

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ნინო ზაგრატიონი

დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების განთავსების
პირობების შესწავლა და მათი გავრცელების
არეალის ეკოლოგიური შეფასება

სადოქტორო პროგრამა - ქიმია
შიფრი - 0503

დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად, წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი
2016 წ

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის
ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი
სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფესორი **ლეილა გვერდწითელი**

რეცენზენტები: _____

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და
მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს
სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს
ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალურობა: სადისერტაციო ნაშრომი ეძღვნება რაჭისა და ქვემო სვანეთის დარიშხანის მადნის მოპოვებისა და სამთო-ქიმიური ქარხნის, მის მიმდებარე ტერიტორიაზე დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების შენახვისა და დასაწყობების ობიექტების ეკოლოგიური მდგომარეობის აღწერას, დარიშხანის ტოქსიკური ნარჩენებით დაბინძურების გავრცელების ძირითადი და შესაძლო მიმართულების დადგენას.

ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად მძიმე ეკოლოგიური პრობლემა შექმნილი დარიშხანის წარმოების ნარჩენებით დაბინძურებული რაჭისა და ქვემო სვანეთის რეგიონებში. ყოველგვარი მართვის გარეშე განთავსებულია არანაკლებ 130 ათასი ტონა ტოქსიკური დარიშხანშემცველი ნარჩენი. დარიშხანის საწარმოო ნარჩენები ხვდება ძირითადად ნიადაგში და ასევე წყალში. ნიადაგში ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვების შედეგად თანდათანობით იცვლება ნიადაგის ქიმიური შედგენილობა, ირღვევა გეოქიმიური არისა და ცოცხალი ორგანიზმების ერთიანობა.

სადღეისოდ მწვავედ დგას ქვემო სვანეთისა და რაჭის ტერიტორიაზე უკონტროლოდ დაყრილი და მდინარეებში ჩარეცხილი დარიშხანის ნარჩენების ტოქსიკური ზემოქმედების საკითხი. დარიშხანს გააჩნია ბიოკუმულაციის უნარი, ამიტომ რეალური საფრთხე შეექმნა ბუნებრივ გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობას და სიცოცხლეს, რაც წლიდან წლამდე რთულდება. იხოცება პირუტყვი, ნადგურდება ფლორა და ფაუნა.

ნარჩენების მართვის პოლიტიკა და ნარჩენების მართვის სფეროში საქართველოს კანონმდებლობა ეფუძნება მართვის შემდეგ იერარქიას: ნარჩენების წარმოქმნის პრევენცია, მომზადება ხელახალი გამოყენებისათვის, რეციკლირება და მეორადი ნედლეულის გამოყოფა ან სხვა სახის გამოყენება, მათ შორის ბიოსაწვავის მიღება და ასევე უსაფრთხო განთავსება. ნარჩენების მართვა უნდა

განხორციელდეს გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საფრთხის შექმნის გარეშე.

ამიტომ რაჭისა და ქვემო სვანეთის ამ მნიშვნელოვანი სტრატეგიული ობიექტების ეკოსისტემის სრული ეკოლოგიური მდგომარეობის დადგენა, გარემოზე მოქმედი ნეგატიური ფაქტორების, ეკოტოქსიკოლოგიური რისკების შეფასება, დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურების გავრცელების შესაძლო ძირითადი მიმართულებების დადგენა, აგრეთვე ნარჩენებით ზემოქმედების შემამცირებელი გარემოსდაცვითი ღონისძიებების დასახვა და სისტემაში მოყვანა – მეცნიერული და პრაქტიკული თვალსაზრისით მიზანშეწონილია და აქტუალური საკითხია.

სამუშაოს მიზანი: საქართველოს ორ რეგიონში დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების დაბინძურების არეალის შესწავლა, ანთროპოგენური მთავარი წყაროების დადგენა, ნარჩენების განთავსების პირობების აღწერა, დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების გავრცელების სავარაუდო ძირითადი მიმართულებების დადგენა და ამსახველი რუკა-სქემების შექმნა, გარემოს ობიექტებში, კერძოდ ნიადაგში, ნარჩენებში, წყალსა და წყლის ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის შემცველობის დადგენა, ეკოქიმიური მდგომარეობის შესწავლა და შეფასება, ტოქსიკური ნარჩენების გავრცელების შემამცირებელი პრევენციული ღონისძიებების დასახვა.

