <u>0.00329</u> 31	-0.0342 0.855 31
Cu		<u>0.808</u> <u>0.0000000379</u> 31	-0.102 0.584 31	<u>0.890</u> <u>2.211E-011</u> 31	0.183 0.326 31	-0.0648 0.729 31	-0.0550 0.769 31
Zn			0.327 0.0721 31	<u>0.796</u> <u>0.0000000881</u> 31	<u>0.660</u> <u>0.0000535</u> 31	0.272 0.138 31	<u>-0.378</u> <u>0.0359</u> 31
Cr				-0.171 0.358 31	<u>0.857</u> <u>0.000000000733</u> 31	<u>0.763</u> <u>0.000000589</u> 31	<u>-0.426</u> <u>0.0169</u> 31
As					0.192 0.301 31	-0.115 0.538 31	-0.153 0.411 31
Fe						<u>0.628</u> <u>0.000158</u> 31	<u>-0.511</u> <u>0.00331</u> 31
Mn							<u>-0.392</u> <u>0.0293</u> 31
Al							

ელემენტთა ურთიერთკავშირის ხასიათს კარგად ასახავს კორელაციური ანალიზი. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილებში 3.2.2.1.1. და 3.2.2.1.2., სადაც $P < 0.05$ ნიშნავს, რომ კორელაცია მნიშვნელოვანია.

ცხრილი 3.2.2.1.2. კორელაციური მატრიცა, ფოთი - ხობის მონაკვეთი

Pearson Product Moment Correlation

სვეტის შემადგენლობა:

კორელაციის კოეფიციენტი

P სიდიდე

ნიმუშების რაოდენობა – 42

	Cu	Zn	Cr	As	Fe	Mn	Al
Ni	<u>0.553</u> <u>0.000148</u> 42	<u>0.472</u> <u>0.00161</u> 42	0.0799 0.615 42	0.279 0.0737 42	0.0599 0.706 42	0.229 0.144 42	0.275 0.0776 42
Cu		0.0389 0.807 42	0.130 0.413 42	<u>0.537</u> <u>0.000244</u> 42	<u>0.412</u> <u>0.00675</u> 42	<u>-0.322</u> <u>0.0374</u> 42	0.0763 0.631 42
Zn			<u>-0.381</u> <u>0.0127</u> 42	0.0309 0.846 42	<u>-0.332</u> <u>0.0317</u> 42	0.0578 0.716 42	0.0329 0.836 42
Cr				-0.0828 0.602 42	<u>0.444</u> <u>0.00326</u> 42	0.155 0.326 42	0.0842 0.596 42
As					<u>0.326</u> <u>0.0354</u> 42	-0.166 0.292 42	-0.235 0.134 42
Fe						-0.293 0.0601 42	-0.121 0.445 42
Mn							0.245 0.118 42
Al							

გონიო-ნატანების მონაკვეთის წყალქვეშა ფერდის ფსკერულ ნალექებში კორელაციური ანალიზის შედეგად გამოვლინდა ელემენტთა ჯგუფები, რომლებსაც გავრცელების მსგავსი ხასიათი აქვს. ესენია, რკინის ჯგუფის ელემენტები Mn /Fe /Ni/Cr და სულფიდური ჯგუფის ელემენტები Cu/Zn/As. თუთია დადებით კორელაციას ავლენს სულფიდურ ელემენტებთანაც, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ თუთია არის როგორც სიდეროფილური, ასევე ქალკოფილური ელემენტი. რაც შეეხება Al, იგი ავლენს უარყოფით კორელაციას ყველა დანარჩენ ელემენტთან.

ელემენტთა კორელაციის განსხვავებული მაჩვენებლებია ფოთი - ხობის წყალქვეშა ფერდის ფსკერულ ნალექებში. წყალქვეშა ფერდის ამ მონაკვეთში არ აღინიშნება რკინის ჯგუფის ელემენტების დადებითი კორელაცია, გამოიკვეთა რკინის დადებითი კორელაცია სულფიდურ ელემენტებთან Cu, As და უარყოფითი მანგანუმთან.

მიღებული შედეგები მიუთითებს, რომ წყალქვეშა ფერდის ამ მონაკვეთზე არ აღინიშნება არც სულფიდური მინერალების გავრცელება, არც წითელმიწა გამოფიტვის ქერქისათვის დამახასიათებელი მინერალოგიური კომპლექსები. ელემენტთა განაწილება ექვემდებარება გრავიტაციულ ფრაქციონირებას და ელემენტების სიღრმისაკენ გადანაცვლების ტენდენციას. რკინისა და მანგანუმის უარყოფითი კორელაცია აიხსნება მადნეული წარმოშობის მანგანუმის სიჭარბით.

3.2.2.2. ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში

ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების შემცველობა განისაზღვრა ზღვიდან და ასევე ფოთის პორტის შიდა აკვატორიიდან აღებული ფსკერული ნალექის 51 ნიმუშში. ანალიზის შედეგები მოცემულია ცხრილებში (ცხრ. 3.2.1. და ცხრ. 3.2.3.).

ნატანები-სუფსა-ხობის მდინარეთაშუეთის წყალქვეშა ფერდიდან აღებული 35 ფსკერული ნალექის ნიმუშიდან 17 ნიმუშში ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების შემცველობა არ აღინიშნა, მეთოდის განსაზღვრის ზღვარზე (1.5 მგ/კგ) ნაკლებია. დანარჩენ ნიმუშებში მათი შემცველობა 4.1-76.7 მგ/კგ ზღვრებში იცვლებოდა. მაქსიმალური კონცენტრაცია (76.7 მგ/კგ) ფოთის პორტის მოლის გარეთ აღებულ ფსკერული ნალექის ნიმუშში აღინიშნა.

მდ.მდ. სუფსის, ნატანების და ხობის შესართავების მიმდებარე აკვატორიაში მათმა საშუალო მნიშვნელობებმა შესაბამისად 40.0, 27.9 და 17.7 მგ/კგ შეადგინა. ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების მცირე რაოდენობით (20.9 მგ/კგ) არსებობა ასევე დაფიქსირდა მდ. სუფსის ჩრდილოეთის მიმართულებითაც.

შედარებით მაღალი მაჩვენებელი აღინიშნა ფოთის პორტის შიდა აკვატორიიდან აღებული ფსკერული ნალექების ნიმუშებში, სადაც ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების შემცველობა 67.3 - 2168.6 მგ/კგ ზღვრებში იცვლებოდა.

მდ. ჭოროხის შესართავისა და ქ. ბათუმის მიმდებარე წყალქვეშა ფერდის ფსკერულ ნალექებში ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების შემცველობა ძირითადად მეთოდის განსაზღვრის ზღვარზე 1.5 მგ/კგ ნაკლებია. მცირე რაოდენობებით, 32.3 და 2.7 მგ/კგ შემცველობა აღინიშნა მხოლოდ ბათუმის ნავსადგურის მიმდებარე აკვატორიაში.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე შედგენილი ნავთობის ნახშირწყალბადების განაწილების ინტერპოლაციური რუკა საშუალებას იძლევა შავი ზღვის ნავთობით დაბინძურების შემთხვევაში დადგინდეს მათი გავრცელების მიმართულება, განაწილება და აკუმულაცია (სურ. 3.2.2.1.18. და სურ. 3.2.2.1.19.).

3.3. ლითონთა ფორმები მდინარეების ფსკერულ ნალექებში

ზემოთაღწერილი სქემის მიხედვით (თავი 2) ჩატარდა მდინარეების ფსკერულ ნალექებში ლითონების ფორმების ანალიზი. საკვლევად აღებულია 4 მდინარის: რიონი, სუფსა, ჭოროხი და აჭარისწყალი ფსკერული ნალექები. საკვლევ ხსნარებში ლითონები განისაზღვრა ატომურ – აბსორბციული მეთოდით. მიღებული შედეგები იკრიბება და იანგარიშება თითოეული ფორმის პროცენტული წილი საერთო შემცველობაში. ანალიზის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 3.3.1. და დიაგრამების სახით (ნახ.3.4.1.1.-3.4.1.4).

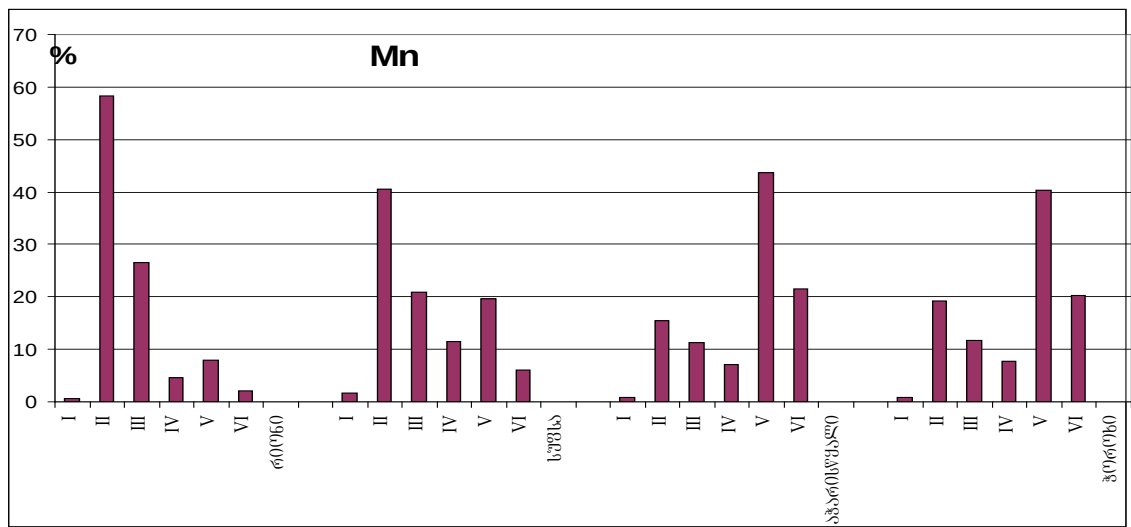
მანგანუმი. მიღებული შედეგებიდან (ცხრილი 3.3.1., ნახ. 3.3.1.) ჩანს, რომ ოთხივე მდინარის ფსკერულ ნალექებში მანგანუმის სორბირებული ფორმის წილი ძალიან მცირეა – არ აღემატება საერთო შემცველობის 1 %-ს. მდ.მდ. რიონისა და სუფსის ფსკერულ ნალექებში მანგანუმის ძირითადი ნაწილი (შესაბამისად 58.23 და 40.49 %) წარმოდგენილია 1M ძმარმჟავაში ხსნადი ლაბილური ფორმებით. ეს შესაძლოა იყოს ჰიდროკარბონატები, ადვილადხსნადი ორგანული და არაორგანული ნივთიერებები, რომლებიც იშლებიან სუსტ მჟავა გარემოში. მდ.მდ. აჭარისწყლისა და ჭოროხის ნალექებში მანგანუმის ეს ფორმა უფრო მცირე შემცველობით არის წარმოდგენილი: შესაბამისად 15.52 და 19.32 % ჯამურიდან. მდინარეებისათვის დამახასიათებელია კრისტალიზებული ჰიდროქსიდებისა და ოქსიდების ფორმით არსებული მანგანუმი (III ფრაქცია). ეს ჰიდროგენული ფორმაა, წყალფაზიდან არის გამოლექილი და შემდგომ კრისტალიზებული. მდ.მდ. რიონისა და სუფსისათვის ამ ფორმის წილი საკმაოდ

მაღალია – 26.58 და 20.90 %, ხოლო მდ.მდ. აჭარისწყლისა და ჭოროხისათვის შედარებით მცირე – 11.34 და 11.65 % ჯამურიდან.

ცხრილი 3.3.1. ლითონების ფორმების ანალიზის შედეგები

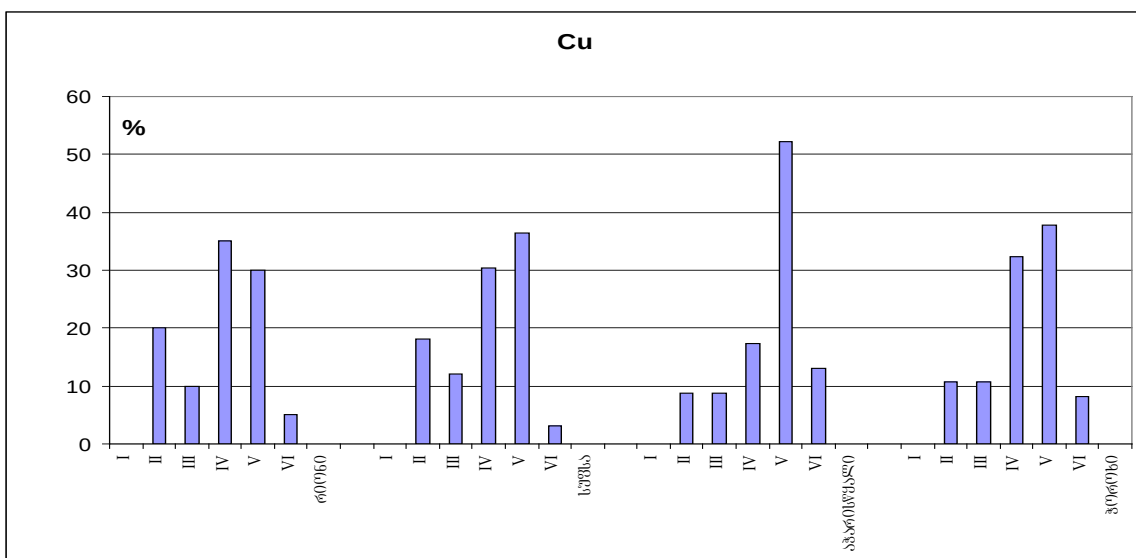
ელემენტი		Mn	Zn	Cu	Fe
მდ. რიონი	ფრაქცია	% ჯამურიდან			
	I	0.63	0.00	0.00	0.06
	II	58.23	13.79	20.00	3.72
	III	26.58	10.34	10.00	3.68
	IV	4.68	17.24	35.00	23.23
	V	7.85	48.28	30.00	60.74
	VI	2.03	10.34	5.00	8.58
მდ. სუფსა	I	1.57	0.00	0.00	0.04
	II	40.49	14.29	18.18	4.61
	III	20.90	14.29	12.12	6.46
	IV	11.49	17.14	30.30	17.46
	V	19.54	45.71	36.36	62.56
	VI	6.01	8.57	3.03	8.86
მდ. აჭარისწყალი	I	0.90	0.00	0.00	0.04
	II	15.52	4.88	8.70	0.53
	III	11.34	4.88	8.70	1.14
	IV	7.16	24.39	17.39	5.80
	V	43.58	48.78	52.17	75.78
	VI	21.49	17.07	13.04	16.72
მდ. ჭოროხი	I	0.85	0.00	0.00	0.04
	II	19.32	7.69	10.81	0.63
	III	11.65	5.77	10.81	1.40
	IV	7.67	30.77	32.43	7.08
	V	40.34	42.31	37.84	74.18
	VI	20.17	13.46	8.11	16.67

მდ.მდ. აჭარისწყლისა და ჭოროხის ფსკერულ ნალექებში მანგანუმი უპირატესად წარმოდგენილია ოქსიდური ფორმებით (შესაბამისად, საერთო შემცველობის 43.58 და 40.34 %), რომლებიც იშლება სამეფო არყით. აღსანიშნავია სილიკატური მანგანუმის არსებობა (VI ფრაქცია) ამავე მდინარეების ფსკერულ ნალექებში (შესაბამისად, 21.49 და 20.17 % ჯამურიდან). მდ.მდ. რიონისა და სუფსის ნალექებში ამ ფორმების წილი ძალიან მცირეა – 2.03 და 6.01 % ჯამურიდან.



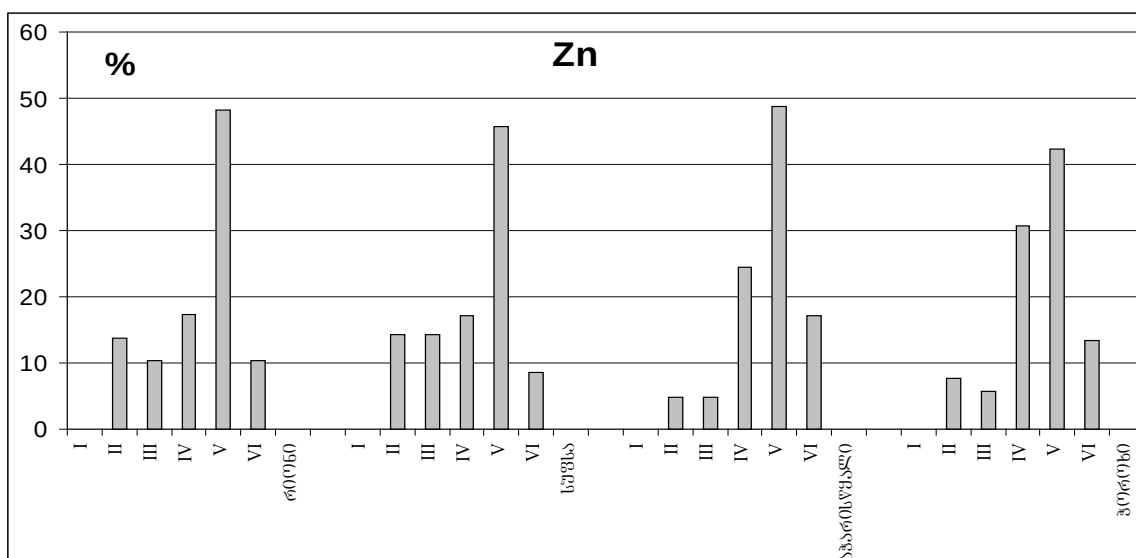
ნახ. 3.3.1. მანგანუმის ფორმების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში

სპილენძი. სპილენძის ფორმების ანალიზი (ცხრილი 3.3.1, ნახ. 3.3.2.) გვიჩვენებს, რომ არ აღინიშნება ფსკერულ ნალექებზე ზედაპირულად სორბირებული ფორმები (I ფრაქცია). 1M ძმარმუჟავაში ხსნადი ლაბილური ფორმების (II ფრაქცია) წილი დაახლოებით 10-20% ფარგლებში მერყეობს. ასევე 10%-ს არ აღემატება კრისტალიზებული ოქსიდებისა და ჰიდროქსიდების ფორმების წილი (III ფრაქცია). აღსანიშნავია სპილენძის ორგანომინერალური ფორმების (IV ფრაქცია) მნიშვნელოვანი წილი მდ.მდ. რიონის, სუფსის და ჭოროხის ფსკერულ ნალექებში: ჯამური შემცველობის 30%-ზე მეტი. ეს ფორმები შეიძლება დაკავშირებული იყოს როგორც ორგანულ ნაერთებთან, ასევე მადნის კომპონენტებთან. ამ შემადგენლობის ნაერთები იშლება წყალბადის ზეჟანგით. სპილენძის ამ ფორმის წილი შედარებით მცირეა მდ.მდ აჭარისწყლის ნალექებში (17.39 %). სპილენძი მდინარეების ფსკერულ ნალექებში ძირითადად მიგრირებს ოქსიდური ნაერთების ფორმით (V ფრაქცია), რომლის წილი ყველაზე მეტია მდ. აჭარისწყლის ნალექებში (52.17 %). შედარებით მცირეა სილიკატური ფორმების წილი (VI ფრაქცია).



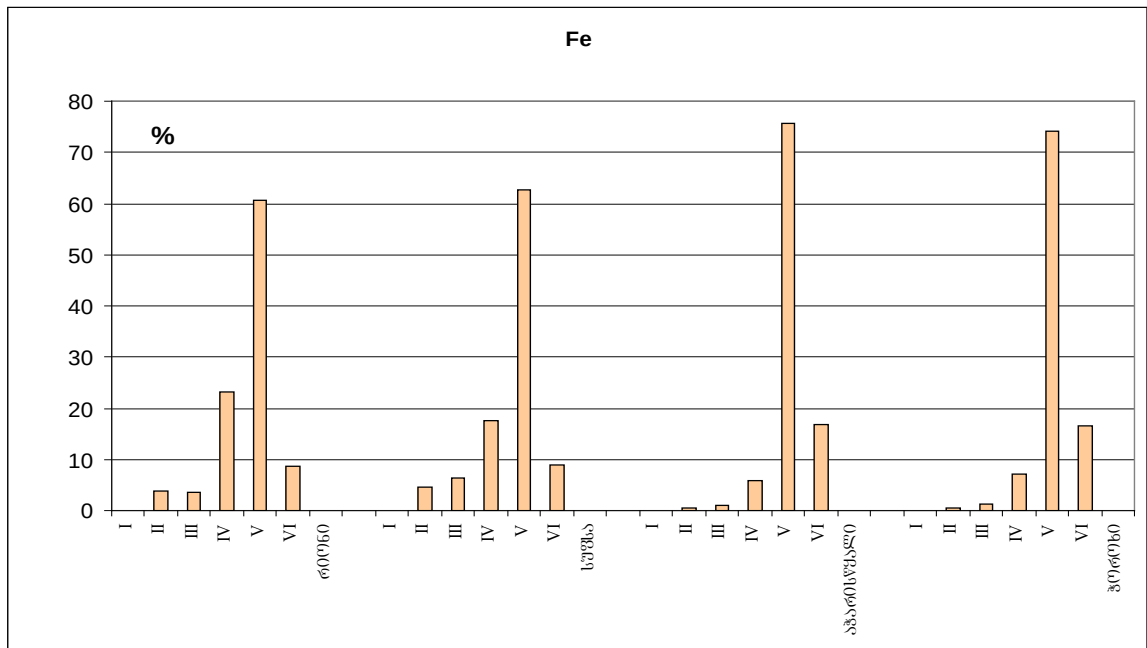
ნახ. 3.3.2. სპილენძის ფორმების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში

თუთია. მდინარეების ფსკერულ ნალექებში თუთიის ფორმების განაწილებაში (ცხრილი 3.3.1., ნახ. 3.3.3.) აშკარად შეიმჩნევა კანონზომიერება: ისევე, როგორც სპილენძის შემთხვევაში, არ აღინიშნება ზედაპირულად სორბირებული ნაერთები (I ფრაქცია). უპირატესია ოქსიდური ფორმები (V ფრაქცია) – 40-დან 50 %-მდე. მდ.მდ აჭარისწყლისა და ჭოროხის ნალექებში, სპილენძის ანალოგიურად, მნიშვნელოვნად არის წარმოდგენილი ორგანომინერალური და მადნის კომპონენტები (IV ფრაქცია) შესაბამისად 24.39 და 30.77 %. დანარჩენი ფრაქციების წილი თითოეულის 20 %-ზე ნაკლებია.



ნახ. 3.3.3. თუთიის ფორმების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში

რკინა. რაც შეეხება რკინას (ცხრილი 3.3.1., ნახ. 3.3.4.), მისი ფორმების განაწილება ყველა მდინარის ფსკერულ ნალექებში მსგავსია: ყველაზე დიდი რაოდენობით რკინა წარმოდგენილია უმდგრადი სილიკატებისა და ოქსიდური მინერალების სახით.



ნახ. 3.3.4.. რკინის ფორმების შემცველობა ფსკერულ ნალექებში

3.4. მდინარეების ფსკერულ ნალექებზე ლითონების სორბციული დინამიკის შესწავლა

მდინარეების ფსკერულ ნალექებში ლითონთა ფორმების ანალიზის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ ფსკერულ ნალექებზე სორბირებული და ადვილადხსნადი ფორმით მეტალების მხოლოდ მცირე ნაწილი მიგრირებს. მათი არსებობის ძირითადი ფორმა მდგრადი ოქსიდური ნაერთები და მინერალებია. ასევე დავადგინეთ, რომ სპილენძისა და თუთიის მნიშვნელოვანი ნაწილი წარმოდგენილია წყალბადის ზეჟანგში ხსნადი ორგანომინერალური და მადნის კომპონენტების სახით.

ჩვენს მიერ დაგეგმილი კვლევების ერთ-ერთი მიზანი იყო მდინარეების ფსკერული ნალექების სორბციული მახასიათებლების შესწავლა ექსპერიმენტული გზით. სორბციული პროცესების დინამიკის შესწავლის მიზნით შევარჩიეთ იმავე მდინარეების ფსკერული ნალექები, რომლებზეც ჩატარებული იყო ლითონთა ფორმების ანალიზი (მდ.მდ. რიონი, სუფსა, აჭარისწყალი და ჭოროხი).

ექსპერიმენტი ჩატარდა სხვადასხვა კონცენტრაციის მოდელურ ხსნარებზე. მოდელური ძირითადი ხსნარი დამზადებულია გამოხდილი წყლით, რომელშიც შეტანილია ელემენტები: Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd ეტალონური ხსნარებიდან. თითოეული ელემენტის კონცენტრაცია შეადგენს 200 მკგ/მლ. აქედან განზავებით მომზადდა უფრო დაბალი კონცენტრაციის ხსნარები. ლითონების გამოლექვის თავიდან ასაცილებლად ხსნარები შემჟავდა pH 3-მდე.

ექსპერიმენტი ჩატარდა შემდეგნაირად: კონუსურ კოლბებში შევიტანეთ მდინარეების ფსკერული ნალექების ნიმუშები 1 გ ოდენობით, დავამატეთ ლითონების შემცველი მოდელური ხსნარები მზარდი კონცენტრაციით: 40, 200 და 300 მკგ-ის ოდენობით 50 მლ-ში. 2 სთ შენჯღრევის შემდეგ ხსნარები გავფილტრეთ ლურჯოლიან ფილტრში. მიღებულ ხსნარებში ატომურ-აბსორბციული მეთოდით განვსაზღვრეთ ზემოთჩამოთვლილი ლითონების ხსნარში დარჩენილი კონცენტრაცია. სორბციამდე და სორბციის შემდეგ ხსნარების კონცენტრაციებს შორის სხვაობის მიხედვით გამოვიანგარიშეთ ლითონების სორბირებული რაოდენობა. შედეგები მოცემულია მიკროგრამებში 1 გ ნიმუშზე.

ცხრილში 3.4.1. მოცემულია ექსპერიმენტისათვის აღებული ლითონების საწყისი კონცენტრაციები და საკვლევ ნიმუშებზე სორბირებული ლითონების რაოდენობა მკგ-ებში და პროცენტებში.

მდ. რიონის ნალექების მაგალითზე ჩანს, რომ დაბალი კონცენტრაციის შემთხვევაში (40 მკგ 1 გ ნიმუშზე) Cu, Fe და Pb მთლიანად სორბირდება, ხოლო Zn და Cd სორბცია სრული არ არის – 90-97 % ფარგლებში მერყეობს.

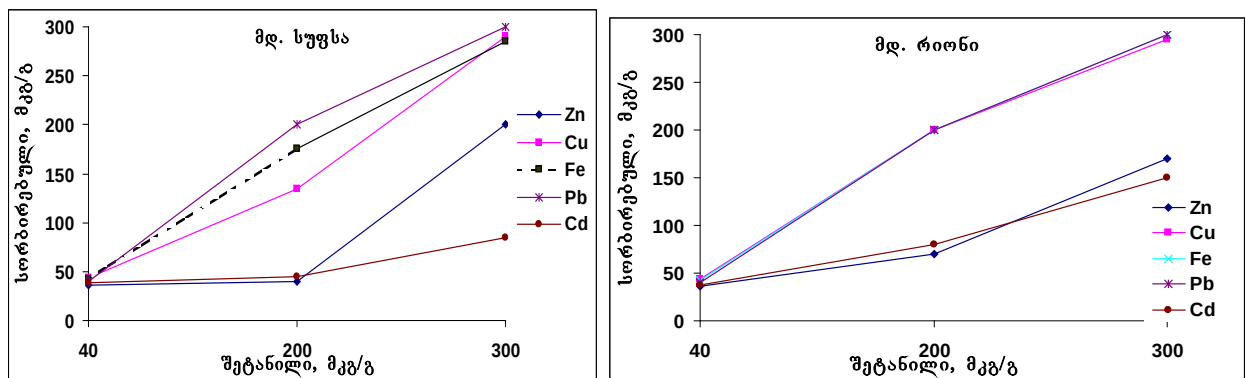
კონცენტრაციის 200 მკგ-მდე გაზრდისას Cu, Fe და Pb სორბცია კვლავ სრულად მიმდინარეობს, ხოლო Zn და Cd სორბცია მხოლოდ 35-40 %-ია. 300 მკგ კონცენტრაციის დროს Cu, Fe და Pb სორბცია სრულია, ხოლო Zn და Cd სორბცია 50-65 %-ს აღწევს. დაახლოებით იგივე სურათია მდ. სუფსის ფსკერული ნალექების შემთხვევაში. როგორც ჩანს, კონცენტრაციის ჩვენს მიერ აღებულ დიაპაზონში რკინისა და სპილენძის მიმართ გაჯერება არ არის მიღწეული. რაც შეეხება თუთიასა და კადმიუმს, იქმნება წონასწორული მდგომარეობა, როდესაც საწყის ხსნარში ლითონების კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად სორბციის მოცულობა არაპირდაპირპროპორციულად მატულობს.

ცხრილი 3.4.1. სორბირებული ლითონების რაოდენობა

საწყისი კონცენტრაცია, მკგ 1 გ ნიმუშზე	სორბირებული, მკგ 1 გ ნიმუშზე (სორბირებული %)				
	მდ. რიონი				
ელემენტი	Zn	Cu	Fe	Pb	Cd
40	36 (91%)	40 (100%)	40 (100%)	40 (100%)	37.7 (94.3%)
200	70 (35%)	200 (100%)	200 (100%)	200 (100%)	80 (40%)
300	170 (56.8%)	295 (99.0%)	300 (100%)	300 (100%)	150 (50%)
	მდ. სუფსა				
ელემენტი	Zn	Cu	Fe	Pb	Cd
40	36 (90%)	40 (100%)	40 (100%)	40 (100%)	39 (97.5%)
200	40 (20%)	135 (67.5%)	175 (87.5%)	200 (100%)	45 (22.5%)
300	200 (66.7%)	290 (97.0%)	285 (95.2%)	300 (100%)	85 (28.3%)

აღებული 5 ლითონის ჯამური კონცენტრაცია შეადგენს 2700 მკგ ფსკერული ნალექის 1 გ ნიმუშზე. საერთო ჯამში ფსკერული ნალექების მიერ სორბირებულია ჯამური კონცენტრაციის 70-80 %.

დიაგრამაზე (ნახ. 3.4.1.– 3.4.2.) X ღერძზე დატანილია შეტანილი ლითონების რაოდენობა მიკროგრამებში, ხოლო Y-ღერძზე – სორბირებული რაოდენობა, მკგ–ში.

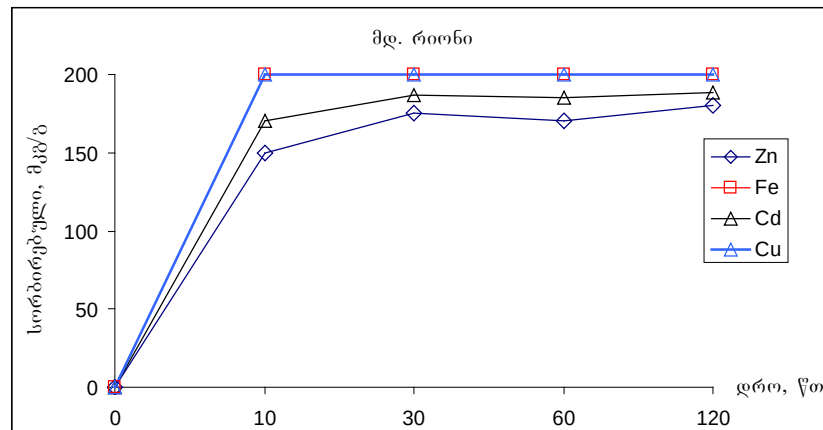


ნახ. 3.4.1.– 3.4.2. სორბციის დიაგრამა.

მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ შესწავლილ ლითონებს შორის ყველაზე მოძრავია კადმიუმი და თუთია.

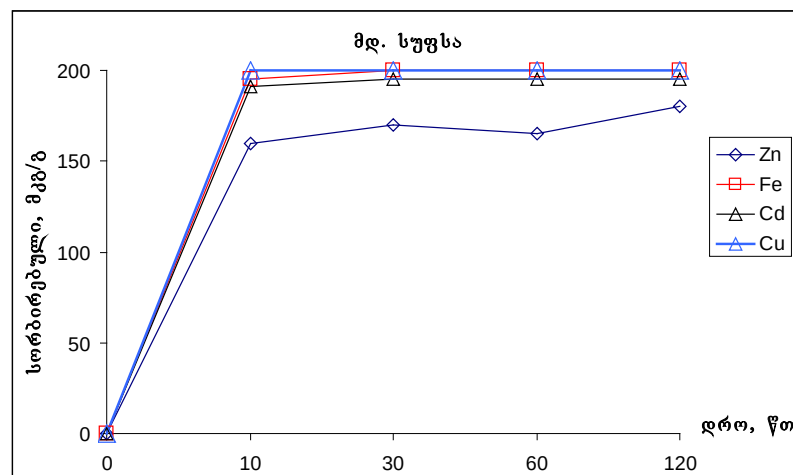
სორბციის დინამიკის შესწავლის მიზნით გამოვიყენეთ შემდეგი ცდა: კონუსურ კოლბებში შევიტანეთ მდინარეების ფსკერული ნალექები 1 გ წონაკით, დავამატეთ ლითონების შემცველი ხსნარები 50 მლ ოდენობით, რომლებშიც შეტანილი იყო ლითონები: Fe, Zn, Cu, Cd 200-200 მკგ-ის ოდენობით. ვატარებდით სორბციას დროის სხვადასხვა ინტერვალებში: 10 წთ, 30 წთ, 60 წთ, 120 წთ. გაფილტვრით ერთმანეთს

ვაცილებდით ნალექებს და ხსნარს. ატომურ-აბსორბციული მეთოდით ხსნარებში ვსაზღვრავდით ლითონების დარჩენილ რაოდენობას. საწყისა და საბოლოო ხსნარებს შორის კონცენტრაციის სხვაობის მიხედვით ვანგარიშობდით ლითონების სორბირებულ რაოდენობას. მიღებული შედეგები მოცემულია დიაგრამებზე.



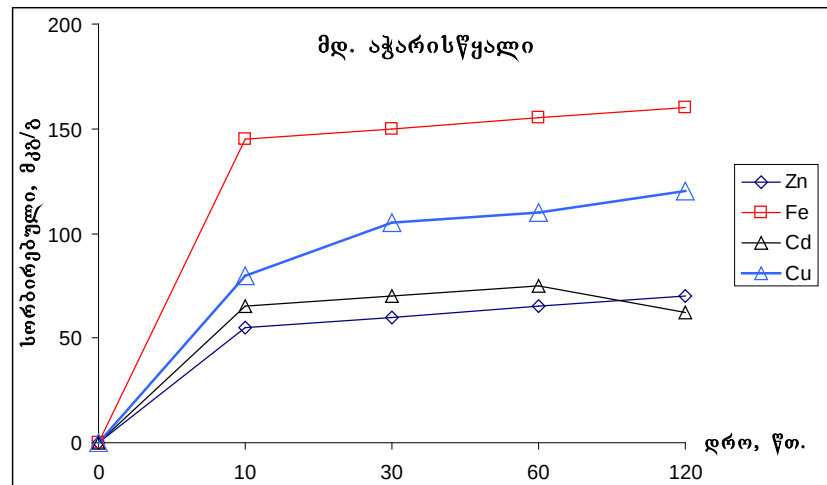
ნახ. 3.4.3. სორბციის დინამიკა მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებზე

მიღებული შედეგებიდან ჩანს, რომ მდ. რიონის ნალექებზე პირველივე 10 წთ განმავლობაში (ნახ. 3.4.3) მთლიანად სორბირდება რკინა და სპილენძი. სორბციის შედარებით მცირე უნარს ამჟღავნებს თუთია და კადმიუმი – 200 მკგ-დან სორბირდება დაახლოებით 150 მკგ. შეტანილი იონების ძირითადი ნაწილი სორბირდება პირველივე 10 წთ-ის განმავლობაში, ამის შემდეგ სორბციის ინტენსივობის ზრდა უმნიშვნელოა.



ნახ.3.4.4. სორბციის დინამიკა მდ. სუფსის ფსკერულ ნალექებზე

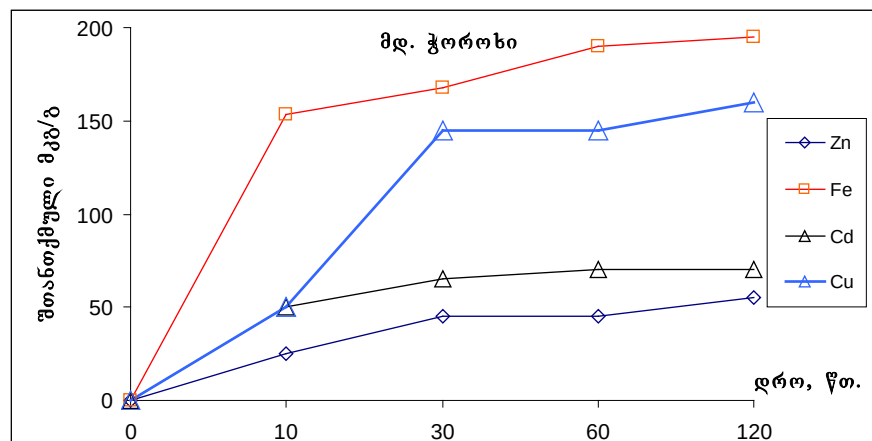
ლითონების სორბციის დინამიკის იგივე სურათია მდ. სუფსის ნალექებზე (ნახ. 3.4.4.). აქაც, ლითონების ძირითადი ნაწილის სორბცია მიმდინარეობს პირველი 10 წთ განმავლობაში და თუთია ამჟღავნებს სორბციის შედარებით დაბალ ხარისხს.



ნახ. 3.4.5. სორბციის დინამიკა მდ. აჭარისწყლის ფსკერულ ნალექებზე

მდ.მდ. აჭარისწყლისა და ჭოროხის ნალექებისათვის დამახასიათებელია სორბციის განსხვავებული ხასიათი. წონასწორობა დაახლოებით 30 წთ-ის შემდეგ დგება (ნახ. 3.4.5. და ნახ. 3.4.6.).

პირველ რიგში აღსანიშნავია მდ. აჭარისწყლის ნალექების შედარებით დაბალი სორბციის მაჩვენებელი. შესწავლილი 4 ლითონიდან მაქსიმალური რაოდენობით სორბირდება რკინა: შეტანილი 200 მკგ-დან 2 სთ-ს შემდეგ სორბირდება 160 მკგ, შემდეგ Cu – 200-დან 120, შემდეგ Cd – 200-დან 75, და ბოლოს Zn – 200-დან 62.



ნახ. 3.4.6. სორბციის დინამიკა მდ. ჭოროხის ფსკერულ ნალექებზე.

მდ. ჭოროხის ნალექებისთვისაც, მდ. აჭარისწყლის მსგავსად, დამახასიათებელია სორბციის შედარებით დაბალი ინტენსივობა. ამ შემთხვევაშიც დინამიური წონასწორობა დაახლოებით 30 წთ-ს შემდეგ დგება. ლითონების თანმიმდევრობა სორბციული უნარის მიხედვით მდ. აჭარისწყლის ნალექების ანალოგიურია: $Fe > Cu > Cd > Zn$.

მდინარეების განსხვავებული სორბციული ბუნება განისაზღვრება მათი ფსკერული ნალექების მკვეთრად განსხვავებული გრანულომეტრიული ფრაქციული შემადგენლობით: მდ.მდ. რიონისა და სუფსის ნალექებისთვის დამახასიათებელია წვრილმარცვლოვანი თიხა ფრაქციების შედარებით მაღალი შემცველობა, ხოლო მდ.მდ. ჭოროხისა და აჭარისწყლის ნალექები ძირითადად ქვიშებია.

მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ სორბციის მაღალი უნარი განპირობებულია მდინარეების ფსკერული ნალექების წვრილმარცვლოვანი თიხა ფრაქციების შემცველობით (პარაგრაფი 3.1.). ჩვენს მიერ შესწავლილი ლითონებიდან ფსკერულ ნალექებზე სორბციის მაღალ უნარს ამჟღავნებს რკინა და სპილენძი, ხოლო თუთია და კადმიუმი შედარებით დაბალი სორბციული უნარით და შესაბამისად, მეტი მვრადობით ხასიათდებიან [142].

იგივე მეთოდით ჩავატარეთ ექსპერიმენტი ვერცხლისწყლის სორბციული მექანიზმის შესწავლის მიზნით. დამზადდა მდინარის წყლის მოდელური ხსნარები Hg 4 მგ/ლ შემცველობით. კონუსურ კოლბებში ხსნარებს დაემატა მდინარეების ფსკერული ნალექების წონაკები 5–5 გ ოდენობით. მუდმივი მორევის პირობებში, დროის გარკვეულ მონაკვეთებში: 10, 30, 60, 120, 300 წთ ინტერვალებში ხდებოდა ხსნარში დარჩენილი ვერცხლისწყლის განსაზღვრა. გაზომვების შედეგად დადგინდა, რომ აღებულ და მიღებულ შემცველობებს შორის სხვაობა ნულის ტოლია. აქედან გამომდინარე, მდინარეების ფსკერულ ნალექებზე ვერცხლისწყლის სორბციას ადგილი არა აქვს.

ექსპერიმენტის შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მდინარეების წყალში მოხვედრილი ხსნადი, იონური ფორმის ვერცხლისწყალი ხსნად მდგომარეობაში დარჩება და ნიადაგის ზედაპირის ან ფსკერული ნალექების მიერ მისი შთანთქმა არ მოხდება, ე.ი. მისი მიგრაციის ძირითადი ფორმა ხსნადი ნაერთებია.

დასკვნები

1. განხორციელებულია შავი ზღვის საქართველოს სექტორის აკვატორიის და მასში შემავალ მდინარეთა ეკოლოგიურ-გეოქიმიური კვლევა. შესწავლილია შემდეგი მდინარეები: ხობი, რიონი, მალთაყვა, სუფსა, ნატანები, ჩოლოქი, კინტრიში, ჩაქვისწყალი, ყოროლისწყალი, ბარცხანა, ჭოროხი, აჭარისწყალი და აგრეთვე, პალიასტომის ტბა.
2. შესწავლილია ზღვის და მდინარეების წყლების სისუფთავის ხარისხი, დაზუსტებულია ძირითადი იონების და ჰიდროქიმიური პარამეტრების მაჩვენებლები; განსაზღვრულია ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა.
3. ჩატარებულია ზღვისა და მდინარეების ფსკერული ნალექების გრანულომეტრიული ანალიზი; ფსკერულ ნალექებში შესწავლილია ლითონების (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Al, As) შემცველობა და მათი არსებობის ფორმები. განსაზღვრულია ფსკერული ნალექების ნავთობის ნახშირწყალბადებით დაბინძურების ხარისხი; აღნიშნულ ლითონთა ურთიერთკავშირის ხასიათის დასადგენად ჩატარებულია კორელაციური ანალიზი.
4. საველე სამუშაოები განხორციელდა 2008-2010 წლების ივნის-აგვისტოს თვეებში. ყოველ წელიწადს სინჯები აღებულია ერთსადაიმავე ადგილებში. სადისერტაციო ნაშრომის დანართში-1 წარმოდგენილია: ნიმუშების აღების თარიღი, დრო, ადგილის კოორდინატები და სხვა მახასიათებლები. ნიმუშების აღება, შეფუთვა და ტრანსპორტირება ხდებოდა ISO და EPA სტანდარტების შესაბამისად.
5. ქიმიური ანალიზები განხორციელდა ISO და EPA სტანდარტული მეთოდების მიხედვით – ატომურ-აბსორბციული, ატომურ-ემისიური, კოლორიმეტრული და გაზურ-თხევადი ქრომატოგრაფიის ბოლო თაობის ხელსაწყო-დანადგარების გამოყენებით (Perkin-Elmer AAnalyst-200, Perkin-Elmer Clarus 500). კვლევა მიმდინარეობდა სამეცნიერო-კვლევითი ფირმა „გამა“-ს ლაბორატორიაში. ლაბორატორია აკრედიტირებულია საქართველოს აკრედიტაციის ერთიანი ეროვნული ორგანოს მიერ სსტ ისო/იეკ 17025-ის შესაბამისად. შედეგების სანდოობა შემოწმებულია მონაკოს ზღვის კვლევების ლაბორატორიის, ANSI-ს და

QUASIMEME-ს ორგანიზაციებთან თანამშრომლობით, ლაბორატორიათაშორისი კონტროლის საფუძველზე.

6. მდინარეთა ჰიდროქიმიური კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ მათი უმრავლესობის წყლები კალციუმიან-ჰიდროკარბონატულია და მინერალიზაცია არ აღემატება 200 მგ/ლ-ს. წყალმცირობის დროს ზღვის ინგრესიის შედეგად მდ.მდ. ხობისწყლის, რიონის, მალთაყვას, ნატანების წყლები ნატრიუმიან-ქლორიდულია. მაგალითად, მდ. ხობისწყალზე ინგრესიის კვალი 3 კმ-ზე ვრცელდება, მინერალიზაცია 12 გ/ლ აღწევს. მდინარეთა შესართავებში ზღვის წყლის შერევის ინტენსივობას სეზონური ხასიათი აქვს.
7. მდ. მალთაყვა და პალიასტომის ტბა ერთ ჰიდროქიმიურ სისტემას წარმოადგენს. მდინარის გავლით, ზღვის ინგრესიას განიცდის პალიასტომის ტბა, რის გამოც მათი ჰიდროქიმიური მახასიათებლები მსგავსია.
8. შესწავლილ რეგიონში ზღვის წყლის მარილიანობა 17-19 ‰ ფარგლებშია, მდინარეების შესართავებთან აღინიშნება მარილიანობის მცირედი კლება.
9. მდინარეებში გაზაფხულის ბოლოს და ზაფხულის დასაწყისში ადგილი აქვს წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობის მკვეთრ მატებას, რაც წყალმცენარეების ვეგეტაციის პერიოდს ემთხვევა. ვეგეტაციის პერიოდის ბოლოს, ივლისი – აგვისტოს თვეებში თავს იჩენს მეორე უარყოფითი ეკოლოგიური ფაქტორი - ჰიპოქსია, რომელიც ვლინდება წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობის მკვეთრი შემცირებით, რაც ევტროფიკაციის მანიშნებელია. ევტროფიკაციას ადგილი არა აქვს დიდ მდინარეებზე, როგორცაა: რიონი, სუფსა, აჭარისწყალი, ჭოროხი.
10. სანაპირო ზონაში ზღვის წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ნორმის ფარგლებშია (7-9 მგ/ლ), რაც ევტროფიკაციის ნიშნების არარსებობაზე და ეკოლოგიური სიტუაციის ნორმალურ მდგომარეობაზე მიუთითებს.
11. გამოკვლეულ მდინარეთა შორის ნავთობის ნახშირწყალბადებით ზღვის ძირითადი დამაბინძურებლებია: ბარცხანა, ყოროლისწყალი, სუფსა და ხობი. 2009 წლის მონაცემებით მდ. ყოროლისწყალში ნავთობის ნახშირწყალბადების კონცენტრაცია 161-ჯერ აღემატებოდა დასაშვებს – 0.3 მგ/ლ-ს.
12. ლიტერატურულ წყაროებზე, ანალიტიკური მასალის და ვიზუალური ინსპექტირების შედეგებზე დაყრდნობით იდენტიფიცირებულია შავი ზღვის

საქართველოს სექტორის აუზის მდინარეების ნავთობითა და ნავთობპროდუქტებით დაბინძურების წყაროები და რისკ-ფაქტორები: ბათუმის ნავთობის ტერმინალის საწარმოო უბნებზე და ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის ტერიტორიებზე არსებული ისტორიული დაბინძურება; გაწმენდის გარეშე ჩაშვებული საყოფაცხოვრებო და საწარმოო წყლები; შემთხვევითი დაღვრები; ნავთობით დაბინძურების რისკ-ფაქტორს ასევე წარმოადგენს სუფსის და ყულევის ნავთობის გადასატვირთი ტერმინალები.

13. მდინარეების ფსკერული ნალექები ასახავენ მათი წყალშემკრები აუზების ლითოლოგიურ და გეოქიმიურ თავისებურებებს. მდ. რიონის ნალექებისთვის დამახასიათებელია მანგანუმის შედარებით მომატებული შემცველობა, ხოლო მდ. ჭოროხის ნალექებში აღინიშნება სულფიდური ჯგუფის ელემენტების (Cu, Zn, As) მაღალი შემცველობა.
14. მდ.მდ. რიონისა და ხობის შესართავებს შორის წყალქვეშა ფერდის ფსკერული ნალექები წარმოადგენენ შედარებით წვრილმარცვლოვან ქვიშებს და ლამებს, ახასიათებთ მონოტონური ქიმიური შემადგენლობა. მონაცემების კორელაციური ანალიზის შედეგებიდან არ იკვეთება ელემენტთა კორელაციური წყვილები.
15. სხვადასხვა წლებში ჩატარებული კვლევების შედეგები იძლევიან საფუძველს დავასკვნათ, რომ მდ. რიონის ფსკერულ ნალექებში ლითონთა შემცველობა სტაბილურია. გამონაკლისია თუთია, რომელსაც ახასიათებს მიგრაციის მაღალი უნარი და შესაბამისად, კონცენტრაციის ფართო დიაპაზონი. თუთია საყოფაცხოვრებო დაბინძურების ერთ-ერთი ინდიკატორია.
16. მდ. რიონის ნატანში და მისი შესართავის მიმდებარე ზღვის ფსკერულ ნალექებში არსებული მანგანუმის და დარიშხანის წყაროს წარმოადგენს წყალშემკრები აუზის ამგები ქანები, ნიადაგური საფარი, სასარგებლო წიაღისეულის საბადოები, გადამამუშავებელი სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატები და მეტალურგიული საწარმოები.
17. მანგანუმი და დარიშხანი ზღვის შესართავში აღწევს: გახსნილი ფორმით, შეტივწარებული მასალის და ფსკერული ნალექების სახით. მდ. რიონის ფსკერული და შეტივწარებული ნატანი მანგანუმს დაახლოებით ერთნაირი რაოდენობით შეიცავს (ოდნავ მეტია ფსკერულ ნალექებში – 0.185/0.137), რაც მანგანუმის მძიმე მინერალებთან კავშირზე მიგვითითებს. რაც შეეხება

- დარიშხანს, ის რაჭის ლუხუნის საბადოში რეალგარ-აურიპიგმენტის მსუბუქი მინერალებით არის წარმოდგენილი, ამიტომ შეტივნარებულ ნივთიერებებში, ფსკერულ ნალექებთან შედარებით, მისი რაოდენობა ორჯერ მეტია.
18. მდ.მდ. ნატანებისა და მალთაყვას შესართავებს შორის წყალქვეშა ფერდის ფსკერული ნალექები იკვებება აჭარა-გურიის ზონის მდინარეთა მყარი ნატანით. მათთვის უფრო მეტადაა დამახასიათებელი ლითონების შემცველობის შედარებით ფართო დიაპაზონი: ამ მონაკვეთზე მატულობს რკინის, ნიკელის, თუთიის და კლუბულობს დარიშხანის შემცველობა. ეს უკანასკნელი მდ. რიონის ტერიგენულ მასალას უკავშირდება.
19. მდ. ჭოროხის შესართავისა და ქ. ბათუმის აკვატორიის ფსკერული ნალექები გამოირჩევა სპილენძის, თუთიისა და დარიშხანის გაზრდილი მაჩვენებლებით. აღნიშნული ელემენტების სივრცულ გადანაწილებას განსაზღვრავს წყალქვეშა ფერდის ამ მონაკვეთის ლითოდიანამიური თავისებურებები. მიღებული შედეგები გვაფიქრებინებს, რომ მდინარის ნატანის ქიმიური შემადგენლობის ცვლილებაზე ზღვის ნალექები ძალიან სწრაფად რეაგირებს, ვინაიდან წყალქვეშა ფერდის აღნიშნულ მონაკვეთზე ტერიგენული ნალექების მოძრაობა ინტენსიურია.
20. ფსკერულ ნალექებში რკინის, სპილენძისა და თუთიის არსებობის ძირითადი ფორმაა ლითოგენური ფორმა, მანგანუმი ლითოგენურ ფორმებთან ერთად მნიშვნელოვნად არის წარმოდგენილი ჰიდროგენული ფორმების სახით.
21. შესწავლილ ლითონებს შორის ყველაზე მოძრავია კადმიუმი და თუთია. ფსკერულ ნალექებზე სორბციის უკეთესი უნარით ხასიათდება რკინა და სპილენძი. ლითონების ძირითადი ნაწილის სორბცია მიმდინარეობს პირველი 10-30 წთ განმავლობაში, შემდეგ სორბციის ინტენსივობა უმნიშვნელოდ მატულობს.
22. ფსკერული ნალექების განსხვავებული სორბციული ბუნება განისაზღვრება მათი მკვეთრად განსხვავებული ფრაქციული შემადგენლობით. სორბციის მაღალი უნარი განპირობებულია სედიმენტების წვრილმარცვლოვანი, თიხა ფრაქციების შემცველობით.
23. ხობი-სუფსა-ნატანების მდინარეთაშუეთის ზღვის წყალქვეშა ფერდის ფსკერულ ნალექებში ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების შემცველობა 4.1-76.7 მგ/კგ

ზღვრებში იცვლება. მაქსიმალური კონცენტრაცია (76.7 მგ/კგ) აღინიშნება ფოთის პორტის მოლის გარეთ აღებულ ფსკერული ნალექის ნიმუშში. ჯამური ნახშირწყალბადების მაღალი მაჩვენებელი 67.3-2168.6 მგ/კგ, აღინიშნება ფოთის პორტის შიდა აკვატორიის ფსკერულ ნალექებში. მდ. ჭოროხის შესართავისა და ქ. ბათუმის მიმდებარე წყალქვეშა ფერდის ფსკერულ ნალექებში ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადების მცირე რაოდენობა 2.7-32.3 მგ/კგ, აღინიშნა მხოლოდ ბათუმის ნავსადგურის მიმდებარე აკვატორიაში. შესწავლილი ნიმუშების საერთო რაოდენობის 75 %-ში TPH-ის შემცველობა მეთოდის განსაზღვრის ზღვარზე, 1.5 მგ/კგ-ზე ნაკლები აღმოჩნდა. დაბინძურება ძირითადად გამოვლინდა პორტების და ტერმინალების შიდა აკვატორიაში და მათ მიმდებარე გარე აკვატორიაში.