კვლევის ძირითადი ამოცანები: დასახული იყო რაჭისა და ქვემო სვანეთის სამრეწველო რეგიონის გარემოს ნარჩენებით დაბინძურებისა და ნარჩენების მართვის არსებული მდგომარეობის შეფასება – მდინარე ლუხუნისა და მდინარე ყორულდაში-ცხენისწყლის ხეობის დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული უბნების გარემოს მეცნიერული კვლევის განხორციელება. დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების დასაწყობებისა და განთავსების ობიექტების, სამარხების, სალექარისა და გარემოს სხვა დამაბინძურებელი წყაროების აღწერა და შეფასება არსებული პირობების გათვალისწინებით, დაბინძურე-

ბული უბნების გამოყოფა, გარემოზე მათი ნეგატიური ფაქტორების და ეკოტოქსიკოლოგიური რისკების დადგენა და შეფასება.

სამუშაოში პრიორიტეტულად გამოისახა რაჭისა და ქვემო სვანეთის დარიშხანის მადნების მოპოვებისა და სამთო-ქიმიური ქარხნების, ასევე მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგში, ნარჩენში, მდინარე ლუხუნისა და მდინარე ყორულდაში – ცხენისწყლის წყალში, აგრეთვე მათი ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის შემცველობის განსაზღვრა და ეკოლოგიური მდგომარეობის შესწავლა; ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დარიშხანის სამრეწველო ნაერთების გავრცელების შესაძლო მიმართულების დადგენა, მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე დარიშხანის ნარჩენების ზემოქმედების შესამცირებლად დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ტერიტორიის ეკოლოგიურად უსაფრთხოდ დასაშვები გამოყენებისათვის მათი მართვის ძირითადი საკითხებისა და დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების ზემოქმედებით წარმოქმნილი პრობლემების გადაწყვეტის გზების დასახვა.

კვლევის მეთოდები: ნიადაგის, სამრეწველო ნარჩენის, წყლისა და ფსკერული დანალექების სინჯის აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა და ტრანსპორტირება წარმოებდა შესაბამისი საერთაშორისო სტანდარტული ორგანიზაციის (ISO) სტანდარტული მეთოდიკით. წყლის ტემპერატურა, pH, სიმღვრივე, ელექტროგამტარობა, გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა განისაზღვრა საველე პორტატული აპარატურით: HACH-ის და Elmetrom-ის ფირმის Sens10N156 და CX-401, HANNA Instruments Turbitimeter. სტაციონალურ ლაბორატორიაში ჩატარებული სამუშაოს კვლევა წარმოებდა ISO და USEPA სტანდარტული მეთოდიკებით. ანალიზები განხორციელდა შემდეგი ტექნიკური და ინსტრუმენტული უზრუნველყოფით: დარიშხანის კონცენტრაცია განისაზღვრა ატომურ-აბსორბციული სპექტრომეტრული, ფოტოკოლორიმეტრიული და ტიტრომეტრული მეთოდებით; Ca, Mg, Na, K, Sr, Li და მძიმე მეტალთა კონცენტრაცია განისაზღვრა ატომურ-აბსორბციული სპექ-

ტრომეტრებით: Perkin Elmer-305-B, Perkin Elmer Analyst 200; ნიტრატები, ნიტრიტები, ფოსფატები, ალუმინი, ციანიდი და სილიციუმი განისაზღვრა ფოტოკოლორიმეტრით „ФЭК-56М“ , „КФК-2“, სპექტროფოტომეტრით „СФ-26“.

ძირითადი ანიონები HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- განისაზღვრა ტიტრომეტრული მეთოდით, SO_4^{2-} – ტურბიდომეტრული მეთოდით. Br^- და I^- -იოდომეტრული მეთოდით, ხოლო F^- კი განისაზღვრა იონსელექტიური მეთოდით.

დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ნიადაგისა და ნარჩენის საანალიზოდ დამუშავება ხდებოდა ზემოაღნიშნული სიხშირის მაგნიტური ველით.