24. მიღებული შედეგების საფუძველზე, გეოინფორმაციული სისტემების ტექნოლოგიის გამოყენებით, შავი ზღვის საქართველოს სექტორის წყლებისა და ფსკერული ნალექებისთვის შედგენილია ლითონების და TPH-ის განაწილების ინტერპოლაციური რუკები. რუკებზე კარგად ჩანს ლითონებისა და TPH-ის გავრცელების მიმართულება და მათი აკუმულაციის ადგილები. ეს მონაცემები რიგ შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ საკვლევ რეგიონის ფონურ მონაცემებად და შემდგომი კვლევებისას გამოვიყენოთ ეკოქიმიურ რეპერებად.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ბენაშვილი ნ., გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., გელაშვილი ნ., ხომერიკი ლ., ხუბუნია ც. შავი ზღვის საქართველოს სექტორის მდინარეების ქვემოწელის ფსკერული ნალექები // “ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა”. №4 (59), 2010, გვ. 107-111.
2. ბენაშვილი ნ., გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., ხუბუნია ც., ადამია ტ. მანგანუმისა და დარიშხანის შემცველობა მდ. რიონის მყარ ნატანში და შესართავისპირა ზონის ზღვის ფსკერულ ნალექებში // საერთაშორისო კონფერენცია “გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება”. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. შრომები, 2010, გვ. 311-213.
3. გვახარია ვ., გელაშვილი ნ., მაჩიტაძე ნ., მაისურაძე გ., ხარგელია რ., გირგვლიანი დ., ბედენაშვილი გ. შავი ზღვის საქართველოს სექტორის ქიმიური ეკოლოგიის პრობლემები // შავი ზღვის აუზის ეკოლოგიური პრობლემები და გარემოსათვის ნაკლებად მავნე სასოფლო-სამეურნეო ტექნოლოგიები. ეროვნული სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია, აჭარა, ჩაქვი, შრომები, 2004, გვ. 37-41.
4. გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., გელაშვილი ნ., ბენაშვილი ნ. შავი ზღვის საქართველოს სექტორის მდინარეების ქვემოწელის ჰიდროქიმიური გამოკვლევა // საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის ბიულეტენი, № 1, 2009, გვ. 134-142.
5. გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., გელაშვილი ნ., ბენაშვილი ნ. სუფსის ნავთობგადასატვირთი ტერმინალის ქიმიური მონიტორინგის შედეგები (2001, 2006, 2009) // ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა, №3, 2011, გვ. 75-79.
6. გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ., სტამატელი მ., გელაშვილი ნ., ბენაშვილი ნ., ხუბუნია ც., ხომერიკი ლ. ლითონებისა და ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა და განაწილება შავი ზღვის საქართველოს სექტორის ზღვის ფსკერულ ნალექებში (2008 წლის მონაცემების მიხედვით). // ალექსანდრე ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტის შრომები. ახალი სერია. ნაკვ. 125, 2010, გვ. 89-97.
7. გიგინეიშვილი გ., მეტრეველი გ., გზირიშვილი თ., ბერიტაშვილი ბ. კლიმატის თანამედროვე გლობალური დათბობის გავლენა საქართველოს ზღვის სანაპირო

- ზონაზე. მონოგრაფია, გაეროს კლიმატის ცვლილებების ჩარჩო კონვენციის ეროვნული ცენტრი, თბილისი, 1999, გვ.74.
8. **თვალჭრელიძე მ., გვახარია ვ., მაჩიტაძე ნ.** ქიმიური ელემენტების განაწილების თავისებურებები და მათი ფორმები შავი ზღვის თანამედროვე ნალექებში (საქართველოს სექტორი) // საქართველოს გეოგრაფიის აქტუალური პრობლემები, თბილისი, “მეცნიერება”, 2001, გვ. 295-303.
 9. **პაპაშვილი ი., ყავლაშვილი გ., ლებანიძე ბ., გვახარია ვ.** საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ზონის სამხრეთი ნაწილის (სარფი – მდინარე ენგურის შესართავი) დღევანდელი განვითარების ძირითადი მიმართულებები // საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის სახელობის ქართული უნივერსიტეტის ბიულეტენი, № 1, 2009, გვ. 143-156.
 10. **საბაშვილი მ.** საქართველოს სსრ ნიადაგები. თბილისი, „მეცნიერება“, 1965, გვ. 552
 11. **საქართველოს გეოგრაფია.** ფიზიკური გეოგრაფია, ნაწილი 1. თბილისი, მეცნიერება, 2000, გვ. 344.
 12. საქართველოს საპატრიარქოს წმ. ანდრია პირველწოდებულის ქართული უნივერსიტეტი. სამეცნიერო საცდელი პროექტი: “დარიშხანის მოპოვებისა და გადამუშავების სამრეწველო ნარჩენების ბიოლოგიური უტილიზაცია და გამოთავისუფლებული ტერიტორიების რეაბილიტაცია – რეკულტივაცია ეკოლოგიური უსაფრთხოების მიზნით“. გარდამავალი ანგარიში, საფონდო მასალა, 2009, გვ. 71.
 13. **უგულავა მ., საბინგუსი ი.** სპილენძი აჭარის მთის ქანებსა და ნიადაგებში. თსუ შრომები, 1959, ტ. 74, გვ. 57-67.
 14. **უგულავა მ., საბინგუსი ი.** სპილენძის ხსნადი ფორმების განსაზღვრა აჭარის ასსრ ზოგიერთ ნიადაგში. თსუ შრომები, 1968, ტ. 126, გვ. 57-61.
 15. **ურუშაძე თ.** საქართველოს ძირითადი ნიადაგები. თბილისი, მეცნიერება, 1997, გვ. 268.
 16. ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, აფხაზავა ი., თბილისი, ტ. 11, 1987, გვ. 146.
 17. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer Co. Norwalk. Conn., USA, 1973, p. 121.

18. **Balkis N., Topcuoglu S., Guven K.C., Ozturk B., Topaloglu B., Kirbasoglu C., Aksu A.** Heavy metals in shallow sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea regions of Turkey. *J. Black Sea // Mediterranean Environment*, vol.13, 2007, p. 148-151.
19. **Bock R.** Handbook of Decomposition Methods in Analytical Chemistry. Wiley, New York. Translated and revised by I.L. Marr, 1979, p. 40-42.
20. **Chester R., Hughes M.J.** A Chemical technique for the separation of ferromanganese minerals and absorbed trace metals from pelagic sediments. *Chem. Geol.*, 1971, vol. 7, p. 51-63.
21. Drainage Basin of the Black Sea. www.unece.org Environmental Studies of Mineral Deposits in Alaska. USGS Surv. Bull. 2156, Chapter 5, 1996, p. 40.
22. Environmental Consideration of Active and Abandoned Mine Lands. Lesson from Summitville, Colorado, USGS Surv. Bull. 2220, 1995, p. 38.
23. **Epinger R.G., Briggs P.H., Rosenkrans D. and Ballestrazze V.** Environmental Geochemical Studies of Selected Mineral Deposits in Wrangell-St. Elias National Park and Preserve, Alaska, USGS Prof. Paper 1619, 1999, p. 41.
24. **Gibbs R.L.** Mechanism of Trace Metal Transport in Rivers. *Science*, vol. 170, No 4081, 1973, p. 71-73.
25. **Goldberg E.D. and Arrhenius G.O.S.** Chemistry of Pacific pelagic sediments. *Geochim. Et Cosmochim. Acta*, vol. 13, 1958, p. 153-212.
26. **Gvakharia V., Machitadze N.** Georgian sector of the Black Sea - Southeastern region. Chapter 3.3.3. p. 147-149 // *State of the Environment of the Black Sea (2001 - 2006/7)*. BSC, 2008 Edited by Temel Oguz. Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC) 2008-3, Istanbul, Turkey, 2009, p. 448.
27. **Gvakharia V., Machitadze N., Benashvili N., Bzhalava G., Khukhunia Ts., Adamia T.** Content of Mn and As in the river Rioni Hydrosystem and Estuarine Zone Bottom Sediments. 3rd Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference 1 - 4 November 2011 Odessa, Ukraine (Abstracts), 2011, p. 36.
28. **Gvakharia V.G., Gelashvili N.E., Gvakharia T.A., Adamia T.M., Janashvili N.D., Maisuradze G.B.** Method for determination of petroleum hydrocarbons and the study of pollution level of bottom sediments within the Georgian section of the Black Sea water area. *Georgian Engineering News*, №2, 2004, p.108-110.

29. **Horne R.A.** Marine Chemistry. The Structure of Water and the Chemistry of the Hydrosphere. New York-London-Sydney-Toronto: Wiley-Interscience, A Division of John Wiley & Sons, 1969, p. 398.
30. ISO 6595:1982. Water quality-Determination of total arsenic-silver diethyldithiocarbamate spectrophotometric method.
31. ISO 9964-1:1993. Water quality - Determination of sodium and potassium - Part 1: Determination of sodium by atomic absorption spectrometry.
32. ISO 6058:1984. Water quality - Determination of calcium content-EDTA titrimetric method.
33. ISO 6059:1984. Water quality - Determination of the sum of calcium and magnesium - EDTA titrimetric method.
34. ISO 9280:1990. Water quality - Determination of sulfate - Gravimetric method using barium chloride.
35. ISO 9297:1989. Water quality - Determination of chloride - Silver nitrate titration with chromate indicator (Mohr's method).
36. ISO 16772:2004. Soil quality - Determination of mercury in aqua regia soil extracts with cold-vapour atomic spectrometry or cold-vapour atomic fluorescence spectrometry.
37. ISO 11047:1998. Soil quality-Determination of cadmium, chromium, cobalt, copper, lead, nickel and zinc-Flame and electrothermal atomic absorption spectrometric methods.
38. ISO 11466:1985. Soil quality-Extraction of trace elements soluble in aqua regia.
39. ISO 16772 ISO 16772:2004. Soil quality -- Determination of mercury in aqua regia soil extracts with cold-vapor atomic spectrometry or cold-vapor atomic fluorescence spectrometry
40. ISO 14869.1:2001. Soil quality-Dissolution for the determination of total element content.
41. ISO 5667-1. Water quality. Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques.
42. **Jaoshvili Sh.** The rivers of the Black Sea. European Environment Agency. Technical report, No 71, 2003, p. 58.

43. **Known ore and mineral resources of Turkey.** Prepared by Necdet Ersecen. General Directorate of mineral Research and Exploration Department of Research, Planning and Coordination Division of Mining Inventories and Evaluation of Mining Statistics. Ankara, 1989, p. 108.
44. **Koz B., Cevilc U., Akbulut S.** Ecological Indicators. Heavy metal analysis around Murgul (Artvin) cooper mining area of Turkey using moss and soil. Volume 20, 2012, p. 17-23.
45. **Krom Michael D., Turekian Kane, Cutshale Norman H.** Fate of metals in the New York Bight. "Wastes Ocean. Vol 6". New York, 1985, p. 209-234.
46. **Kvinikadze M., Kuparadze D., Pataridze D., Khundadze N., Kirakosyan V.** Geoecology of the Black Sea Coast of Georgia. Scientific Annals, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki Proceedings of the XIX CBGA Congress, Thessaloniki, Greece, Special volume 100, 2010, p. 97-103.
47. **Loska K., Wiechula D., Barska B., Cebula E., Chojnecka A.** Assessment of Arsenic Enrichment of Cultivated Soils in Southern Poland. Polish Journal of Environmental Studies. Vol. 12, No. 2, 2003, p. 187-192.
48. **Lyons T.W., Berner R.A. & Anderson R.F.** Evidence for large pre-industrial perturbations of the Black Sea chemocline. Monthly Nature, v.1, №10, 1993, p. 69-71.
49. **Machitadze N., Gvakharia V., Tvalchrelidze A.** Vanadium and chromium content in present sediments of Georgian sector of the Black sea // Bull of Georgian Academy of Sciences 164, No 3, 2001, p. 501-504.
50. **Machitadze N., Tvalchrelidze M., Gvakharia V.** Particularities of geochemical zones formation in the sediments of south-eastern sector of the Black Sea Georgia // Bull of Georgian Academy of Sciences 163, No 2, 2001, p. 297-300.
51. **MacKright Scoth D.** Geochemistry of Dalhousee dumpsite. "Wastes Ocean. Vol 6". New York, 1985, p. 281-301.
52. Manual for the Geochemical Analyses of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter // Reference Methods for Marine Pollution Studies. No 63, UNEP 1995, p. 74.
53. Mining in Turkey. Engineering and mining journal. A report by "Global business reports", 2012, p. 51-56.
54. **Moshood N. Tijani, Shin-ichi Onodera, Mutiu A. Adeleye.** Environmental implications of adsorbed and total trace metals concentrations in bottom-sediments of an urban

- drainage network in a developing country. *RMZ – Materials and Geoenvironment*, Vol. 52, No. 1, 2005, p. 127-130.
55. **Moturi M.C.Z., Rawat M. and Subramanian V.** Distribution and Sequential Extraction of Heavy Metals in Solidwaste from selected sites in the Industrial belt of Delhi, India, *Environmental Monitoring and Assessment*, V. 95, 2004, p. 183-199.
 56. **Nikolaidis Ch., Zafiriadis I, Mathioudakis V., Constantinidis Th.** Heavy Metal Pollution Associated with an Abandoned Lead-Zinc Mine in the Kirki Region, NE Greece, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol. 85, No 3, 2010, p. 307-312.
 57. **Pagnanelli F., Moscardini E., Giuliano V., Toro L.** Sequential extraction of heavy metals in river sediments of an abandoned pyrite mining area: pollution detection and affinity series. *Environmental Pollution*, Volume 132, Issue 2, 2004, p.189-201.
 58. **Pinta M.** Atomic Absorbtion Spectrometry. London, Adam Hilger, 1975, p. 418.
 59. **Polikarpov G.G., Zaitsev Yu. P., Zats V.I. et al.** Pollution of the Black Sea (levels and sources): Proc. of the Black Sea Symposium “Ecological Problems and Economic Prospects”, 1991, Istanbul, Turkey. – Istanbul: The Black Sea Foundation for Education, Culture and Protection of Nature, 1994, p. 15-42.
 60. A Primer on Trace Metal-Sediment Chemistry. By Arthur J. Horowitz. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2277, 1985, p. 67.
 61. **Sholkovitz E.R. and Copland D.** The Coagulation, Solubility and Absorbtion of the Fe, Mn, Cu, Ni, Cd, Co and Humic acides in the River Water. *Geochimica at Cosmochimica Acta*, V. 45, No 1, 1981, p. 181-190.
 62. **Supatashvili G.** Hydrochemistry of Georgia (freshwaters). Publishing Tbilisi State University, Tbilisi, 2003, p. 399.
 63. **Tessier A., Campbell P.G.C. and Bisson M.** Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. *Analytical Chemistry*, vol. 51, No 7, 1979, p. 844-851.
 64. **Toren T.** Mining Industry and Environment in Turkey. “Deposit and Geoenvironmental Models for Resource Exploitation and Environmental Models”, Matrahaza-Hungary, 1998, p. 125.

65. **Tvalchrelidze M.** Postglacial Transgression of the Black Sea and Paleogeography of the Cobuleti Lowland in Late Pleistocene and Holocene. Bull of the Georgian Acad. of Sci. V 153, N 1, 1996, p. 40-43.
66. **Tvalchrelidze M.** Geological history of the Sokhumi peninsula in Late Pleistocene and Holocene. Bull. of the Georgian Acad. of Sci. 1998, V 157, N 4, p. 437-442.
67. Water Chemistry Laboratory Manual. Wadeable Streams Assessment. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Environmental Information, Washington, DC, EPA841-B-04-008, 2004, p. 35.
68. US EPA Method 418.1. Total petroleum hydrocarbons; TNRCC method 1006. Characterization of C₆-C₃₅ petroleum hydrocarbons in environmental samples.
69. **Zaitsev Yu. P.** Eutrophication of the Black Sea and its Major Consequences // Black Sea Pollution Assessment (Edited by L.D. Mee & G. Topping). – New York: UN Publ., 1998, p. 57-67.
70. **Безбородов А.А., Митропольский А.Ю.** Геохимическая эволюция микроэлементов в Черное море. Киев, Институт Геологических наук АН УССР, 1978, ст. 60.
71. **Белова И.В.** Цинк в современных черноморских отложениях. Геохимия, Доклады АН СССР, том 193, №2, 1970, ст. 433-436.
72. **Брицке М.Э.** Атомно-абсорбционный спектральный анализ. Москва, Химия, 1982, ст. 223.
73. Наносы на берегу. <http://kreakratia.ru/1119/>
74. **Виноградов А.П.** Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. Москва, изд. АН СССР, 1957, ст. 237.
75. **Виноградов А.П.** Введение в геохимию океана. Академия наук СССР, Москва, Издательство «Наука», 1967, ст. 163-169.
76. **Виноградов А. П.** Геохимия океана. Ж.Наука, 1989, ст. 219.
77. **Войткевич Г.И., Кокин А.А. и др.** Справочник по геохимии. Москва, «Недра», 1990, ст. 476.
78. **Волков И.И.** Химические элементы в толще глубоководных осадков Черного моря. В кн. Исследования по химии моря. Тр. Инст-та океанологии им. П.П. Ширшова. Т. 63, Москва, Наука, 1973, ст. 148-169.

79. **Волков И.И.** Химические элементы в речном стоке и формы их поступления в море (на примере рек Черноморского бассейна). В кн. Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд. Москва, Наука, 1975, ст. 85-113.
80. Введение в экологию Черного моря. Одесса, «Эвен», 2006, ст. 133.
81. **Гамузов Г.Г., Чельная К.Н.** Восточное Причерноморье. География России и стран ближнего зарубежья. http://geo.1september.ru/view_article.php?ID=200901303
82. **Гачечиладзе Г.А.** Гидрологические аспекты химической денудации в горных регионах. Ленинград, Гидрометеиздат, 1989, ст. 293.
83. **Гвахария В.Г., Мачитадзе Н.О.** Характер распределения металлов в донных осадках рек Чорохи и Аджарисцкали (Грузия). // Труды Института Геологии. Нов. сер. Вып.124, 2008, ст. 264-267
84. **Гвахария В., Мачитадзе Н., Беденашвили Г., Майсурадзе Г., Бенашвили Н., Хухуния Ц., Лебанидзе Б.** Исследования нижних течений впадающих в море рек и прибрежной зоны грузинского сектора Черного моря. Международная конференция «Проблемы геологии Кавказа», посвященная 85-летию Института Геологии им. А. Джанелидзе. Тезисы докладов, 2010, ст. 44-45.
85. **Гвахария В., Мачитадзе Н., Гелашвили Н., Бенашвили Н.** Донные отложения в низовьях рек Грузии бассейна Черного моря.// Инновационные процессы в сообществе МЦНТИ. 4-ый выпуск международного информационно-аналитического сборника «Проблемы получения чистой воды и инновационные пути их решения», 2011, ст. 69-79.
86. **Гвахария В., Мачитадзе Н., Гелашвили Н., Гиргвлиани Д.** Химическая экология донных отложений грузинского сектора черного моря // Известия НАН Азербайджана, Науки о земле, № 4, 2006, ст. 44-49.
87. **Гвахария В.Г., Мачитадзе Н.О., Майсурадзе Г.В., Харгелия Р.Г., Гелашвили Н.Э.** Содержание тяжелых металлов и нефтяных углеводородов в морских донных осадках акватории Супсинского нефтеперегрузочного терминала // Тр. ГИН АН Грузии, Новая серия, вып. 119, 2004, ст.840-844.
88. **Гвахария В.Г., Харгелия Р.Г., Гелашвили Н.Э., Джанашвили Н.Д., Маисурадзе Г.В.** Изучение загрязнения нефтяными углеводородами грузинской акватории Черного

- моря. Материалы шестого международного конгресса "Вода: экология и технология», 2004, ст.321.
89. **Гвахария В., Мачитадзе Н., Твалчредидзе М.** Использование химических элементов - маркеров при определении границ динамических систем юго-восточной части черного моря // Тез. докл. VI конференции "Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей". Москва, Труды, 2004, ст. 328-331.
90. Геологическая деятельность океанов и морей. Геологическая деятельность поверхностных текучих вод. <http://dynamo.geol.msu.ru/TextBooks/Koronovsky-1991-Bases%20of%20geology.pdf>
91. Геоморфология Грузии. под ред. Л. И. Маруашвили. Тбилиси, Издательство «Мецниереба», 1971, ст. 609.
92. **Глаголева М.А.** Закономерности распределения элементов в современных осадках Черного моря. Геохимия, Доклады АН СССР, том 136, №1, 1961, ст.195-198.
93. **Голева Р.В., Телятников С.В.** Оценка уровня природного и техногенного загрязнения южных морей России. Охрана недр и экология, 2009, ст. 62.
94. **Гордеев В.В.** Речной сток в океан и черты его геохимии. Москва, Издательство «Наука», 1983, ст. 22-24.
95. ГОСТ 12536-79. "Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава".
96. ГОСТ 4152-89. Вода питьевая. Метод определения массовой концентрации мышьяка.
97. ГОСТ 23268.3-78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения гидрокарбонат-ионов.
98. ГОСТ Р 51212-98 Вода питьевая. Методы определения содержания общей ртути беспламенной атомно-абсорбционной спектрометрией.
99. Государственный водный кадастр Грузии. Ежегодные данные поверхностных вод суши, 1987.
100. **Демина Л.Л.** Формы миграции тяжелых металлов в океане. Москва, «Наука», 1982, ст. 118.
101. **Джаошвили Ш.В.** Речной сток и сток наносов в Черное море. Институт динамики берегов («Грузберегозащита»). Водные ресурсы, том 26, №3, 1999, ст. 275-282.

102. **Добровольский А.Д., Залогин Б.С.** Моря СССР. Москва, 1982, ст. 36-40.
103. **Донные отложения Мирового океана.** 2011. <http://www.evpatori.ru/donnye-otlozheniya-mirovogo-okeana.html>.
104. **Емельянов Е.М., Тримонис Э.С., Шимкус К.М.** Количественное распределение и абсолютные массы взвешенных Fe, Al, Ti, Mn в водах Черного моря. Атлантическое отделение института океанологии АН СССР, Калининград, Геохимия №9, 1976, ст. 1381-1388.
105. **Еременко В.Я.** Спектрографическое определение микроэлементов (тяжелых металлов) в природных водах. Ленинград, Гидрометеиздат, 1969, ст. 109.
106. **Зауташвили Б.З.** К вопросу об аккумуляции марганца в районе устья р. Риони. Сообщения Академии Наук Грузинской ССР, т. 73, №3, 1974, ст. 637-639.
107. **Зауташвили Б.З.** Гидрохимия рудных месторождений Грузии. Тбилиси, Мецниереба, 1984, ст. 192.
108. **Зайцев Ю.П.** Черное море: состояние экосистемы и пути его улучшения. Молодёжный экологический центр им. В. И. Вернадского, Одесса, 2000, ст. 46.
109. **Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г.** Экологические процессы в критических зонах Черного моря: синтез результатов двух направлений исследований с середины XX до начала XXI веков. Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной Академии наук Украины. 2002, ст. 325.
110. **Зенкович В.П.** Морская геоморфология. Терминологический словарь. Москва, Мысль, 1980, ст. 279.
111. **Зенкович В.П.** Основы учения о развитии морских берегов. Москва, Изд. АН СССР, 1962, ст. 710.
112. **Иваницкий Т.В.** Геология, минералогия и геохимия свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений Грузии. Тбилиси, изд. АН ГССР, 1963, ст. 366.
113. **Копытов Ю.П., Бобко Н.И., Губанов В.И.** Оценка состояния загрязнения донных осадков тяжелыми металлами в прибрежных районах Крыма (Черное море), Морской экологический журнал, Севастополь, 2010, ст. 38-47.
114. **Кантаржи И.Г., Майрановский Ф.Г.** Развитие береговой зоны моря и проблемы качества воды (на примере болгарского побережья Черного моря). Водн. ресурсы, т. 25, №5, 1998, ст. 631-638.

115. **Ковальский В.В., Гололобов А.Д.** Методы определения микроэлементов в почвах, растительных и животных организмах. М.: ВИЖ, 1959, ст. 139.
116. **Колесов Г.М., Аникиев В.В.** Специфичность методологии отбора и анализа проб и интерпретации данных экспедиционных океанологических исследований. ЖАХ, т. 54, №9, 1999, ст. 918-928.
117. **Колхидская низменность.** Природные условия и социально-экономические аспекты. Ленинград, Гидрометеиздат, 1989, ст. 373.
118. **Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря.** Москва, «Наука», 2002, ст. 476.
119. **Коновалов Г.С., Иванова А.А., Колесникова Т.Х.** Редкие и рассеянные элементы (микроэлементы) в воде и во взвешенных веществах рек европейской территории СССР. Гидрохимические материалы, т. 62, 1966, ст. 94-111.
120. **Котельянец Е.А., Коновалов С.К.** Распределение тяжелых металлов в донных отложениях феодосийского залива. Морской гидрофизический институт НАН Украины, г. Севастополь, 2008, ст. 171-175.
121. **Лебанидзе Б.В., Папашвили И.Г., Гвахария В.Г.** Современная динамика восточной части береговой зоны Чёрного моря у города Поти //“ექსპერიმენტული და კლინიკური მედიცინა”, №4 (59), 2010, ст. 112-117.
122. **Литология и геохимия осадкообразования в приустьевых районах западной части Черного моря.** Академия наук СССР. Институт океанологии им. П. П. Ширшова. Москва, 1987, ст. 36-38.
123. **Ломинадзе Г.Дж., Мергели Н.Р., Руссо Г.Е.** Изменение динамики береговой зоны Черного моря (центральная часть Колхиды, 1976-2002 гг.) под влиянием техногенных факторов. Изменения природной среды на рубеже тысячелетий. Труды Международной электронной конференции, 2006, ст. 133-139.
124. **Лубченко И.Ю., Белова И.В.** Миграция элементов в речных водах. Лит. и полезн. ископаемые, №2, 1973, ст. 23-29.
125. **Львов Б.В.** Атомно-абсорбционный спектральный анализ. Москва, Наука, 1966, ст. 392.
126. **Методы анализа минерального сырья.** Гос. н-т изд. лит-ры по геологии и охране недр. Москва, 1957, ст.92.

127. Методы определения микроэлементов в почвах, растениях и водах под ред. Важенин И.Г. Издательство: Колос, 1974, ст. 285.
128. Минеральные ресурсы. ССР Грузии. Гостехиздат Грузии, «Техника да шрома», Тифлис, 1933, ст. 1138.
129. **Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И.** Геохимия Черного моря. Киев, Наукова думка, 1982, ст. 141.
130. **Михайлова М.В., Джаошвили Ш.В.** Гидролого-морфологические процессы в устьевой области р. Риони и их антропогенные изменения. Водн. ресурсы, т. 25, №2, 1998, ст. 152-160.
131. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Выпуск I. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. Академия наук СССР. Ленинград, Гидрометеиздат, 1982. ст.225.
132. **Мокиевская В.В.** Марганец в воде Черного моря. Доклады Академии наук СССР, Том 137, №6, 1961, ст. 1445-1447.
133. **Морозов Н.П.** Загрязнение Мирового океана тяжелыми металлами (новые взгляды на проблему). Экологические страницы, ж. ВХО, т. 35, №5, 1990, ст. 640-647.
134. **Назаров Ю.И.** Особенности формирования месторождений медно-колчеданных формаций южной Грузии. Москва, Недра, 1966, ст. 227.
135. Океанология. Химия океана. Том.1. Химия вод океана. Москва, Издательство «Наука», 1979, ст. 518.
136. **Орадовский С.Г., Афанасьева Н.А., Иванова Т.А., Матвейчук И.Г.** Оценка тенденции изменений уровня химической загрязненности Российских акваторий Каспийского, Черного и Азовского морей за период 1980-1995 гг. Океанология, том 37, №6, 1997, ст. 862-867.
137. **Орлов Д.С.** Химия почв. Москва, Изд. МГУ, 1985, ст. 376.
138. **Петелин В.П.** Гранулометрический анализ морских донных осадков. Москва, Наука, 1967, ст. 128.
139. **Прайс В.** Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия. Москва, Мир, 1976, ст. 355.
140. Практическая экология морских регионов. Черное море. Наукова думка, 1990, ст. 250.

141. Проблемы литологии и геохимии осадочных пород и руд. Москва, Издательство «Наука», 1975, ст. 85-112.
142. Романов А.С., Орехова Н.А., Игнатьева О.Г., Коновалов С.К., Овсяный Е.И. Влияние физико-химических характеристик донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт севавтополья (Черное море). Экология моря, Вып.73, 2007, ст. 85-89.
143. Скопинцев Б.А. Формированные современного химического состава вод Черного моря. Гидрометеиздат, Ленинград, 1975, ст. 336.
144. Славин В. Атомно-абсорбционная спектроскопия. Ленинград, Химмия, 1971, ст. 296.
145. Сорокин Ю.М. Черное море. Природа, ресурсы. Москва, Наука, 1982, ст. 216.
146. Столярова И.А., Филатова М.П. Атомно-абсорбционная спектрометрия при анализе минерального сырья. Москва, «Недра», 1984, ст. 152.
147. Страхов Н.М., Белова И.В., Глаголева М.А., Лубченко И.Ю. Распределение и формы нахождения элементов в поверхностном слое современных осадков Черного моря. Лит. и полезн. ископаемые, №2, 1971, ст. 3-31.
148. Супаташвили Г.Д. Гидрохимия Грузии. Тбилиси, Издательство Тбилисского университета, 2003, ст. 142.
149. Твалчрелидзе М.Г., Лебанидзе З.М., Джаошвили Г.Ш. Условия формирования современных осадков центральной и юго-восточной части грузинского сектора Черного моря. Геологический институт АН Грузии им. Ал. Джанелидзе. Труды, Новая серия, Вып. 117, 2002, ст. 238-244.
150. Фашук Д.Я. Оценка антропогенной нагрузки на водосборы Черного и Азовского морей (географо-экологический подход). Водные ресурсы, том 25, №6, 1998, ст. 694-711.
151. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Москва 2000. ст. 840.
152. Черное море. Сборник. Ленинград, Гидрометеиздат, 1983, ст. 405.
153. Шулькин В.М. Геохимия металлов при седиментогенезе в прибрежной зоне моря. Геохимия, №3, 1990, ст. 457-462.

154. Шулькин В.М., Богданова Н.Н. Геохимия железа, марганца, цинка и меди в прибрежном осадкообразовании. Литология и полезные ископаемые, №6, 1984, ст. 105-117.
155. <http://www.knp777.narod.ru/>
156. <http://forum.ge/?f=95&showtopic=34360452>
157. <http://ekofact.com/2010/05/30/76/>
158. <http://www.epn.ge/?p=107343>
159. <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/summer-temps.html>
160. <http://www.seevccc.rs/SEECOF/SEECOF%20IV-STEP1/Summer-season-2010-in-Georgia.pdf>
161. <http://www.kulevioilterminal.com>.
162. <http://www.adjaristsqali.com/>
163. <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html#ref1>
164. <http://lifebsea.ru/vod/vodnyy-balans-chernogo-morya.html>
165. <http://www.blackseawave.com/>
166. <http://www.journals.elsevier.com/marine-chemistry>

დანართები

დანართი 1

ცხრილები

ცხრილი 3.2.1. ზღვის აკვატორიის საკვლევ სადგურების მახასიათებლები

№	სადგური	N	E	სიღრმე, მ	თარიღი	დრო, სთ:წთ
1	1A_I	41.580664	41.556039	25	25.09.2008	14:00
2	1B_I	41.568353	41.561862	10	25.09.2008	14:30
3	1C_I	41.564982	41.561278	10	25.09.2008	14:50
4	2A_I	41.609060	41.578918	14	25.09.2008	15:30
5	2B_I	41.611313	41.568367	40	25.09.2008	15:50
6	2D_I	41.582890	41.562437	8	25.09.2008	13:10
7	3A_I	41.664484	41.650057	18	25.09.2008	11:10
8	3B_I	41.659183	41.636867	15	25.09.2008	10:52
9	3C_I	41.657050	41.605450	12	25.09.2008	16:35
10	4A_I	41.672810	41.655815	25	25.09.2008	10:20
11	4B_I	41.691350	41.683117	14	21.09.2008	17:16
12	4C_I	41.726585	41.671581	200	22.09.2008	10:15
13	5A_I	41.704183	41.713083	11	21.09.2008	11:50
14	5B_I	41.732667	41.721667	8	21.09.2008	16:30
15	5C_I	41.709651	41.672234	70	25.09.2008	12:03
16	6A_I	41.742333	41.724167	10	21.09.2008	12:20
17	6B_I	41.756000	41.723500	15	21.09.2008	15:50
18	6C_I	41.789657	41.723483	200	26.09.2008	11:50
19	6D_I	41.784587	41.723268	244	26.09.2008	11:35
20	7A_I	41.767367	41.736983	10	21.09.2008	12:45
21	7B_I	41.763533	41.721717	24	21.09.2008	15:20
22	7C_I	41.834100	41.761111	25	26.09.2008	12:15
23	8A_I	41.783167	41.744917	13	21.09.2008	13:10
24	8B_I	41.787600	41.746333	14.5	21.09.2008	15:00
25	8C_I	41.771441	41.735368	18	26.09.2008	12:45
26	8D_I	41.870402	41.723583	43	26.09.2008	13:25
27	9A_I	41.820250	41.768117	13	21.09.2008	13:50
28	9B_I	41.811067	41.763833	15	21.09.2008	14:20
29	9C_I	41.810057	41.761886	35	26.09.2008	14:00
30	10A_I	41.847167	41.721833	35	26.09.2008	15:30
31	10B_I	41.855500	41.709965	35	26.09.2008	15:50
32	10C_I	41.857900	41.689650	35	26.09.2008	16:15
33	11A_I	41.874333	41.747217	27	26.09.2008	16:35
34	11B_I	41.876600	41.717133	35	26.09.2009	16:55
35	11C_I	41.878400	41.693417	42	26.09.2008	17:20
36	12A_I	41.912800	41.756933	13	26.09.2008	18:25
37	12B_I	41.913817	41.739450	30	26.09.2008	18:00
38	12C_I	41.908117	41.676250	49	26.08.2009	17:35

№	სადგური	N	E	სიღრმე, მ	თარიღი	დრო, სთ:წთ
39	9A.II	41.761700	41.923750	6	12.06.2009	11:40
40	9B.II	41.747283	41.920483	43	12.06.2009	12:24
41	9C.II	41.696333	41.926000	76	12.06.2009	13:00
42	10A.II	41.761433	41.968792	10	12.06.2009	14:24
43	10B.II	41.738333	41.966667	35	12.06.2009	14:08
44	10C.II	41.691383	41.969917	< 120	12.06.2009	13:45
45	11A.II	41.749867	42.012567	5	12.06.2009	15:10
46	11B.II	41.729350	42.013900	35	12.06.2009	15:32
47	11C.II	41.688833	42.014800	78	12.06.2009	16:10
48	12A.II	41.715000	42.059833	4.5	12.06.2009	17:00
49	12B.II	41.695112	42.060423	17	12.06.2009	16:48
50	12C.II	41.658900	42.061270	77	12.06.2009	16:30
51	13A.II	41.680000	42.105000	5.0	12.06.2009	17:42
52	13B.II	41.660767	42.106253	17	12.06.2009	18:00
53	13C.II	41.621667	42.106833	38	12.06.2009	18:30
54	14A.II	41.640000	42.151333	14	12.06.2009	19:53
55	14B.II	41.626383	42.152073	20	12.06.2009	19:38
56	14C.II	41.603000	42.152167	34	12.06.2009	19:15
57	I	41.573219	41.613028	50	30.08.2009	10:00
58	II	41.571172	41.613731	20	30.08.2009	11:30
59	III	41.571661	41.619600	35	30.08.2009	12:00
60	VI	41.579715	41.611855	5.2	30.08.2009	13:10
61	11A-III	41.716667	42.050000	5	03.09.2009	13:40
62	11B-III	41.699550	42.050000	20	03.09.2009	13:53
63	11C-III	41.693333	42.050000	36	03.09.2009	14:06
64	12A-III	41.709667	42.059833	5	03.09.2009	13:26
65	12B-III	41.695100	42.060417	16	03.09.2009	13:16
66	12C-III	41.685000	42.061270	40	03.09.2009	12:45
67	13A-III	41.681310	42.105775	2.5	03.09.2009	11:16
68	13B-III	41.660767	42.106250	17	03.09.2009	11:30
69	13C-III	41.624527	42.107083	29	03.09.2009	11:48
70	14A-III	41.640000	42.151333	14	02.09.2009	9:53
71	14B-III	41.626383	42.152067	17	02.09.2009	10:30
72	14C-III	41.613833	42.152250	25	02.09.2009	10:55
73	15B-III	41.621667	42.197233	7.5	02.09.2009	11:21
74	15C-III	41.597567	42.195967	25	02.09.2009	11:40
75	16A-III	41.619750	42.264833	9	02.09.2009	13:11
76	16B-III	41.630117	42.242042	7	02.09.2009	12:55
77	16C-III	41.613667	42.241667	19	02.09.2009	12:30
78	17A-III	41.623965	42.287210	5	02.09.2009	13:35
79	17B-III	41.608833	42.287833	11	02.09.2009	13:50
80	17C-III	41.592500	42.288673	22	02.09.2009	14:00

ცხრილი 3.2.2. ზღვის წყლის ჰიდროქიმიური მახასიათებლები

№	სადგური	T, °C	ელ.გამტარობა, მილისიმ/სმ	‰	pH	გაზსნილი O ₂ , მგ/ლ	სიმღვრივე, FTU
1	1A_I	24.4	29.0	17.9	8.00	8.40	1.55
2	1B_I	24.0	29.3	18.0	8.20	8.54	1.02
3	1C_I	24.0	29.1	18.0	7.80	8.30	2.53
4	2A_I	24.4	29.0	17.9	8.15	8.60	0.97
5	2B_I	24.2	28.9	17.9	7.70	8.80	0.97
6	2D_I	24.4	29.1	18.0	7.90	8.50	1.68
7	3A_I	24.5	28.3	17.4	8.25	8.53	5.14
8	3B_I	24.4	28.3	17.5	8.38	8.70	8.45
9	3C_I	24.5	28.9	17.8	8.20	8.70	1.17
10	4A_I	25.8	28.5	17.5	8.48	7.15	62.4
11	4B_I	25.8	28.5	17.6	8.48	7.90	15.4
12	4C_I	25.5	28.0	17.3	8.22	8.00	0.83
13	5A_I	25.6	28.6	17.6	8.34	6.28	12.42
14	5B_I	26.0	27.9	17.1	7.11	7.80	11.02
15	5C_I	25.6	28.7	17.7	7.72	8.77	0.83
16	6A_I	25.3	28.5	17.5	8.22	7.20	7.09
17	6B_I	25.7	28.3	17.6	7.54	8.00	1.88
18	6C_I	25.4	28.1	17.3	8.14	8.60	8.43
19	6D_I	25.2	28.3	17.4	8.04	8.5	14.62
20	7A_I	25.1	30.0	18.6	8.05	7.90	1.57
21	7B_I	25.3	28.3	17.5	7.51	8.60	0.67
22	7C_I	24.7	28.4	17.5	8.02	8.48	1.79
23	8A_I	25.5	28.6	17.7	7.70	7.80	3.91
24	8B_I	25.4	28.6	17.6	7.08	7.90	3.75
25	8C_I	25.1	28.2	16.6	8.01	8.44	2.08
26	8D_I	25.6	28.6	17.6	8.02	8.71	1.02
27	9A_I	25.5	28.5	17.6	7.50	7.90	1.79
28	9B_I	25.0	28.6	17.5	7.94	7.80	1.75
29	9C_I	25.8	28.5	17.5	8.04	8.50	1.83
30	10A_I	24.4	28.3	17.5	8.20	8.60	2.03
31	10B_I	24.6	28.2	17.4	8.17	8.42	2.48
32	10C_I	23.5	29.3	18.1	8.20	8.66	4.81
33	11A_I	24.0	28.0	17.2	8.10	8.34	1.84
34	11B_I	24.1	28.4	17.5	8.21	8.00	2.82
35	11C_I	23.8	28.1	17.3	8.20	8.12	4.24
36	12A_I	24.0	28.6	17.6	8.20	8.60	6.56
37	12B_I	24.1	28.6	17.6	8.02	8.20	1.14
38	12C_I	24.2	28.6	17.6	8.16	8.20	1.18

№	სადგური	T, °C	ელ.გამტარობა, მილისიმ/სმ	‰	pH	გაზსწილი O ₂ , მგ/ლ	სიმღვრივე, FTU
39	9A.II	19.9	26.2	16.0	8.30	9.80	3.37
40	9B.II	21.5	28.2	17.4	7.80	9.50	1.18
41	9C.II	22.3	28.7	17.7	8.20	10.20	1.04
42	10A.II	23.8	27.2	16.7	8.50	9.80	1.78
43	10B.II	22.4	27.9	17.2	8.06	9.90	1.62
44	10C.II	21.7	28.8	17.8	8.08	10.02	1.25
45	11A.II	23.5	27.6	17.0	8.10	10.00	2.81
46	11B.II	22.0	27.9	17.2	8.20	10.20	2.31
47	11C.II	21.8	28.8	17.8	8.25	10.00	0.43
48	12A.II	20.9	28.3	17.4	8.30	9.30	2.31
49	12B.II	20.1	28.2	17.4	8.45	10.40	1.31
50	12C.II	22.5	28.1	17.3	8.40	9.80	1.35
51	13A.II	21.1	28.3	17.4	8.40	10.00	3.42
52	13B.II	20.2	28.4	17.5	8.20	10.20	1.05
53	13C.II	21.3	28.4	17.5	8.20	9.80	4.01
54	14A.II	21.1	27.8	17.1	8.20	8.70	4.62
55	14B.II	21.0	27.8	17.2	8.30	8.90	3.22
56	14C.II	21.3	27.9	17.2	8.30	9.50	2.22
57	1_III	24.5	28.6	17.7	8.20	-	-
58	2_III	24.5	28.8	17.8	8.20	-	-
59	3_III	25.0	29.0	17.9	8.20	-	-
60	4_III	25.2	29.0	17.9	8.30	-	-
61	11A_III	25.4	27.6	17.0	8.40	-	7.48
62	11B_III	25.7	28.2	17.4	8.40	-	0.28
63	11C_III	25.7	28.2	17.4	8.40	-	0.81
64	12A_III	25.5	27.8	17.1	8.40	-	3.60
65	12B_III	25.3	28.1	17.3	8.40	-	0.75
66	12C_III	25.3	28.2	17.4	8.40	-	1.12
67	13A_III	25.3	27.9	17.2	8.20	-	12.35
68	13B_III	25.2	28.2	17.4	8.20	-	1.84
69	13C_III	25.3	28.4	17.5	8.40	-	1.45
70	14A_III	25.4	28.2	17.4	8.20	-	12.35
71	14B_III	25.0	28.5	17.6	8.40	-	12.00
72	14C_III	25.1	28.5	17.6	8.40	-	11.50
73	15B_III	22.8	29.5	18.2	8.20	-	11.94
74	15C_III	22.8	29.5	18.2	8.30	-	3.27
75	16A_III	25.0	28.2	17.4	8.40	-	4.14
76	16B_III	23.1	29.1	18.0	8.30	-	17.51
77	16C_III	23.5	29.5	18.2	8.20	-	7.82
78	17A_III	25.0	27.8	17.1	8.40	-	8.09
79	17B_III	24.8	28.4	17.5	8.30	-	5.96
80	17C_III	25.3	27.8	17.1	8.20	-	5.00

ცხრილი 3.2.3. ლითონებისა და ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში

№	სადგური	Fe %	Mn %	Cu მგ/კგ	Zn მგ/კგ	Ni მგ/კგ	Cr მგ/კგ	Al %	As მგ/კგ	TPH მგ/კგ
1	1A_I	3.50	0.060	60	65	45	49	6.35	7.4	< 1.5
2	1B_I	8.60	0.110	75	126	60	175	4.42	12.8	< 1.5
3	1C_I	6.90	0.100	50	103	55	136	5.43	9.2	< 1.5
4	2B_I	4.80	0.085	100	84	55	70	7.55	13.0	< 1.5
5	2D_I	6.00	0.090	40	97	50	119	5.71	7.4	< 1.5
6	3A_I	4.40	0.065	140	93	60	63	6.08	19.6	< 1.5
7	3B_I	9.25	0.115	305	215	70	182	4.60	37.2	< 1.5
8	3C_I	4.60	0.090	115	103	70	63	4.24	20.4	< 1.5
9	4A_I	4.70	0.065	130	102	70	66.5	6.45	16.6	2.5
10	4B_I	5.35	0.090	95	100	60	115	6.08	16.8	< 1.5
11	5A_I	9.65	0.135	50	117	85	245	4.24	8.2	< 1.5
12	5B_I	6.30	0.110	35	79	75	178	5.25	8.2	< 1.5
13	6A_I	7.85	0.125	40	95	75	213	5.16	7.0	< 1.5
14	6B_I	5.60	0.105	30	77	65	140	3.04	8.2	< 1.5
15	7A_I	7.80	0.120	35	89	70	224	5.16	9.4	< 1.5
16	7C_I	5.25	0.095	40	81	60	115	4.88	11.2	< 1.5
17	8A_I	4.85	0.110	40	69	65	122	5.89	6.8	< 1.5
18	8B_I	5.95	0.115	35	87	70	161	5.89	6.4	< 1.5
19	8C_I	4.20	0.085	30	69	55	84	6.63	9.4	< 1.5
20	8D_I	4.60	0.100	50	85	60	84	6.54	16.8	< 1.5
21	9A_I	5.60	0.130	70	77	95	150	6.26	8.0	< 1.5
22	9B_I	5.00	0.120	70	87	75	115	6.05	8.2	< 1.5
23	9C_I	5.65	0.095	100	103	70	129	6.35	16.2	2.5
24	10A_I	6.00	0.120	95	87	80	168	5.71	9.4	< 1.5
25	10B_I	5.35	0.125	115	108	80	133	6.26	13.6	< 1.5
26	10C_I	5.00	0.110	115	102	75	91	5.25	15.6	2.5
27	11A_I	3.85	0.075	50	56	80	87.5	6.91	5.6	< 1.5
28	11B_I	5.45	0.115	90	103	85	147	3.87	10.6	< 1.5
29	11C_I	5.25	0.100	110	102	85	115	4.70	13.0	< 1.5
30	12A_I	5.45	0.090	75	84	95	178.5	6.72	5.2	< 1.5
31	12B_I	5.00	0.110	80	87	100	115	6.81	9.4	< 1.5

№	სადგური	Fe %	Mn %	Cu მგ/კგ	Zn მგ/კგ	Ni მგ/კგ	Cr მგ/კგ	Al %	As მგ/კგ	TPH მგ/კგ
32	9A_II	6.00	0.115	50	140	95	280	5.43	3.4	27.9
33	10A_II	5.25	0.115	35	80	75	174	5.61	4.8	<1.5
34	10B_II	4.05	0.175	60	130	70	89.5	6.07	8.8	<1.5
35	11A_II	4.30	0.110	40	180	65	101	6.16	4.6	6.8
36	11B_II	4.80	0.135	75	145	75	101	6.26	11.0	4.1
37	12A_II	3.10	0.190	20	120	45	64.5	5.52	6.2	47.4
38	12B_II	3.40	0.220	20	130	45	78.5	5.34	6.2	25.2
39	13A_II	3.25	0.245	25	135	50	70	5.80	9.4	<1.5
40	13B_II	4.05	0.225	30	137	55	67	6.16	14.0	<1.5
41	14A_II	3.75	0.195	40	145	60	75	6.35	11.0	76.7
42	14B_II	3.60	0.260	35	145	55	67	6.16	10.0	26.4
43	14C_II	4.00	0.280	50	145	60	75.5	6.72	11.0	<1.5
44	1_III	4.50	0.085	80	240	52	61.5	4.78	6.4	<1.5
45	2_III	4.90	0.090	240	135	45	70.5	5.70	36.6	<1.5
46	3_III	13.50	0.115	455	575	45	179	5.80	63.0	<1.5
47	4_III	15.04	0.115	560	490	35	196	4.88	69.0	<1.5
48	2-3A_III	3.90	0.075	170	140	35	73	5.24	26.0	<1.5
49	2-3B_III	6.05	0.090	240	175	52	101	5.89	35.0	7.6
50	2-3C_III	4.80	0.085	115	100	65	75.5	5.43	15.8	<1.5
51	2-3D_III	4.55	0.085	120	95	45	73	5.52	18.0	<1.5
52	3A_III	6.05	0.100	175	170	27.5	118	5.88	22.0	32.3
53	3B_III	9.30	0.140	87.5	187	65	289	5.89	12.2	2.7
54	3C_III	7.05	0.105	175	180	52	154	6.35	19.2	<1.5
55	3D_III	9.30	0.115	355	322	40	142	6.00	36.6	<1.5
56	11A_III	5.10	0.290	30	79	45	109	6.35	6.2	<1.5
57	11B_III	3.60	0.240	35	65	55	78.5	6.72	7.8	6.3
58	11C_III	3.90	0.160	55	84	47	89.5	6.16	11.6	<1.5
59	12A_III	4.10	0.285	20	70	45	96	6.99	6.8	56.4
60	12B_III	3.60	0.275	20	65	35	95	5.88	10.0	15.7
61	12C_III	4.50	0.160	75	80	72	78.5	6.62	12.6	<1.5
62	13A_III	3.88	0.290	35	74	47	78.5	6.07	8.0	<1.5
63	13B_III	3.88	0.290	15	74	45	72.5	6.90	13.6	<1.5
64	14A_III	4.50	0.230	40	74	47	84	6.99	12.0	61.3
65	14B_III	3.80	0.330	30	76	45	75.5	3.68	10.0	30.8
66	14C_III	4.22	0.290	35	115	65	84	2.67	14.8	<1.5
67	15B_III	3.78	0.240	30	74	40	73	5.51	11.0	<1.5
68	15C_III	4.08	0.240	67.5	80	47	84	5.06	16.0	<1.5
69	16A_III	4.13	0.200	40	79	35	75.5	6.44	12.2	16.3
70	16B_III	3.73	0.275	22.5	76	35	75.5	5.98	9.4	26.4
71	16C_III	4.18	0.210	55	80	60	95	5.24	13.8	<1.5
72	17A_III	4.20	0.140	17.5	65	20	75.5	3.04	10.4	<1.5
73	17B_III	4.50	0.115	40	74	27.5	75.7	3.31	11.6	<1.5
74	17C_III	4.20	0.165	32.5	79	40	84	4.05	11.6	<1.5

დანართი 2

ფოტომასალა



სურ. 1.7.1. ბაქო-სუფსის მილსადენის რუკა



სურ. 1.7.2. – 1.7.3 სუფსის საზღვაო ტერმინალი



სურ. 1.7.4.-1.7.5. ყულევის ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების საზღვაო ტერმინალი



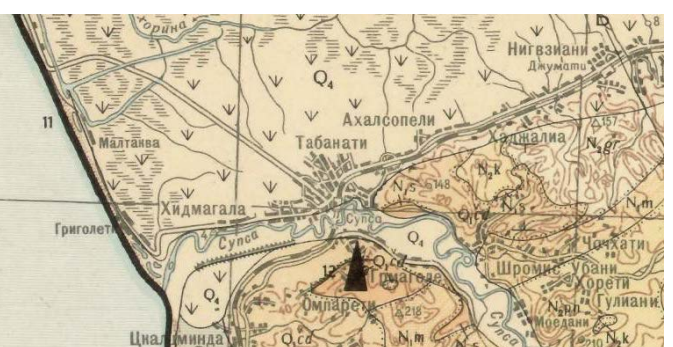
სურ. 1.7.6.-1.7.7. ბათუმის ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტერმინალი და საწარმოო უბნების განთავსების სქემა.