მეცნიერული სიახლე: ჩვენს მიერ ზემოაღნიშნული სიხშირის ელექტრომაგნიტური რხევების ველის ენერგია (ზმს) გამოყენებული იქნა დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების, ნიადაგის წინასწარი დამუშავებისათვის და შემდგომი ქიმიური ანალიზის ჩასატარებლად. ზმს- გამოსხივებით დამუშავებული იქნა სინჯები: ურავის სამთო-ქიმიური საწარმოო უბნების ტერიტორიიდან აღებული ნიადაგის და მეფიჭალის სამარხიდან აღებული სამრეწველო ნარჩენის სინჯები.

დადგინდა, რომ დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით საშუალოდ დაბინძურებული (100-1000 მგ/კგ) ნიადაგების ზმს-გამოსხივებით დამუშავება რამდენჯერმე ამცირებს მათში დარიშხანის ნაერთების ძვრადობას მათი შემდგომი რკინის სულფატითა და კირქვით დამუშავების პირობებში და ხელს უწყობს მათ სტაბილიზაციას. ამავე დროს ზმს- გამოსხივებით გარკვეულ პირობებში ხანგრძლივი დამუშავება პირიქით ზრდის დარიშხანის ნაერთების ძვრადობას, რაც ხელს შეუწყობს შემდგომში მის ბაქტერიულ და ქიმიურ გამოტუტვას.

თანამედროვე მეცნიერული მეთოდების, ჩვენს ხელთ არსებული მონაცემების და ტექნიკური საშუალებების ბაზაზე შესაძლებელია დამუშავდეს საქართველოს მდინარეების ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტის ცალკე-

ული ამოცანები და მომზადდეს საფუძველი მდინარის წყლის რესურსების მართვის თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამული კომპლექსების გამოყენებისათვის.

უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების გამოყენებით დამუშავებულია და მოდელირებულია მდ. ლუხუნსა და მდ. ცხენისწყალში უკონტროლოდ მოხვედრილი დარიშხანის შეწონილი ნაწილაკების სახით წარმოდგენილი სამრეწველო ნარჩენების გავრცელება.

არსებული ჰიდროგრაფიული და ჰიდროლოგიური პარამეტრების, აგრეთვე ჩვენი კვლევის შედეგების მონაცემების გამოყენებით მიღებულია დარიშხანის კონცენტრაციის გავრცელების, (მიგრაციის) სურათი მდინარის გასწვრივ, დინების მიმართულებით. მდინარის ერთი უბნიდან მეორეში გადასვლისას წყალსა და ფსკერული დანალექების 1 მ² ზედაპირზე დარიშხანის შემცველობა თანდათან მცირდება.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა: სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი ჩატარებული კვლევებით მიღებული შედეგების საფუძველზე დადგინდა რაჭისა და ქვემო სვანეთის დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული რეგიონის გარემოზე ანთროპოგენული წყაროებით გამოწვეული მოქმედი ნეგატიური ფაქტორები და ეკოტოქსიკოლოგიური რისკები, შეფასდა ეკოლოგიური მდგომარეობა. დარიშხანის საწარმოო ნარჩენების შენახვისა და დასაწყობების პირობების დარღვევის, ღია ცის ქვეშ უკონტროლოდ დაყრილი ნარჩენების დიდი რაოდენობის გამო უაღრესად მძიმე ეკოლოგიური მდგომარეობაა შექმნილი. დარიშხანაშემცველი ნარჩენები ატმოსფერული ნალექებისა და ნიაღვრების საშუალებით აბინძურებენ გარემოს ობიექტებს, ძირითადად ნიადაგს. განისაზღვრა დარიშხანის საწარმოო ნარჩენებით დაბინძურების გავრცელების სავარაუდო ძირითადი მიმართულება: უპირატესად ეკოლოგიურად დაბინძურების გავრცელება მიმდინარეობს მდინარეების

ლუხუნისა და ყორულდაში-ცხენისწყლის ხეობების სიგრძის გასწვრივ, მდინარის მიმართულებით შეადგენს ათობით კილომეტრს, ხოლო ხეობების მართობულად – რამდენიმე ერთეულ კილომეტრს. დაბინძურების გავრცელება მდინარის დინების მართობულად ან საპირისპიროდ, პრაქტიკულად არ ხორციელდება.