სურ. 1.7.8.-1.7.9. „ჩენელ ენერჯი“-ს ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების ტერმინალი (ფოტო)



სურ. 1.7.10. ნავთობის საბადო მდ. სუფსის აუზის მიმდებარე ტერიტორიაზე



სურ. 1.7.11. ნავთობის საბადო მდ. ნატანების აუზის მიმდებარე ტერიტორიაზე



სურ. 2.1.1.1 მდინარეების ფსკერული ნალექების ნიმუშები



სურ. 2.1.2.1. საექსპედიციო ჯგუფი ქ. ბათუმის იახტ-კლუბში და თევზსაჭერი სეინერი „SMB – 040“, ქ. ფოთის ნავსადგურში



სურ.2.1.2.2. ზღვის წყლის ნიმუშების აღება ბათომეტრით



სურ.2.1.2.3. ფსკერული ნალექების ამოღება ფსკერსაზაპით



სურ.2.1.2.4. საველე სამუშაოები გემზე



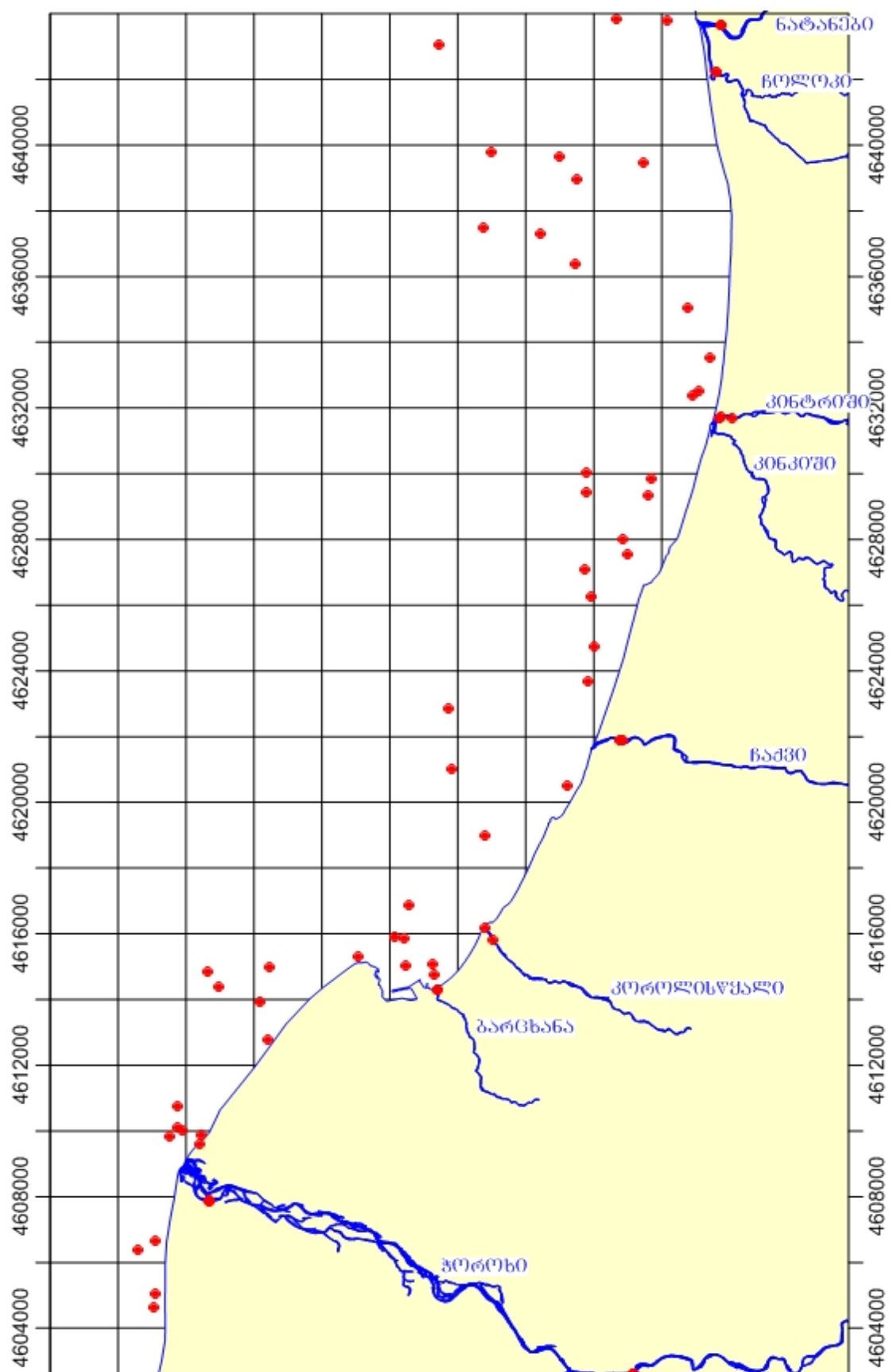
სურ. 2.1.3.1. SensION 156 და Elmetron CX-401



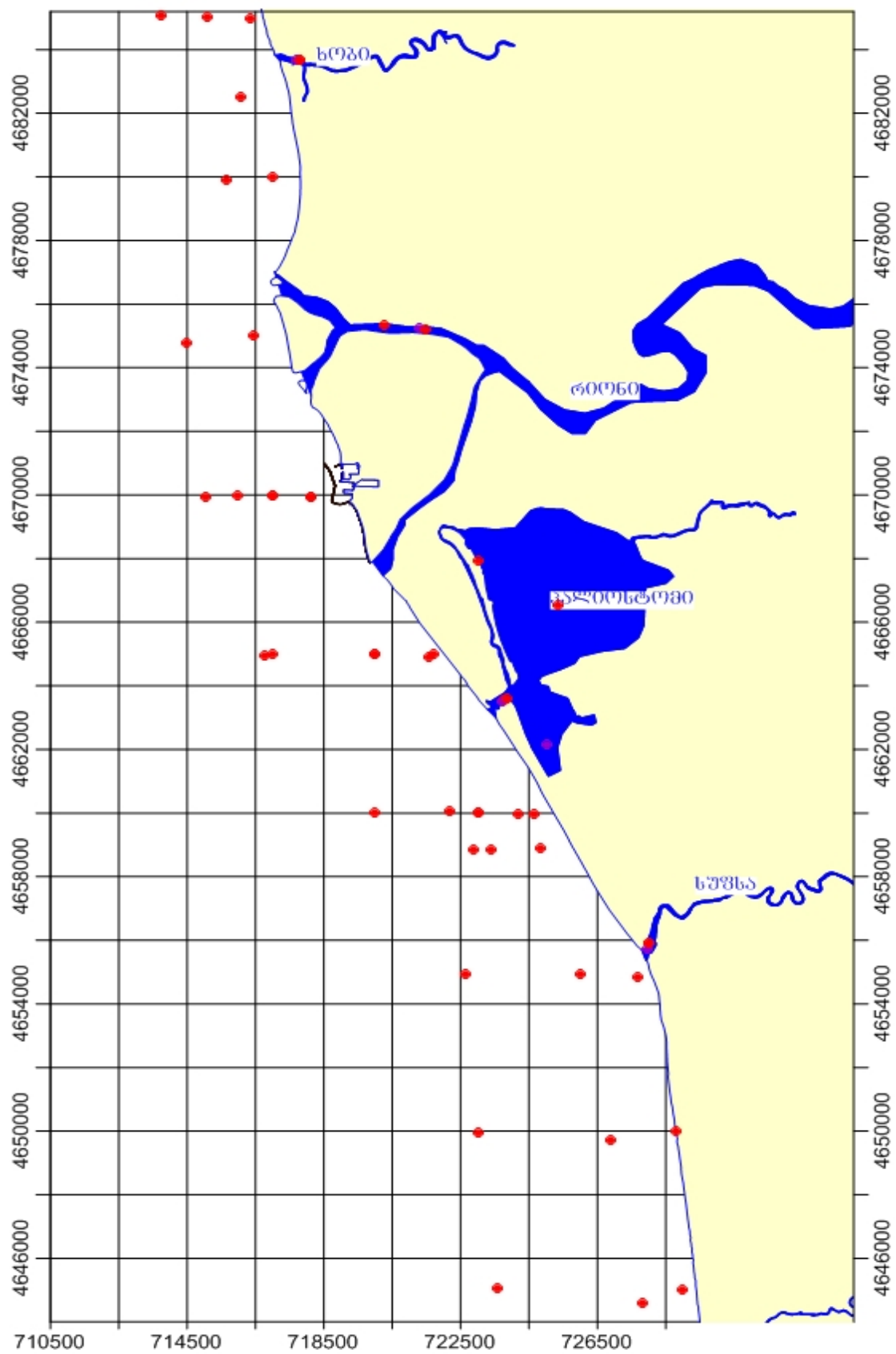
სურ. 2.1.3.2. წყლის სიმღვრივის საზომი
HANNA Instruments Turbidimeter



სურ. 2.1.3.3. შეტევარებული ნაწილაკების
ნიმუშის აღება



სურ. 2.1.3.4. საკვლევი არეალი



სურ. 2.1.3.5. საკვლევი არეალი

დანართი 3

მდინარეებისა და ზღვის ჰიდროქიმიური, გეოქიმიური და ეკოლოგიური გამოკვლევა



სურ. 3.1.1.1. ყულევის ნავსადგური



3.1.1.2. მდინარის შესართავის მახლობლად ჩაძირული გემი.



სურ. 3.1.1.3. ეროზიული მარჯვენა ნაპირი



სურ. 3.1.1.4. მყარი ნარჩენები ნაპირზე



სურ. 3.1.3.1. წყარო პალიასტომთან



სურ. 3.1.3.2. ტბის ფსკერული ნალექი



სურ. 3.1.4.1. მდ.მალთაყვა, მყარი ნარჩენები



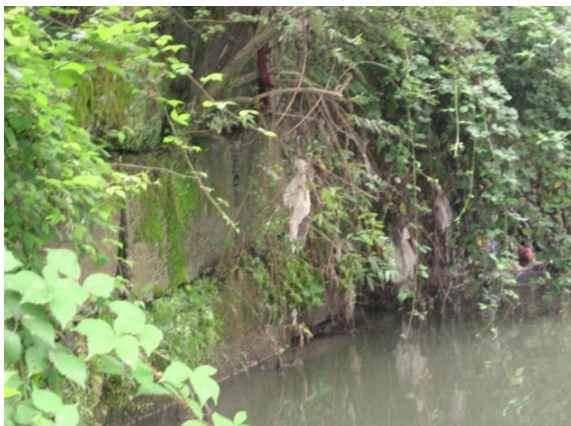
სურ. 3.1.7.1. მდ. ჩოლოქი, ევტროფიკაციის ნიშნები



სურ. 3.1.8.1. მდ. კინტრიში, 2008



სურ. 3.1.8.2. მდ. კინტრიში, 2010



სურ. 3.1.10.1. მყარი ნარჩენები



სურ. 3.1.10.2. ნავთობის ლაქები



სურ. 3.1.10.3. მდ.ყოროლისწყლის ხედი



სურ. 3.1.10.4. ურბანული დაბინძურება



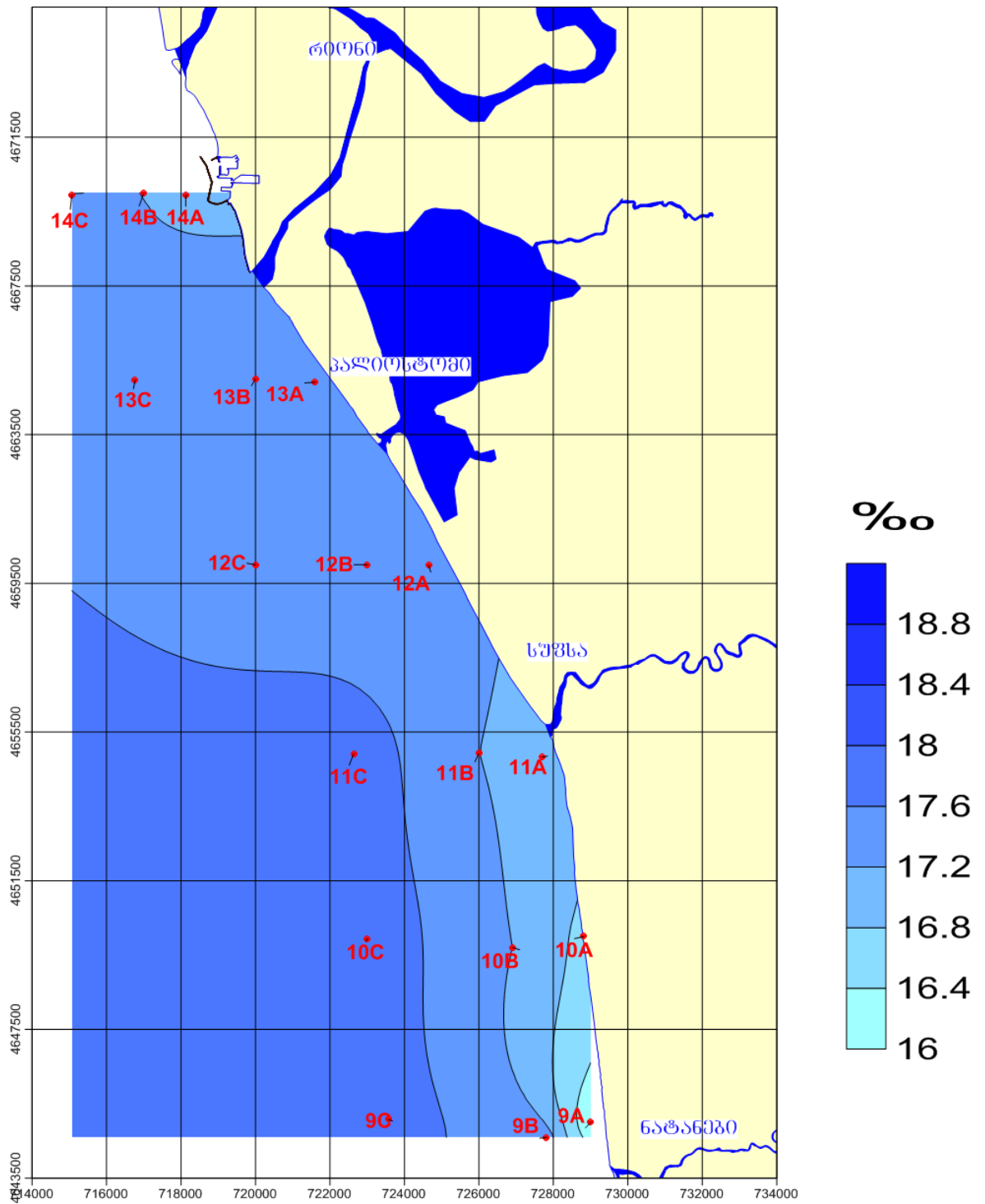
სურ. 3.1.11.1. მდ. ბარცხანა



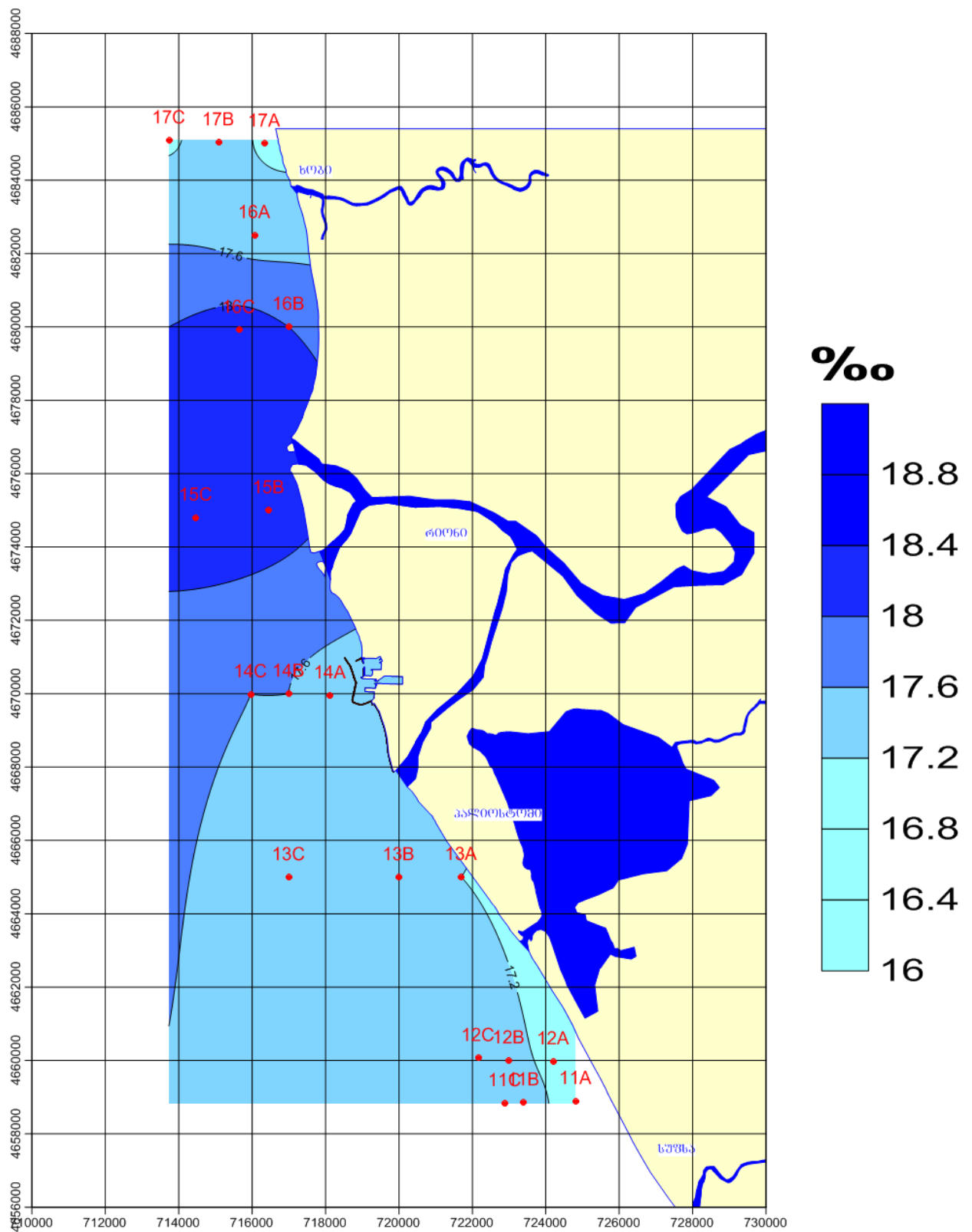
სურ.3.1.11.2. ნავთობის ლაქები

დანართი 4

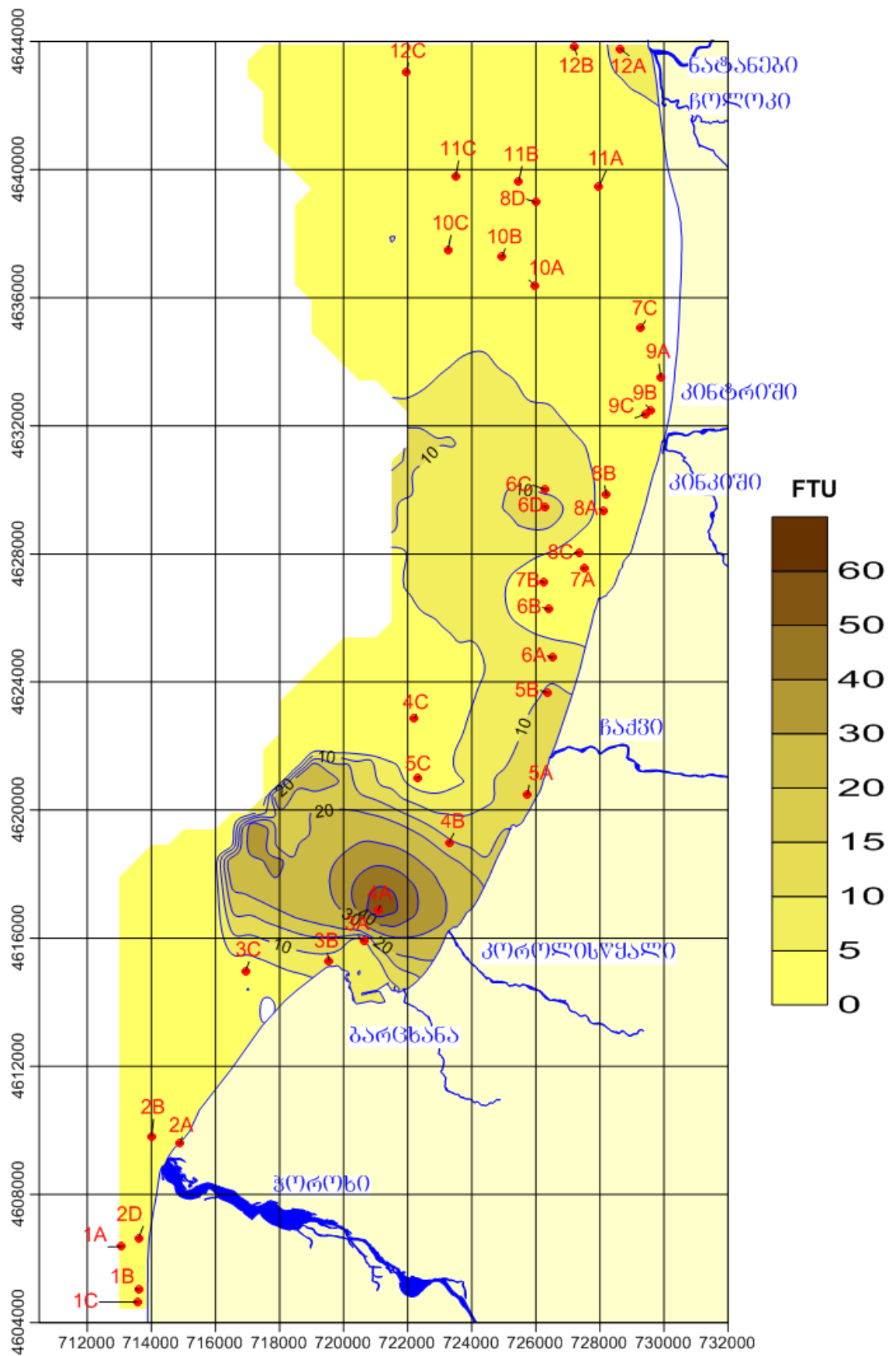
შავი ზღვის ჰიდროქიმიური და გეოქიმიური პარამეტრების
განაწილების რუკები



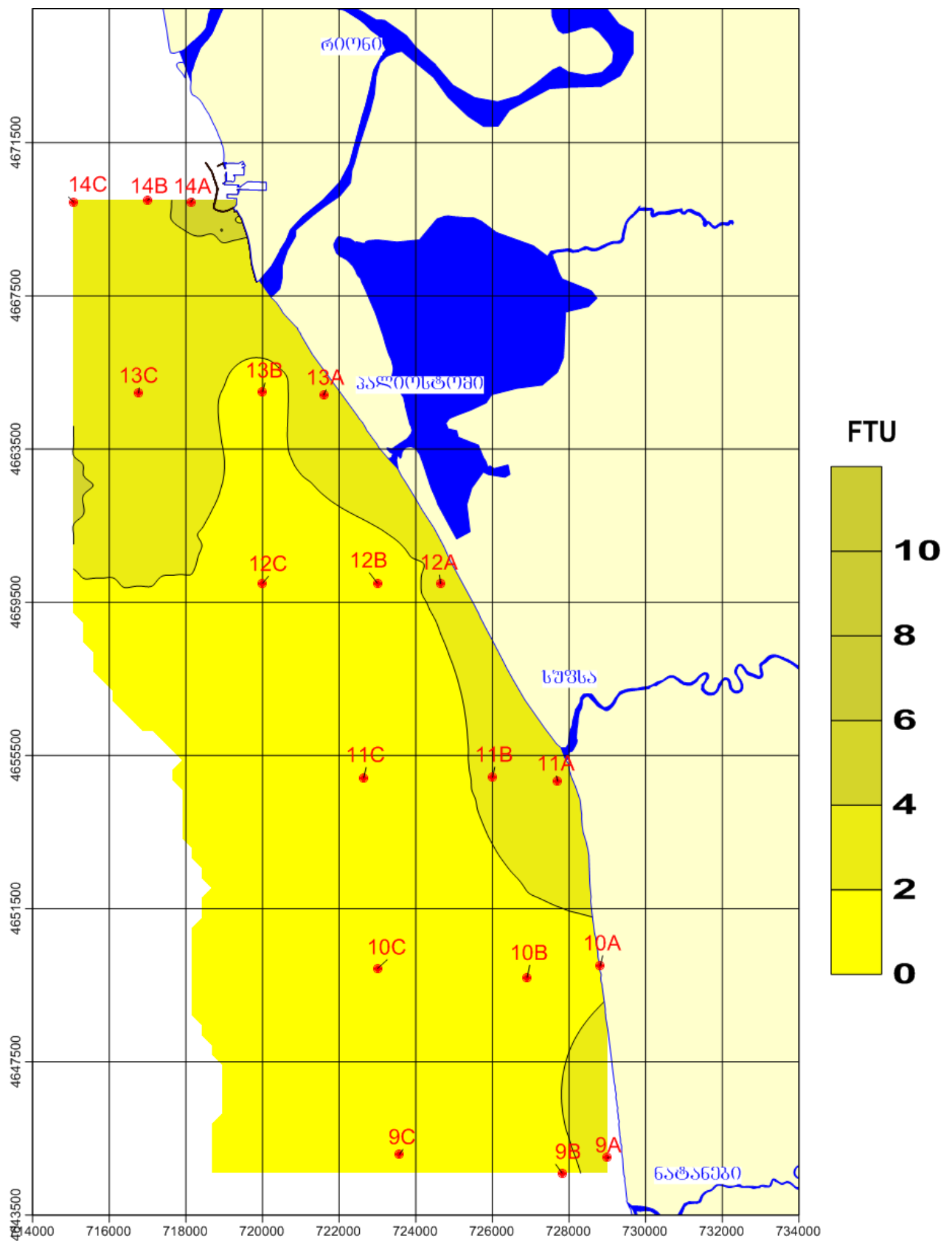
სურ. 3.2.1.2.2. ზღვის წყლის მარილიანობა, ნატანგი - ფოთის მონაკვეთი, 2009, ივნისი.



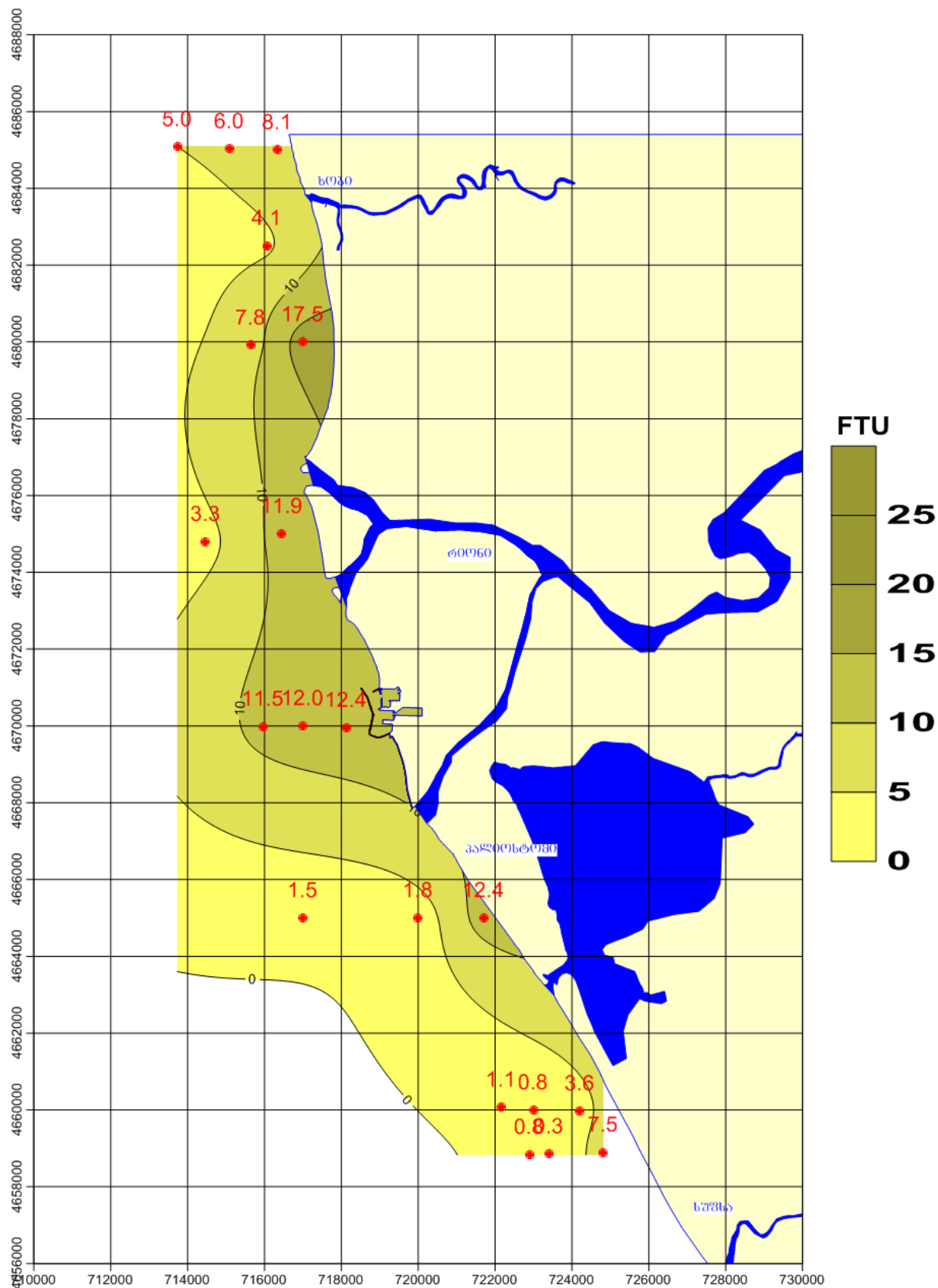
სურ. 3.2.1.2.3. ზღვის წყლის მარილიანობა, სუფსა - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



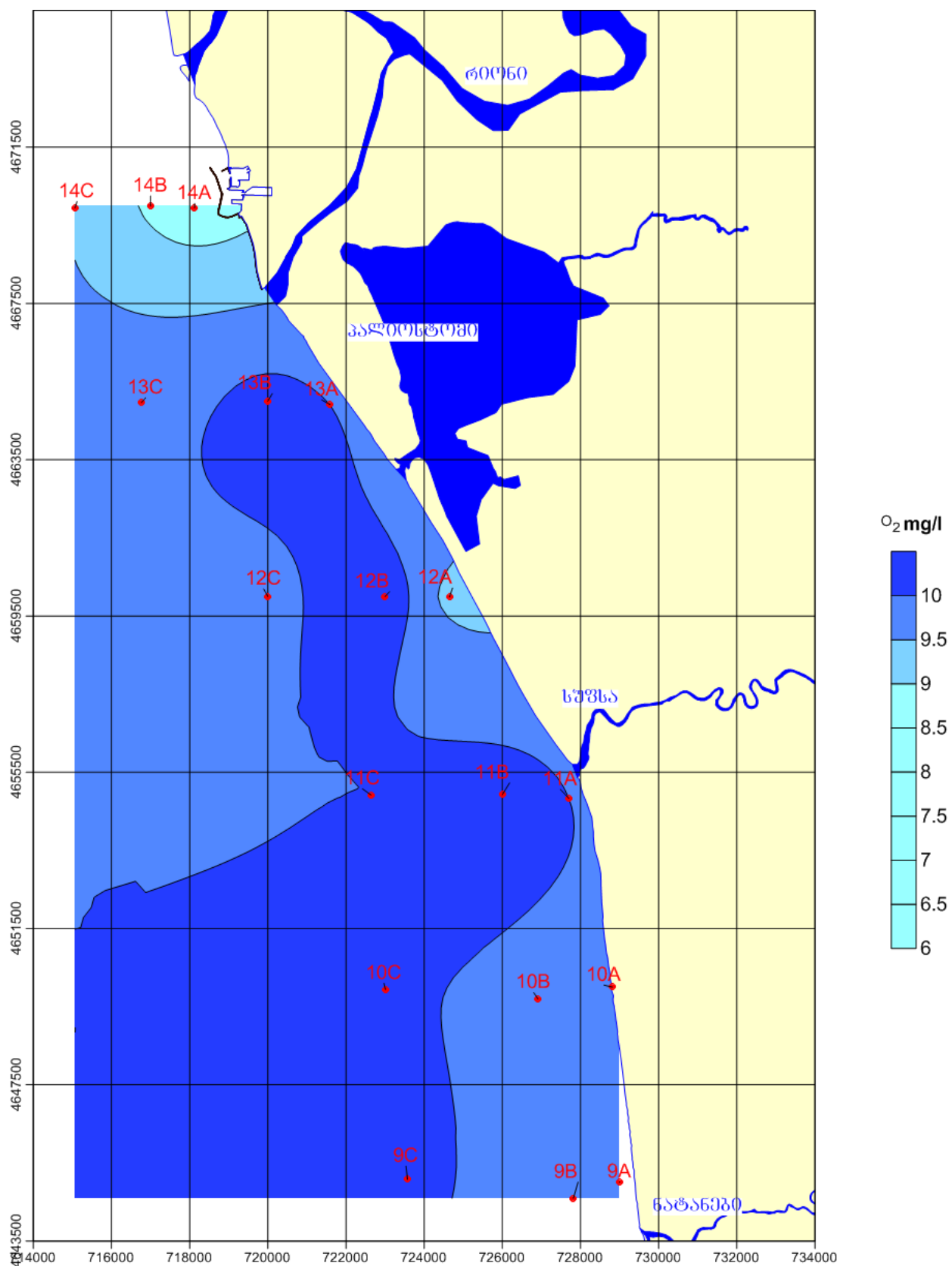
სურ. 3.2.1.3.1. ზღვის წყლის სიმღვრივე, გონიო-ნატანების მონაკვეთი, 2008, სექტემბერი.



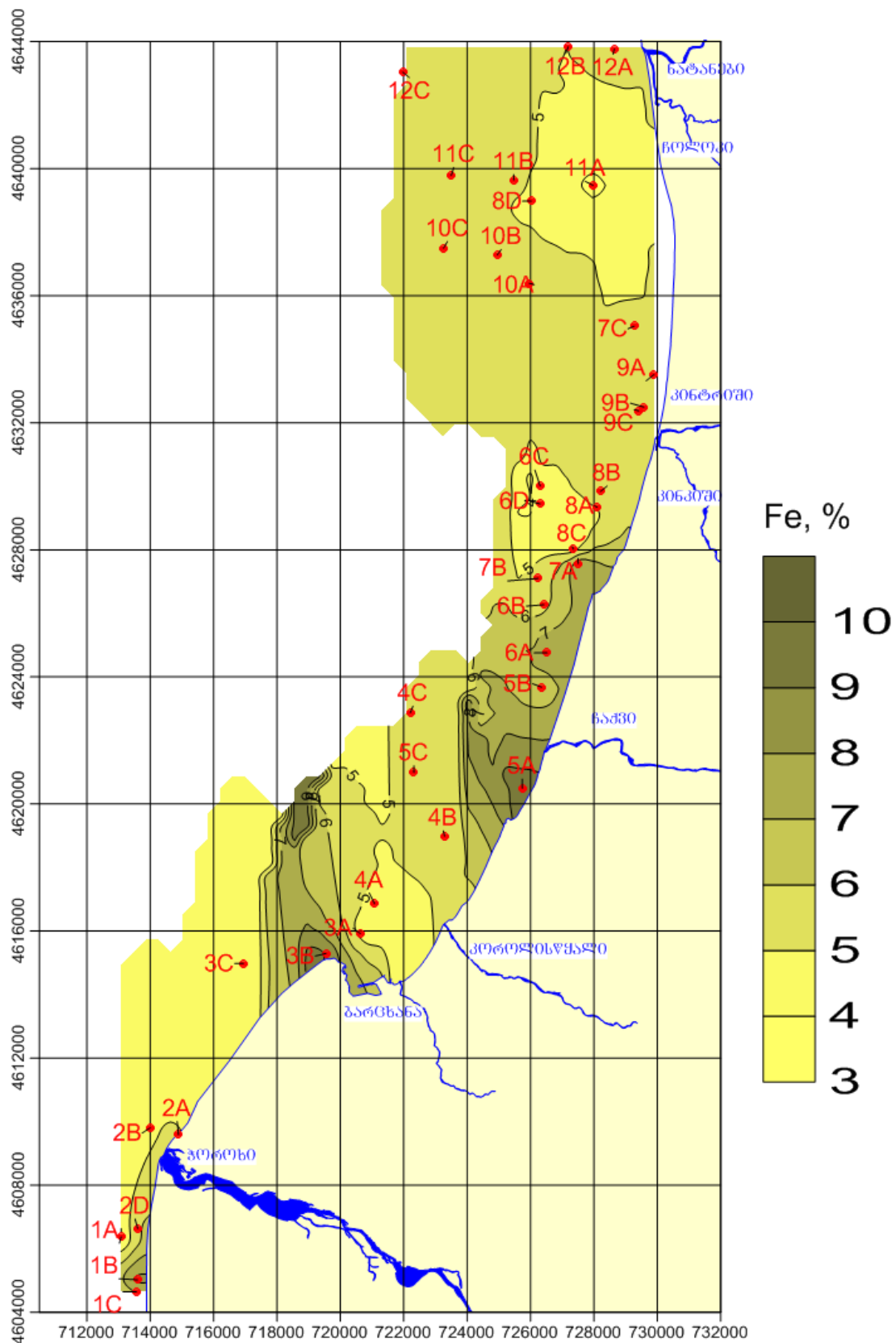
სურ. 3.2.1.3.2. ზღვის წყლის სიმღვრივე, ნატანობი - ფოთის მონაკვეთი, 2009, ივნისი.



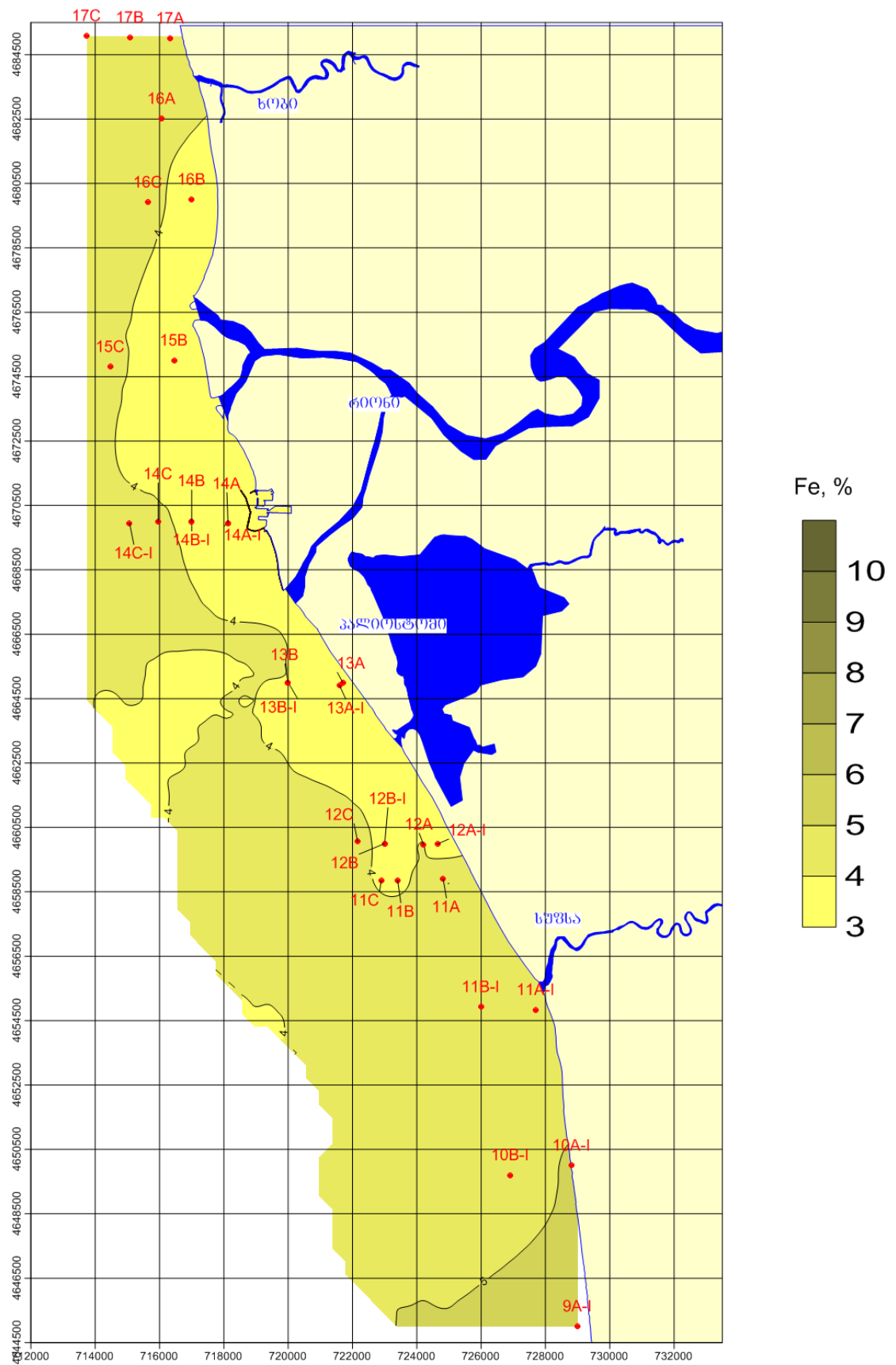
სურ. 3.2.1.3.3. ზღვის წყლის სიმღვრივე, სუფსა - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



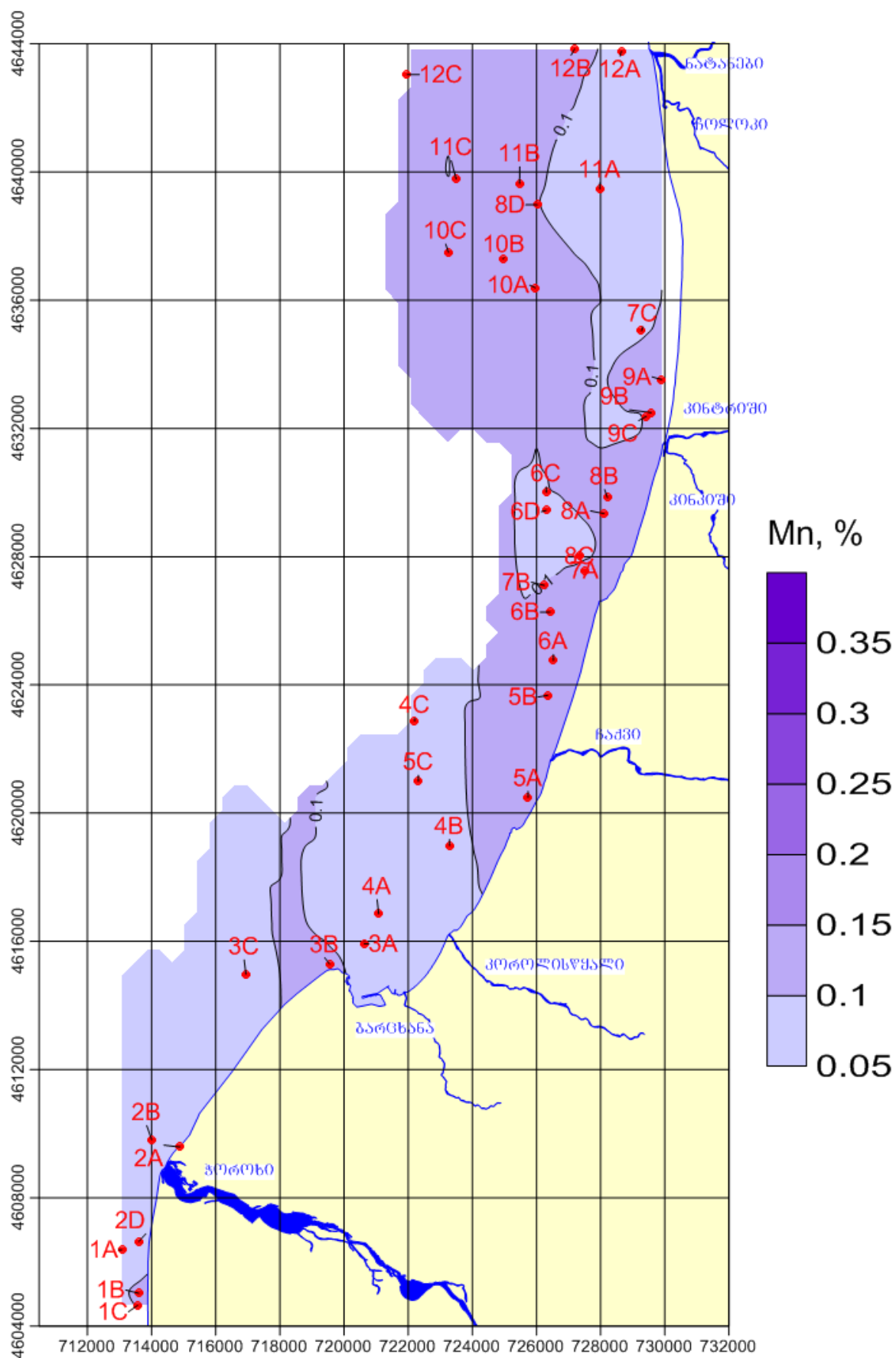
სურ. 3.2.1.4.2. გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა ზღვის წყალში, ნატანები - ფოთის მონაკვეთი, 2009, ივნისი.

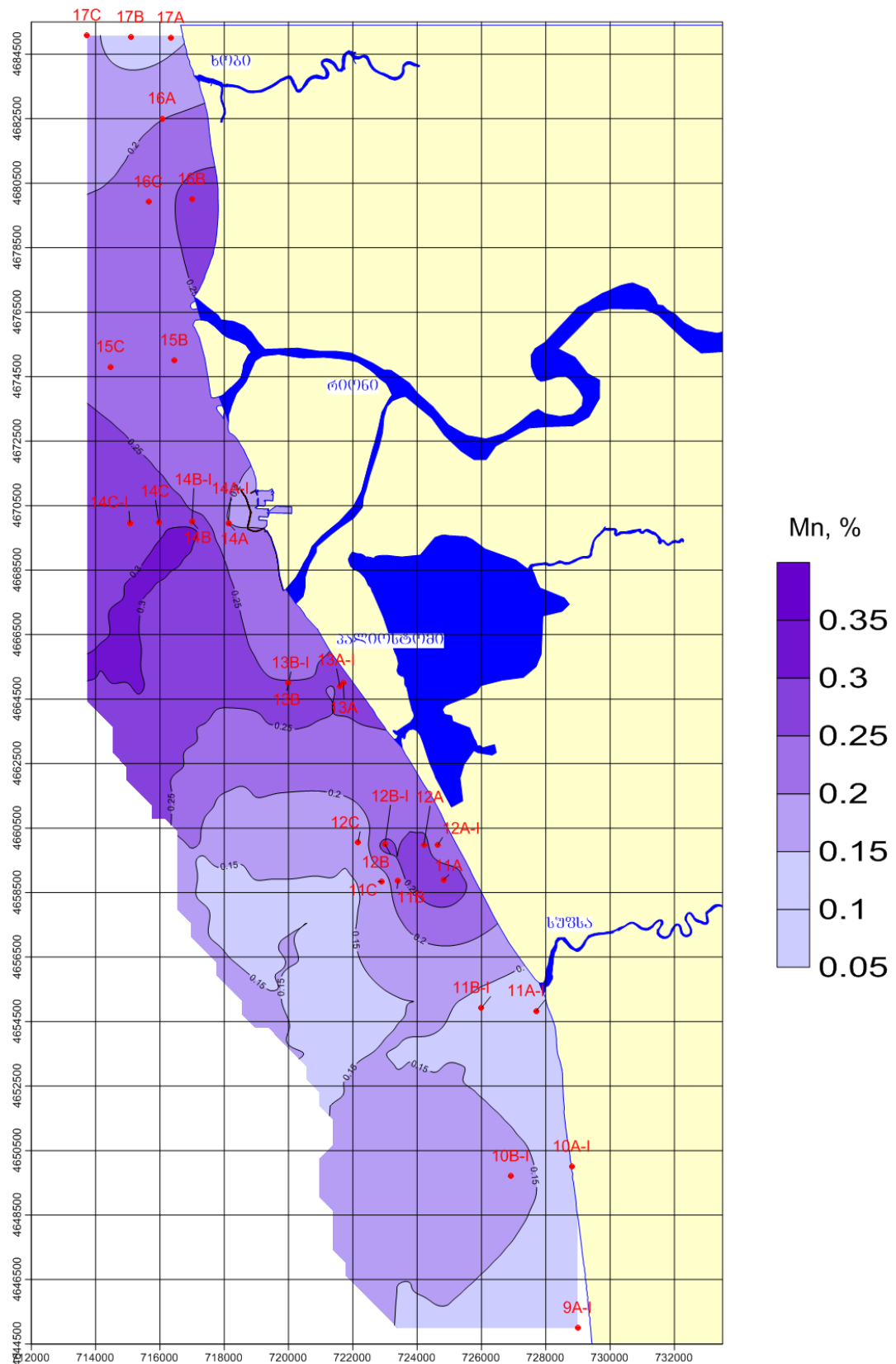


სურ. 3.2.2.1.1. რკინის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, გონიო - ნატანების მონაკვეთი, 2008, სექტემბერი.