სერიოზულ საშიშროებას წარმოადგენს ნიადაგის, საძოვრებისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწების დარიშხანით დაბინძურება, რის შედეგადაც შესაძლებელია საკვებ მცენარეულ პროდუქტებში, ასევე რძეში დარიშხანის შემცველობის ტოქსიკურ დონემდე გაზრდა. ვინაიდან ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის საფრთხის შექმნის გარეშე უნდა განხორციელდეს ნარჩენების მართვა, დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების ზემოქმედების შესამცირებლად აუცილებელია გამკაცრდეს სარეკომენდაციო საკლასიფიკაციო მოთხოვნები. ამისათვის შემუშავებული იქნა რაჭისა და ქვემო სვანეთის დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ტერიტორიის ეკოლოგიურად უსაფრთხოდ დასაშვები გამოყენებისათვის მათი მართვის ძირითადი საკითხები.

ჰიდროქიმიური კვლევის შედეგების მიხედვით მდინარეების ლუხუნისა და ყორულდაში ცხენისწყლის წყლების მაკროქიმიურ შემადგენლობაზე ანთროპოგენული ფაქტორები გავლენას არ ახდენენ. ასევე დარიშხანის, ბიოგენურ კომპონენტთა და მძიმე მეტალთა კონცენტრაცია არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას. ხოლო ფსკერულ დანალექებში კი დარიშხანის შემცველობა შეადგენს 18-200მგ/კგ (მდ. ლუხუნი) და 114-399 მგ/კგ (მდ. ცხენისწყალი). დარიშხანის კონცენტრაციის ცვლილების შესასწავლად დამუშავებულია მდ. ლუხუნისა და მდ. ცხენისწყლის წყლისა და ფსკერული დანალექების უბნებზე ჩადვრილი დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების გავრცელების, მიგრაციის რიცხვითი მოდელი სტაციონალური დამაბინძურებული წყაროების სახეობათა მიხედვით. ამჟამად სამეცნიერო კვლევების ჩატარებისას ხდება

ზმს-ის ენერჯის გამოყენება ქიმიური რეაქციის წარმართვისას და მათ დასაჩქარებლად, რეაგენტების გასაცხელებლად. აგრეთვე მინერალების, ქანების, სასარგებლო წიაღისეულის, მადნების მექანიკური სიმტკიცის შესამცირებლად. ჩვენს მიერ ზემოდალი სიხშირის მაგნიტური ველი გამოყენებული იქნა დარიშხანშემცველი ნარჩენისა და ნიადაგის ქიმიური ანალიზისთვის მოსამზადებლად.

ზემოდალი სიხშირის მაგნიტური ველით დამუშავებული დარიშხანშემცველი ნარჩენები და ნიადაგები გამოიყენება როგორც ქიმიური ანალიზისათვის ასევე მათი შემდგომი ბაქტერიული და ბაქტერიულ-ქიმიური გამოტუტვის, ფიტორემედიაციის, გამყარებისა და სხვა მეთოდების ოპტიმიზაციისათვის.

სადისერტაციო ნაშრომში ასახული კვლევებისა და დასახული გარემოს დაცვითი პრევენციული ღონისძიებების დამუშავებით მიღებული შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია ნარჩენების მართვის სფეროში ისეთი სამართლებრივი საფუძვლების შექმნა, რაც ხელს შეუწყობს ნარჩენების წარმოქმნის პრევენციას, ხელსაყრელი გამოყენების ზრდასა და ნარჩენების გარემოსთვის უსაფრთხო გზით დამუშავებას.

პუბლიკაციები: დისერტაციის ნაშრომი წარდგენილია ერთ საერთაშორისო კონფერენციაზე (თურქეთი); გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო სტატია.

აპრობაცია: დისერტაციის ნაშრომის ძირითადი დებულებები განხილული იქნა თურქეთის მე-13 საერთაშორისო კონფერენციაზე „სუფთა ენერჯია“ (ICCE – 2014); სტამბული, 2014 წლის 8-12 ივნისი.

სადოქტორო ნაშრომის მასალები წარმოდგენილი იყო ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიური და ბიოტექნოლოგიის დეპარტამენტის გარემოს დაცვისა და უსაფრთხოების სასწავლო პროგრამის მიმართულების თემატურ სემინარზე.

სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა: დისერტაცია მოიცავს 150 გვერდს, 41 ცხრილს, 16 ნახაზს, 27 სურათს. დისერტაცია შედგება შესავლისაგან, ექსპერიმენტალური ნაწილისაგან, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან.