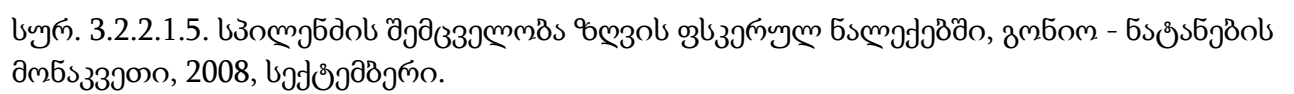


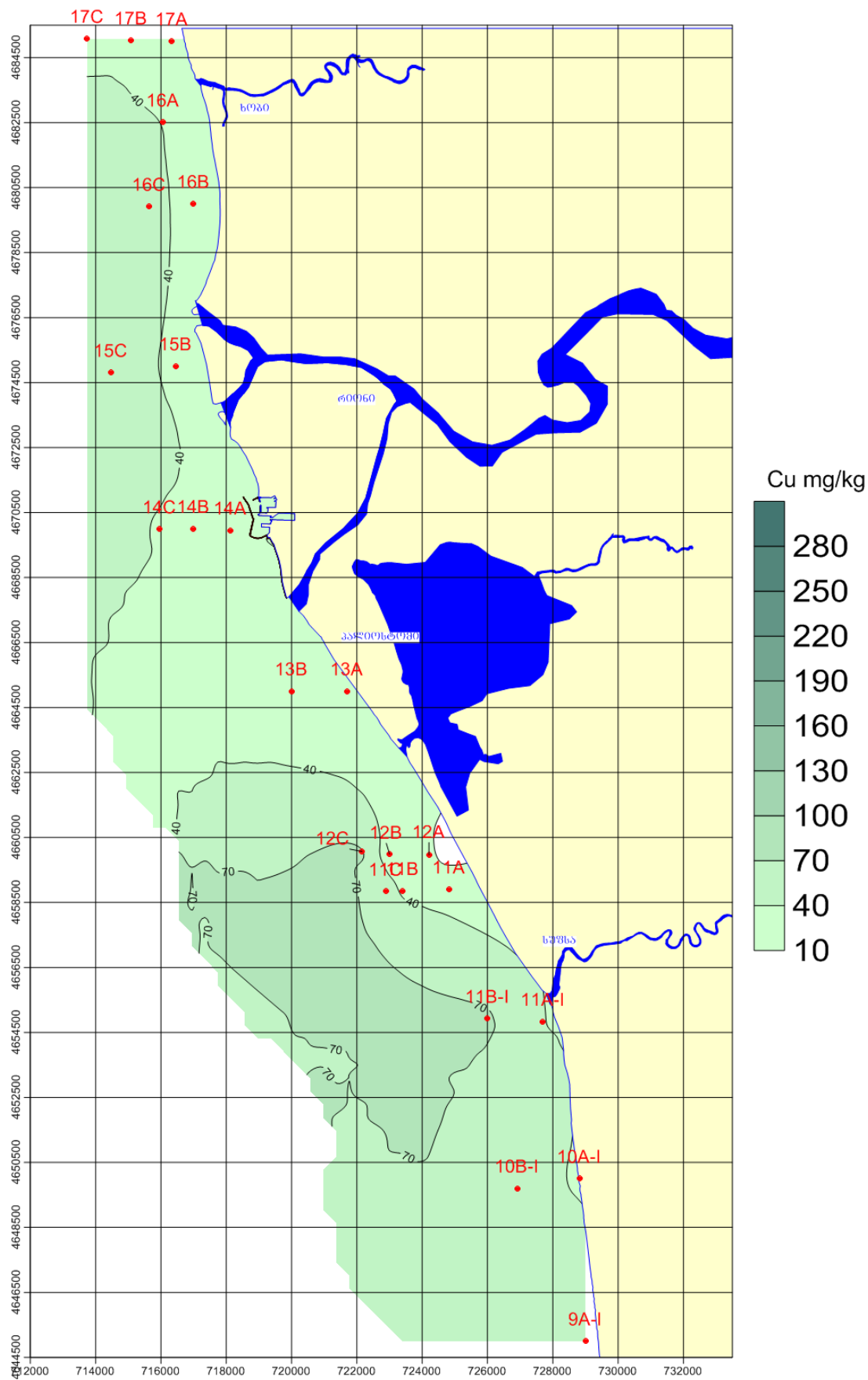
სურ. 3.2.2.1.2. რკინის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



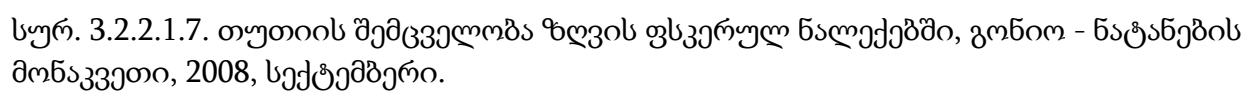


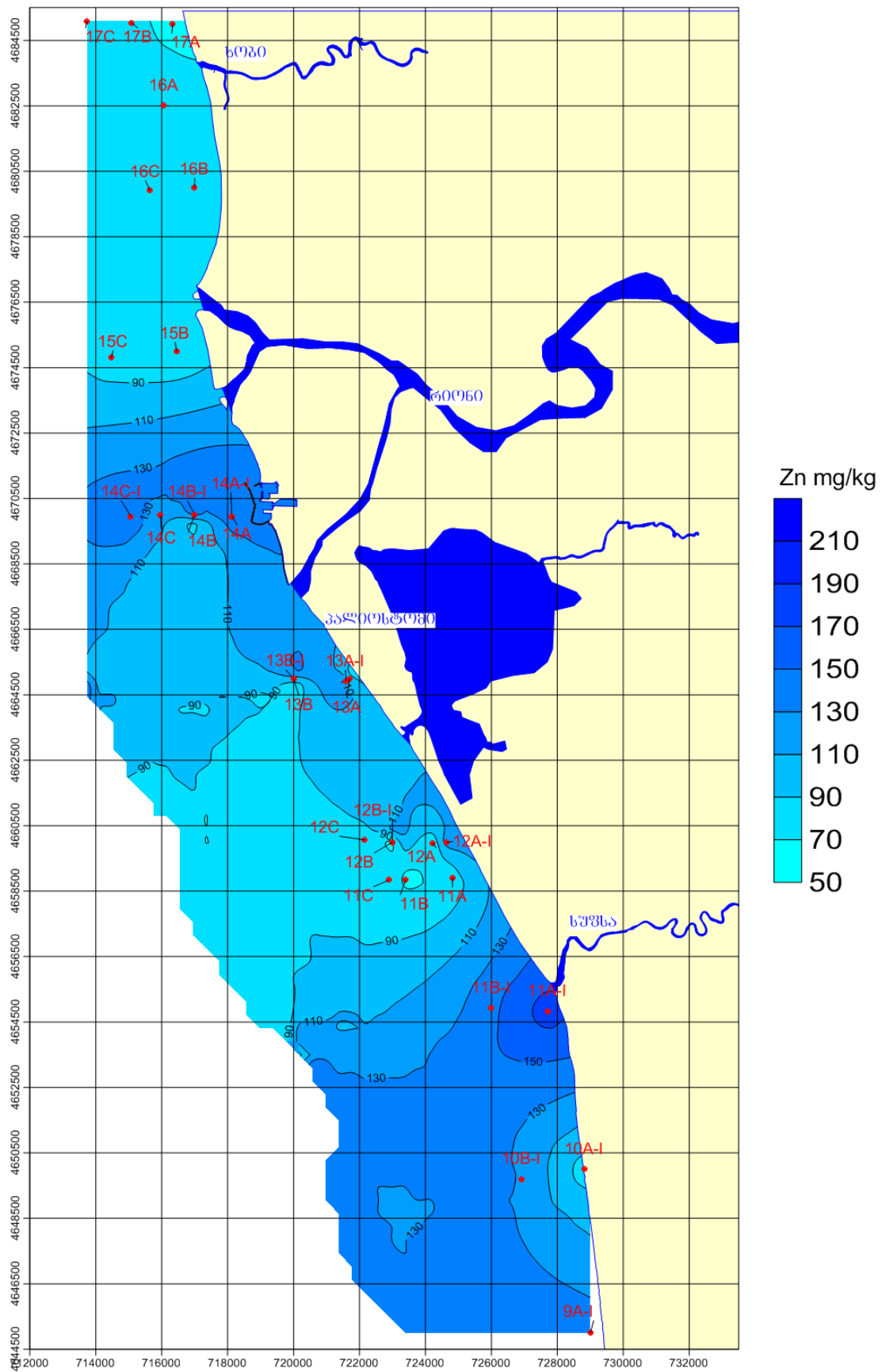
სურ. 3.2.2.1.4. მანგანუმის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



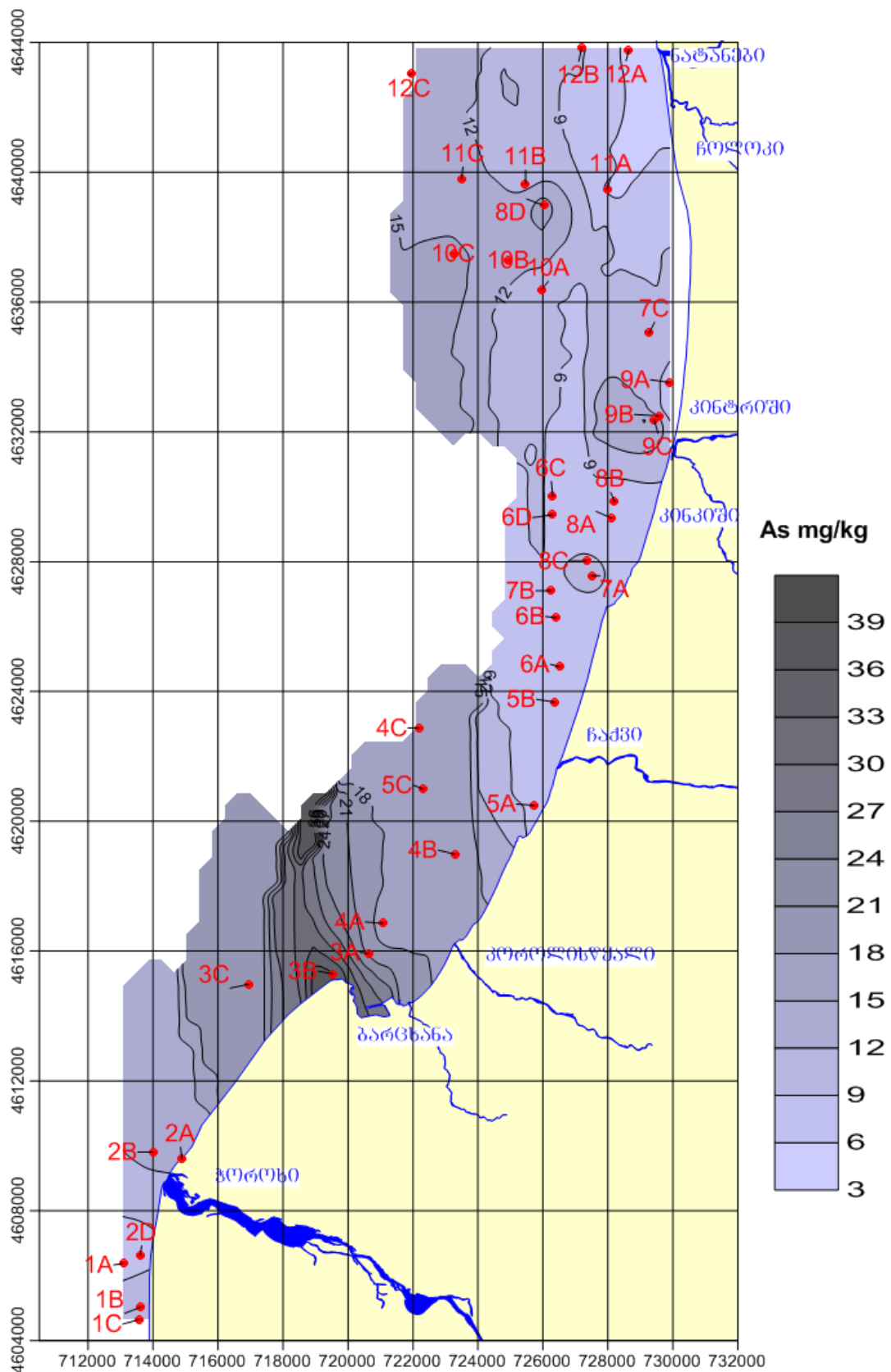


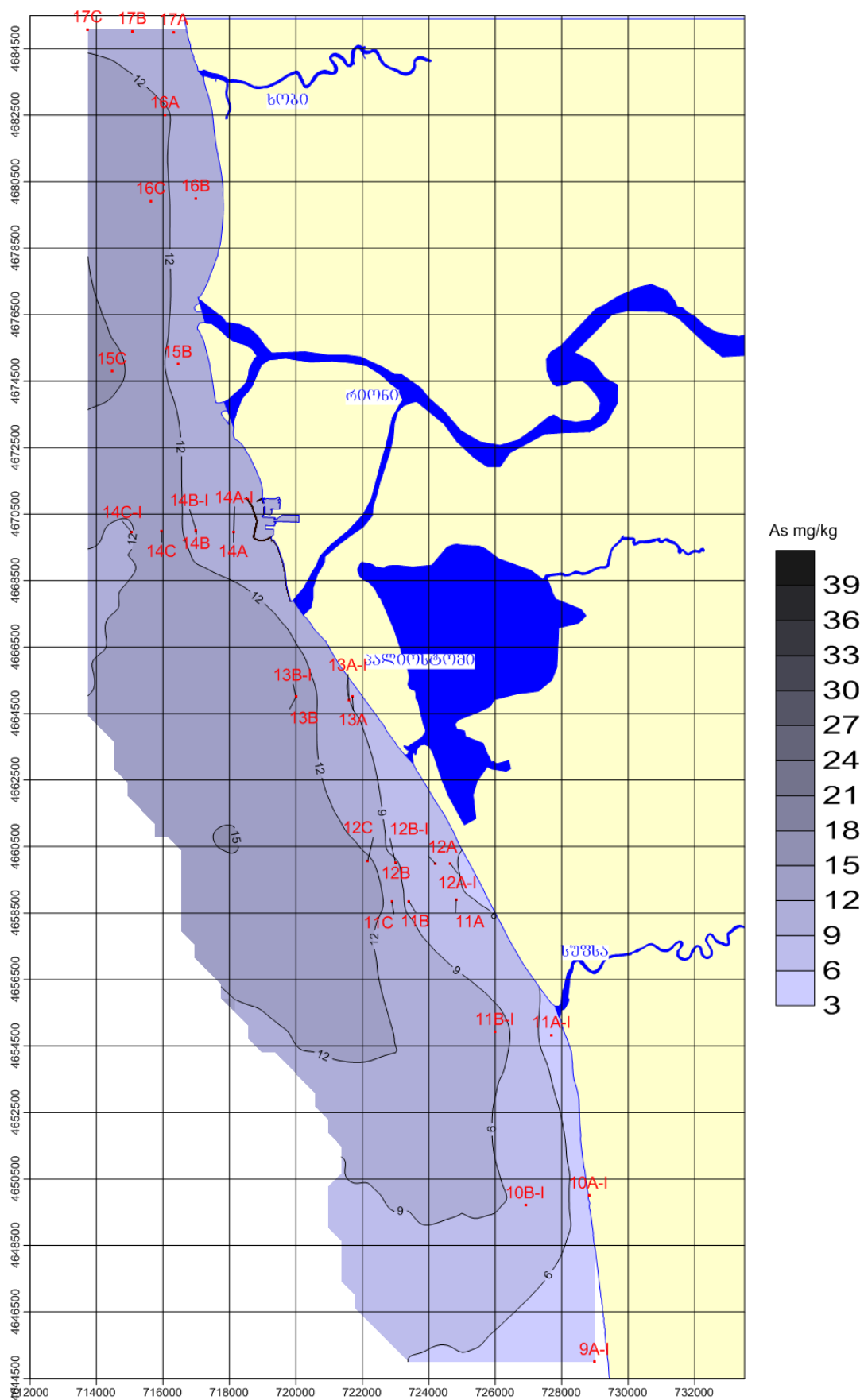
სურ. 3.2.2.1.6. სპილენძის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



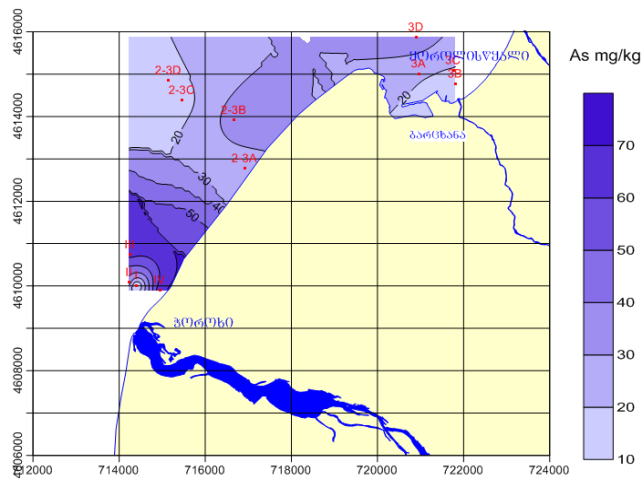


სურ. 3.2.2.1.8. თუთიის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.

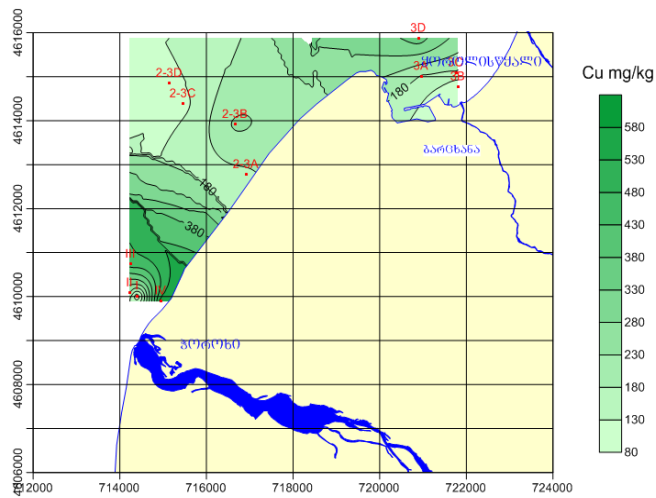




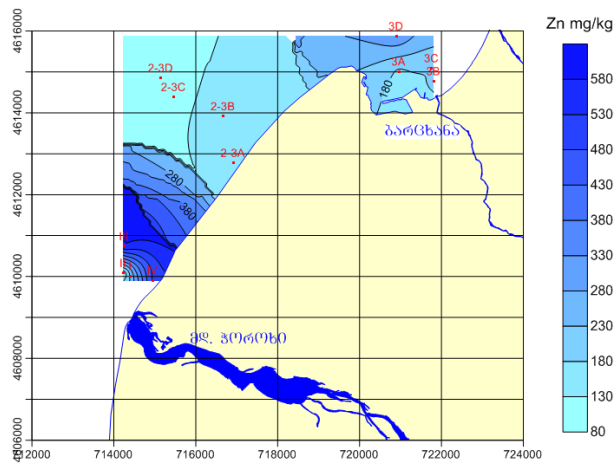
სურ. 3.2.2.1.10. დარიჰანის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



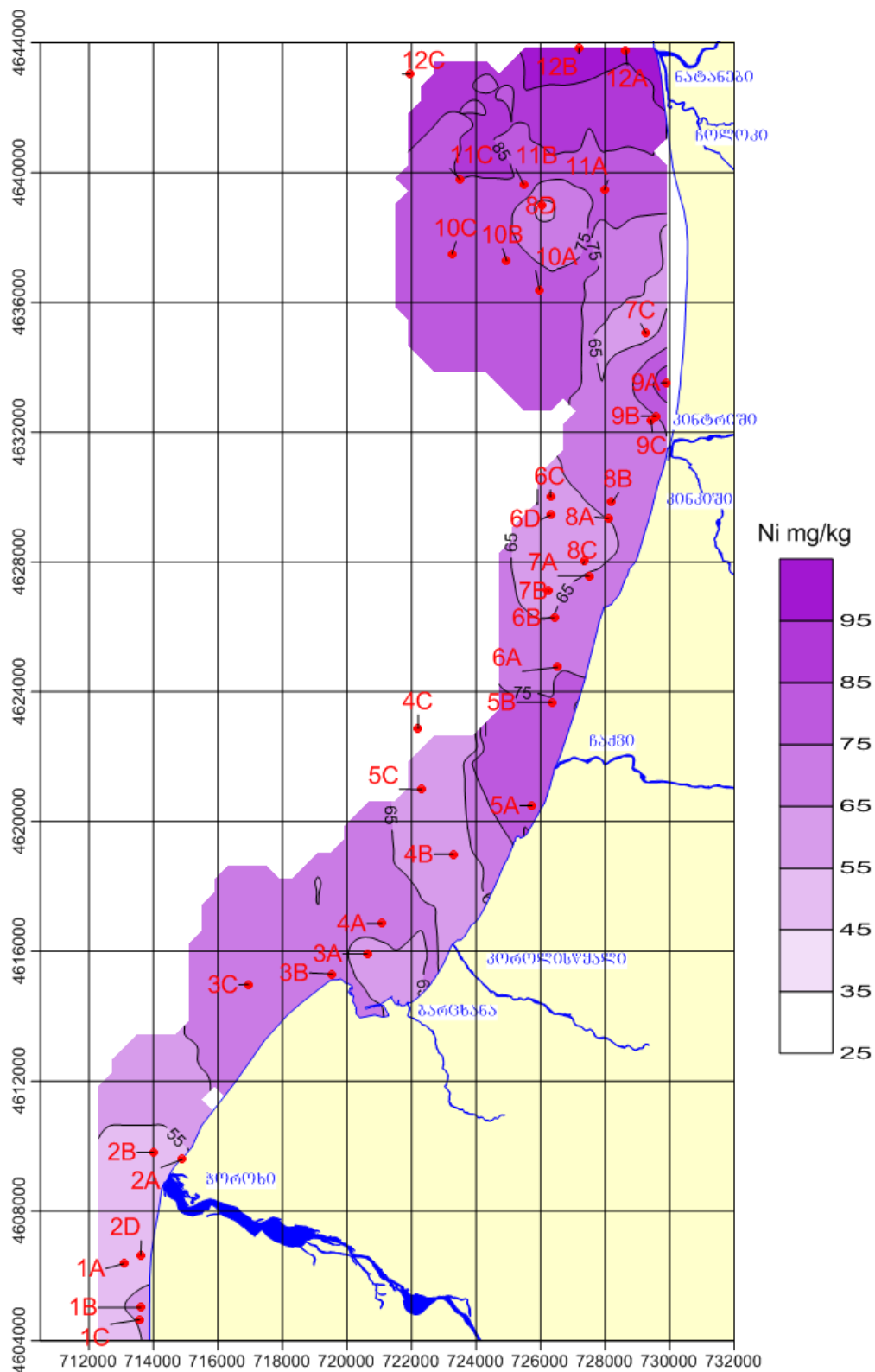
სურ. 3.2.2.1ა. დარიშხანის განაწილება (გონიო-ყოროლისწყლის უბანი)



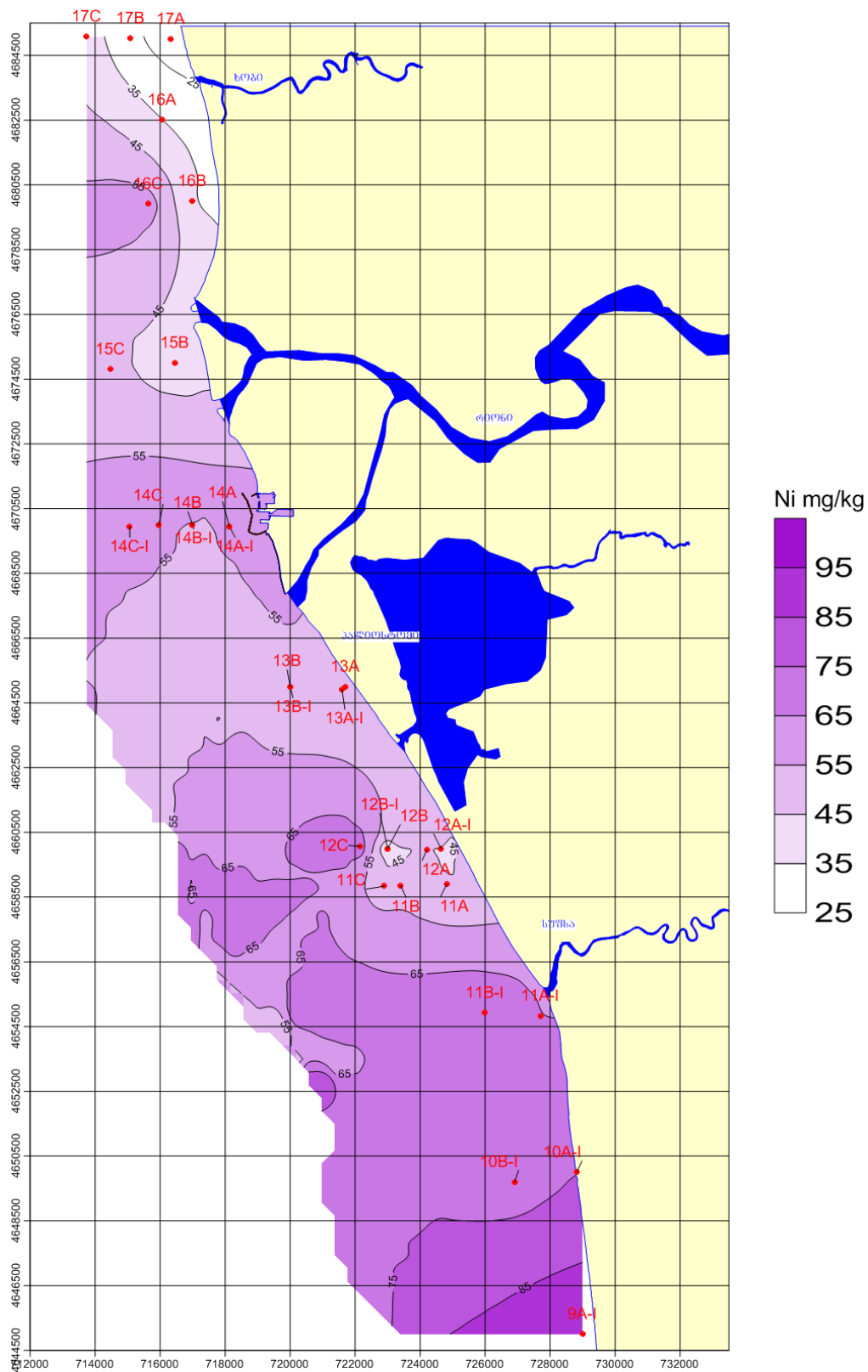
სურ. 3.2.2.1ბ. სპილენძის განაწილება (გონიო-ყოროლისწყლის უბანი)



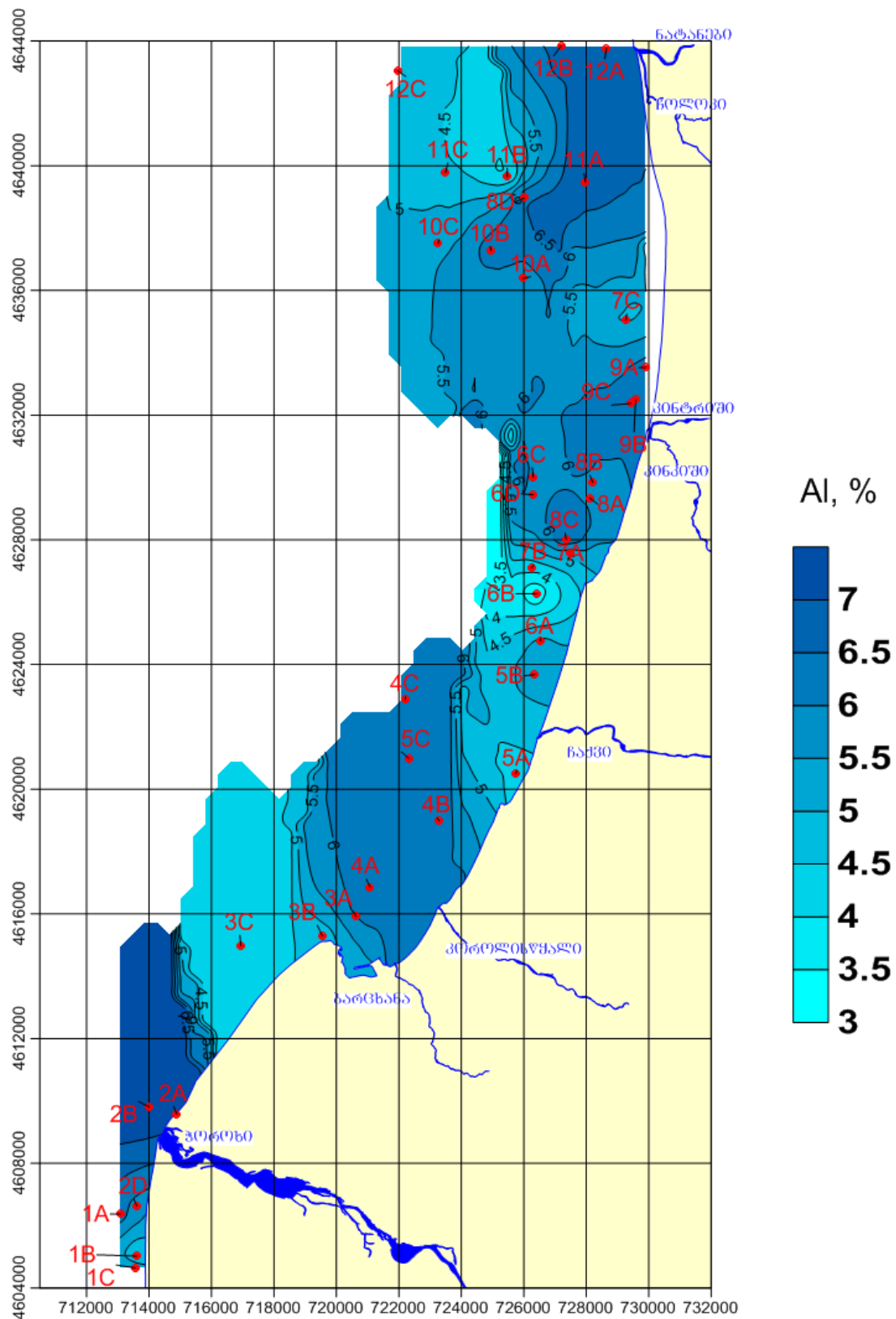
სურ. 3.2.2.1გ. თუთიის განაწილება (გონიო-ყოროლისწყლის უბანი)



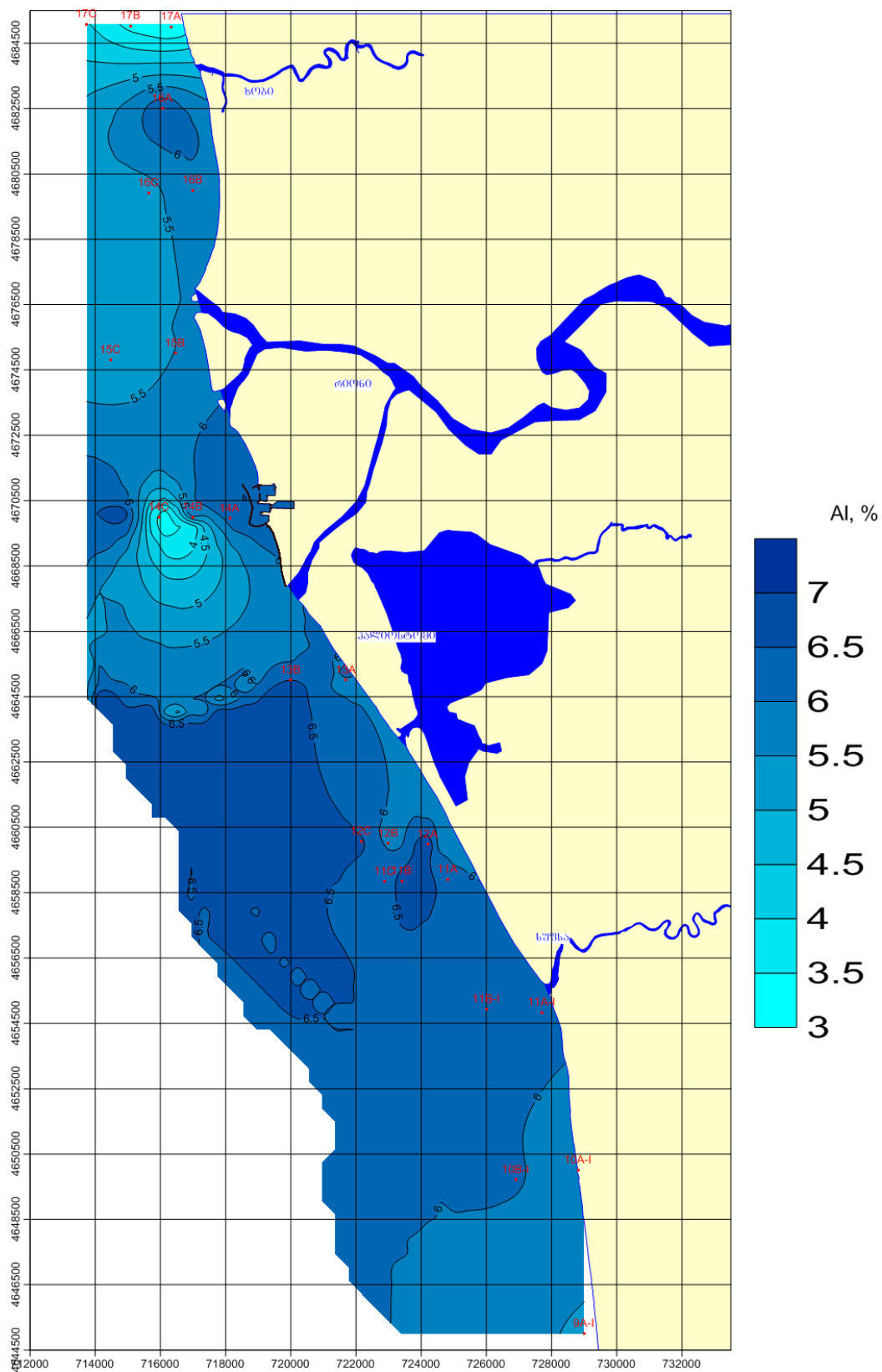
სურ. 3.2.2.1.11. ნიკელის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, გონიო - ნატანების მონაკვეთი, 2008, სექტემბერი.



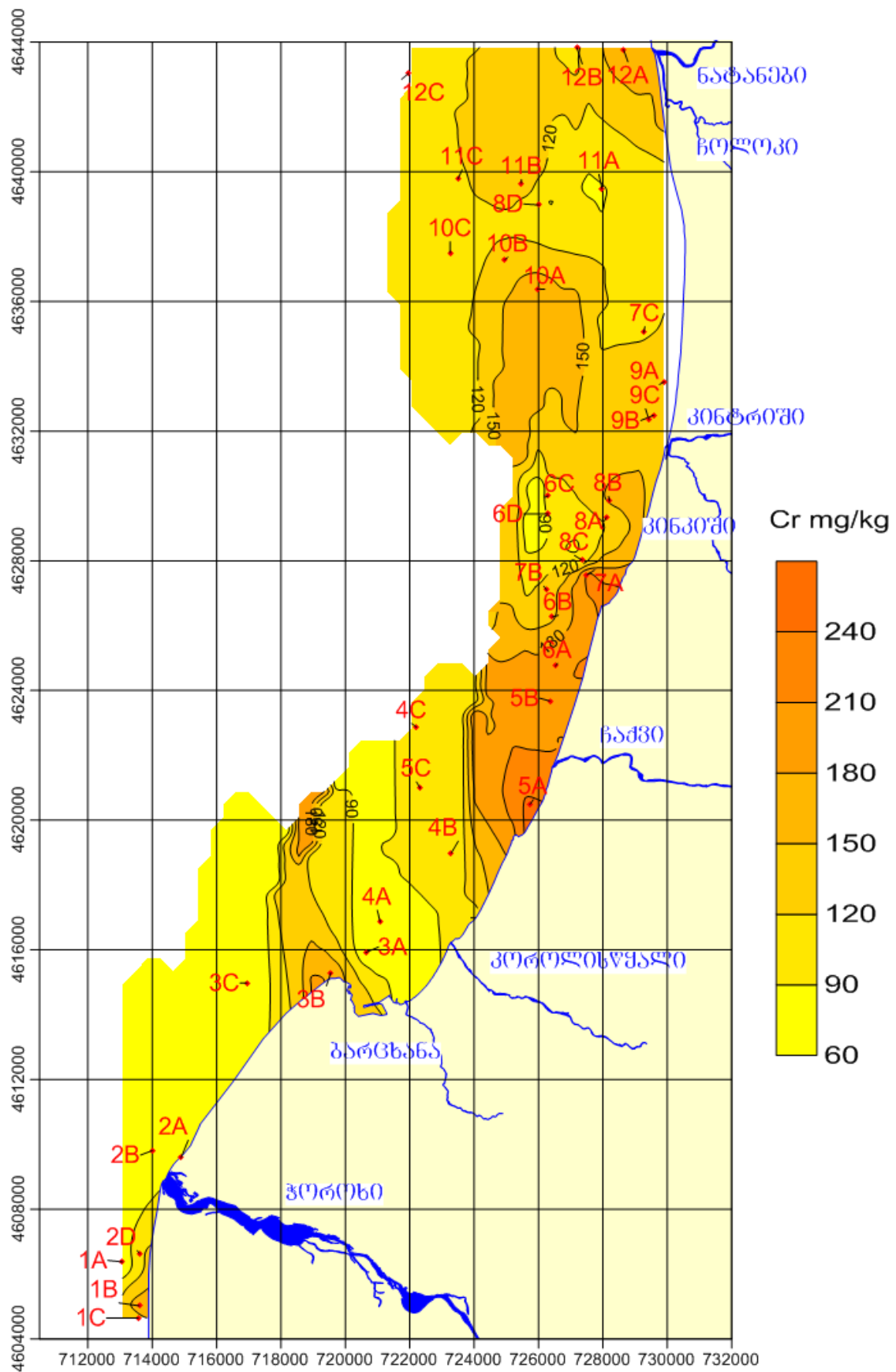
სურ. 3.2.2.1.12. ნიკელის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



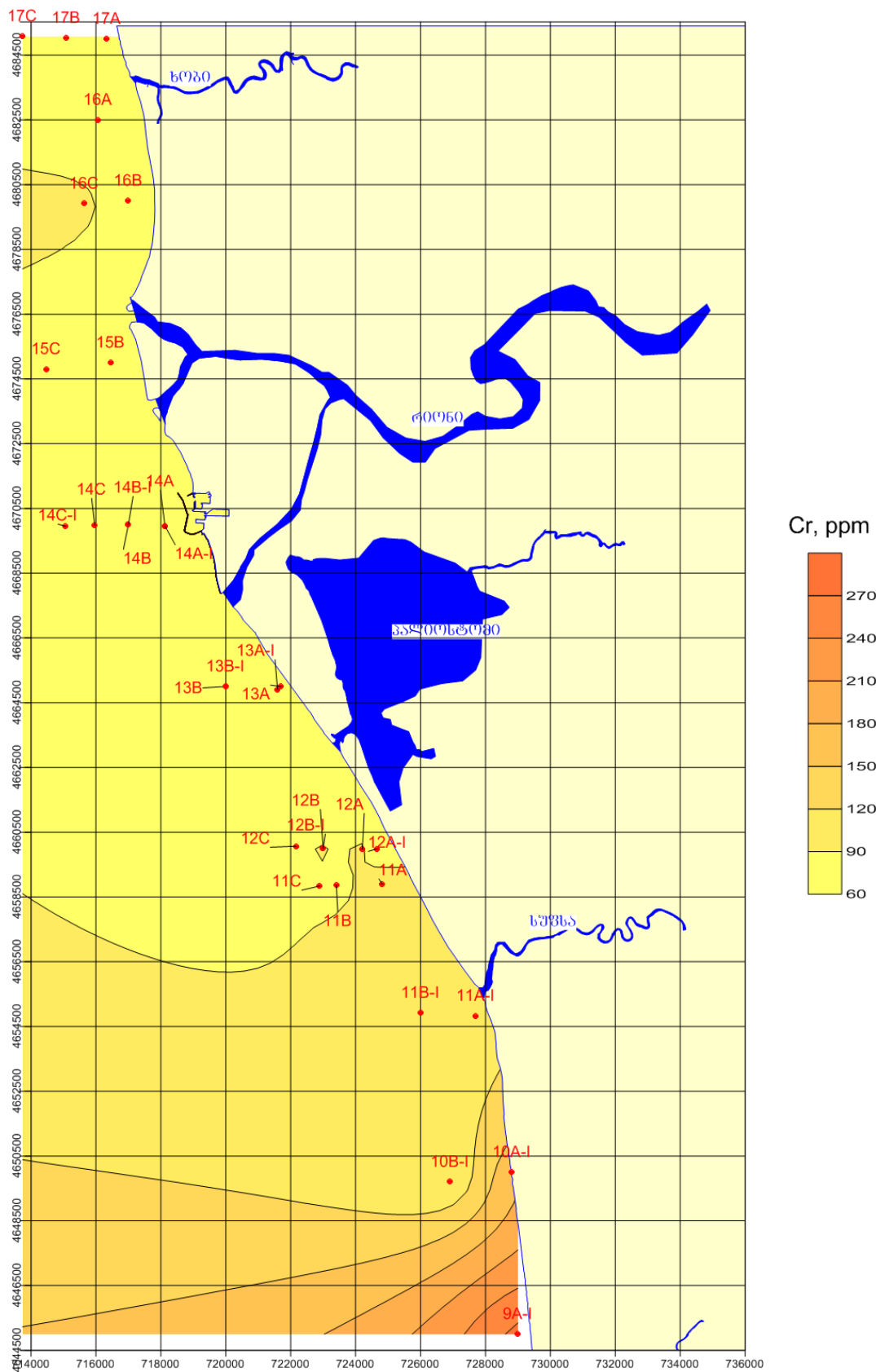
სურ. 3.2.2.1.13. ალუმინის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, გონიო - ნატანების მონაკვეთი, 2008, სექტემბერი.



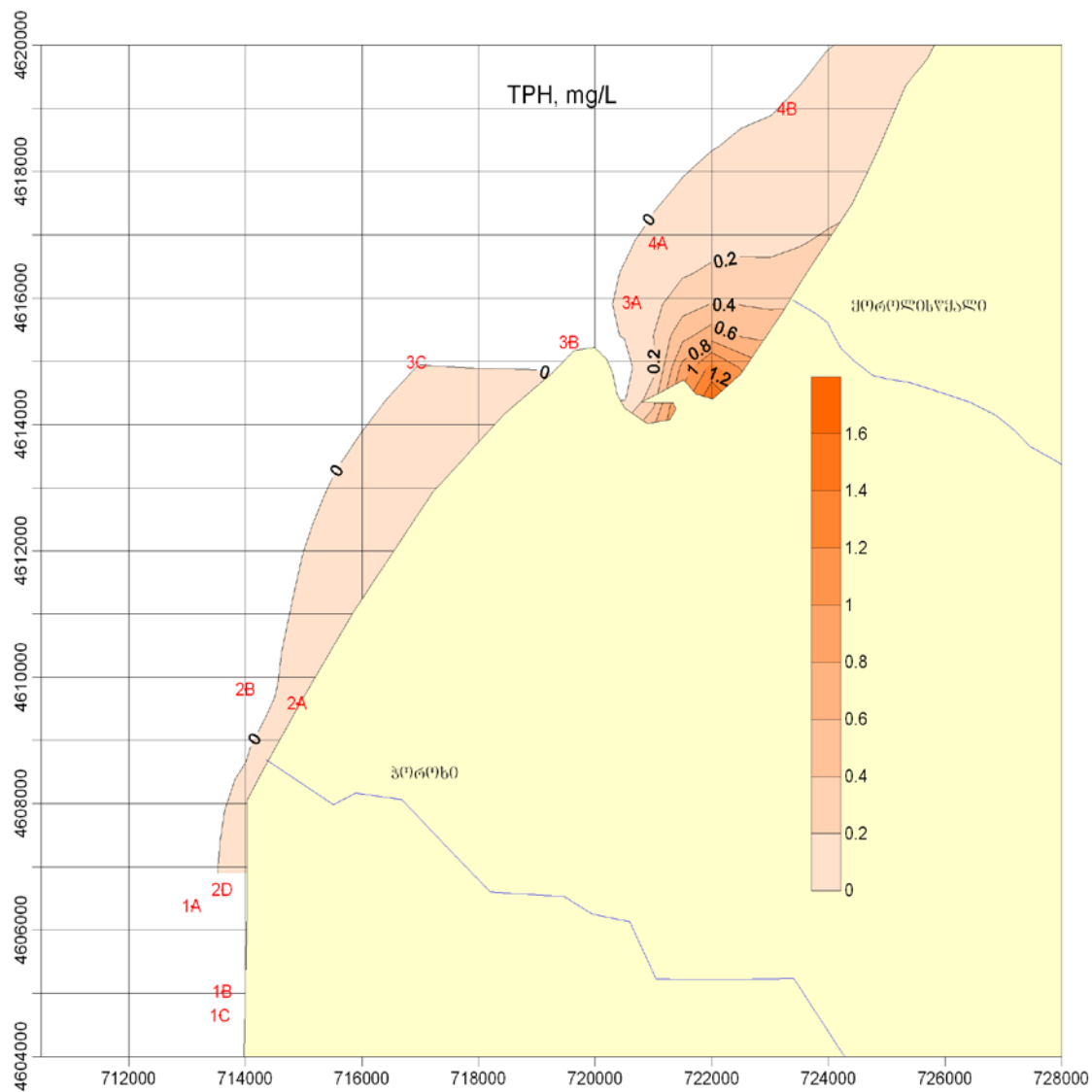
სურ. 3.2.2.1.14. ალუმინის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



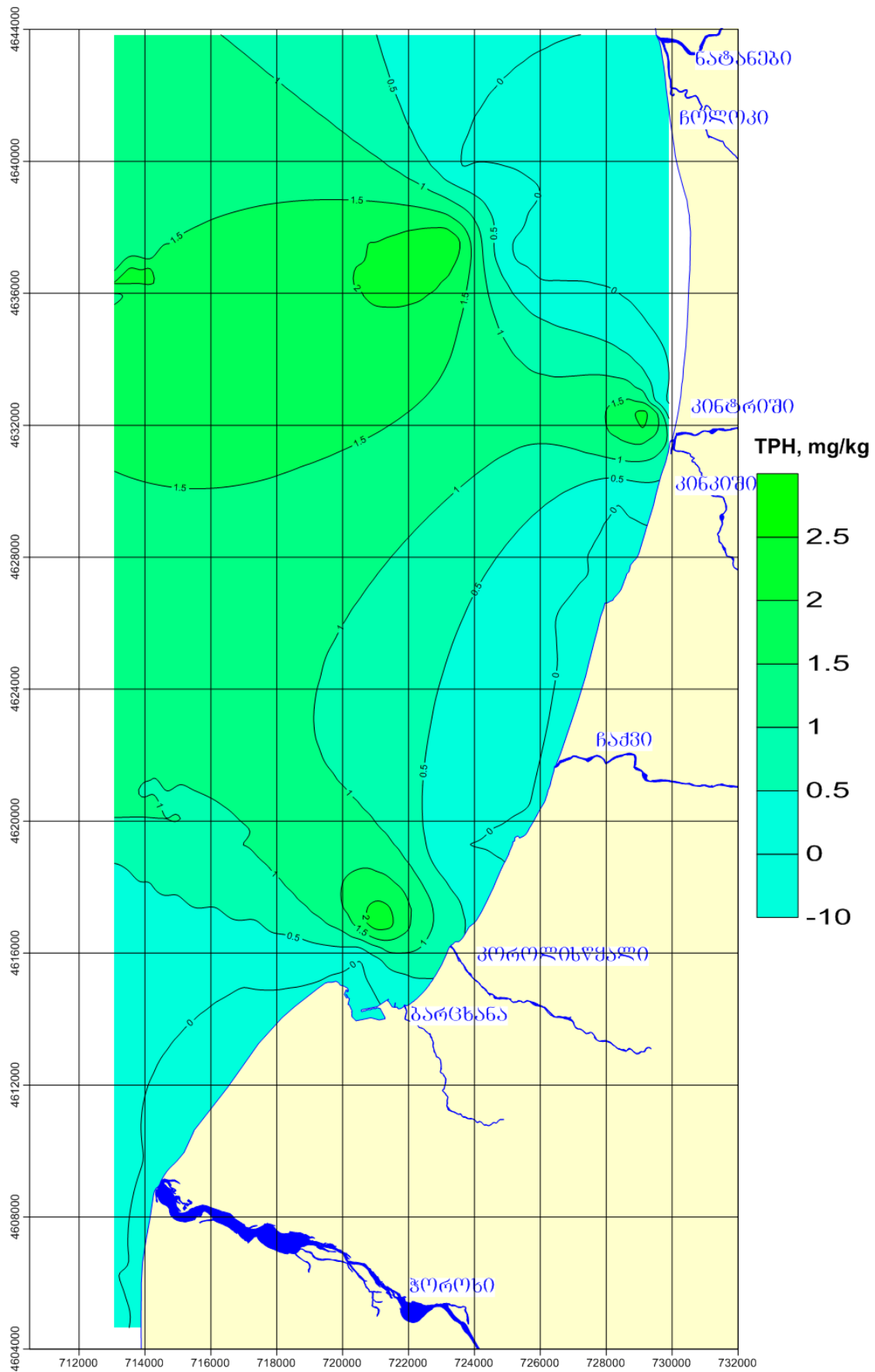
სურ. 3.2.2.1.15. ქრომის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, გონიო-ნატანების მონაკვეთი, 2008, სექტემბერი.



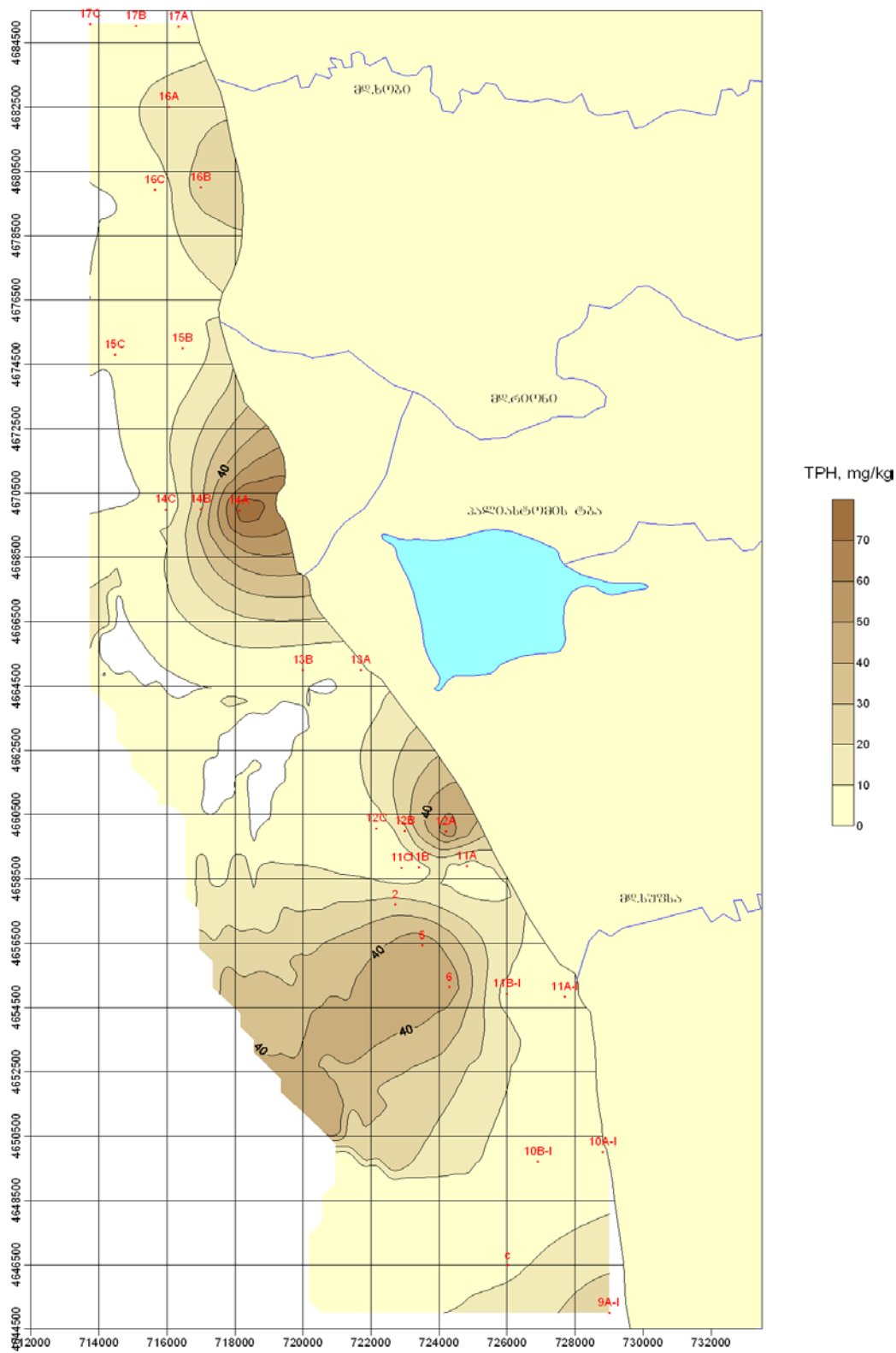
სურ. 3.2.2.1.16. ქრომის შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი, 2009, სექტემბერი.



სურ. 3.2.2.1.17. ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა ზღვის წყალში, გონიონატანების მონაკვეთი (2009 წ)



სურ. 3.2.2.1.18. ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ჭოროხი-ნატანების მონაკვეთი (2009 წ.).



სურ. 3.2.2.1.19. ნავთობის ნახშირწყალბადების შემცველობა ზღვის ფსკერულ ნალექებში, ნატანები - ხობის მონაკვეთი (2009 წ.).