შედეგები და მათი განსჯა

1. დარიშხანის ნარჩენების შენახვისა და დასაწყობების ობიექტების ეკოლოგიური მდგომარეობის აღწერა

საქართველო მდიდარია ბუნებრივი რესურსებით: წიაღისეულით, მინერალური და მტკნარი წყლებით. წიაღისეული რესურსების მოპოვება და გადამუშავება, ბუნებადამცავი პრაქტიკა ვითარდება ორი ძირითადი მიმართულებით: ბუნებრივი რესურსების დაცვა არასწორი ექსპლოატაციისაგან და გარემოში ნარჩენების გამოყოფის შეზღუდვა. საწარმოო ნარჩენების შენახვისა და დასაწყობების აუცილებელი პირობების დაუცველობა ამძიმებს გარემოს ობიექტების ეკოლოგიურ მდგომარეობას. წიაღისეული რესურსებიდან საქართველოში საკმაოდ მნიშვნელოვანი იყო დარიშხანის ნაერთების მოპოვება და გადამუშავება. დარიშხანის ნაერთები ფართოდ გამოიყენება ტექნიკაში, სასოფლო მეურნეობაში, ვეტერინარიაში, სამხედრო შეიარაღებაში, მედიცინაში და სხვა დარგებში.

ლუხუნის დარიშხანშემცველი მადნის გადამუშავება, მადნის გამდიდრება, გამოწვა და თეთრი დარიშხანის (As_2O_3) რაფინირება ხდებოდა სოფელ ურავში რაჭის სამთო ქიმიურ ქარხანაში, საბადოდან 27 კმ-ის დაშორებით.

1993 წელს საწარმოო კომპლექსის ფუნქციონირების შეწყვეტის შემდეგ სადღეისოდ ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიებზე დასაწყობებულია და მიმობნეულია ~ 100–110 ათასი ტონა დარიშხანშემცველი ნივთიერებები, დარიშხანის საერთო შემცველობით ~ 4–5 ათასი ტონა.

2013 წლიდან ჩვენს მიერ ჩატარებული დაკვირვებისა და შესწავლის შედეგად აღმოჩნდა, რომ რაჭის სამთო-ქიმიური ქარხნის, ძველი სარკოფაგის, საწარმოო უბნებისა და მუავე წყლის კომპლექსის ნაგებობები, სამარხი, გამწმენდი ნაგებობები, სალექარები, აგრეთვე მეფიჭალის სამარხის უკლებლივ ყველა შენობა და ნაგებობა დანგრეულია ან ავარიულ მდგომარეობაშია. 6 ათასი კუბური მეტრი ნარჩენისათვის განკუთვნილ მეფიჭალის სამარხში ამჟამად მოთავსებულია ქარხნის საწარმოო უბნებიდან მოტანილი 600-700 ტონამდე საწარმოო ნარჩენი. სამარხი ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში დაზიანებულია ~ 60 კვადრატული მეტრი ფართობის სახურავი და იქ თავისუფლად ჩადის ატმოსფერული ნალექები. ~15 ათასი ტონა დარიშხანშემცველი ნარჩენი (თეთრი დარიშხანი, რეალგარი, აურიპიგმენტი და სხვ.) მოთავსებულია მუავე წყლის კომპლექსის სალექარის სამ გადაუხურავ განყოფილებაში. ატმოსფერული ნალექები და მის მიერ გამოწვეული ნიაღვარი ავსებს სალექარს, რის შედეგადაც დარიშხანშემცველი ნივთიერებები თავისუფლად გადმოედინება სამარხიდან და აბინძურებს მიმდებარე გარემოს ობიექტებს (სურათი 1).

ძველი ქარხნის სარკოფაგის შიგნით მოქცეულია ძველი ქარხნის შენობა და ნაგებობა, აგრეთვე 55 – 60 ათასამდე ტონა ნამწვი, რუსეთიდან შემოზიდული თეთრი დარიშხანი და სხვა მომწამლავი ნივთიერებები. სარკოფაგის წყალგაუმტარობა დარღვეულია და მასში აღწევს ატმოსფერული ნალექები, რის შედეგადაც ბინძურდება მიმდებარე ტერიტორია .



სურ.1. სალექარის პანორამა



სურ.2. ყორულდაშის დარიშხანშემცველი ნარჩენები

ლენტეხის რაიონში მუშაობდა ორი სამთო-ქიმიური ქარხანა – ცანისა და ყორულდაშის. დუღარემის ქარხანაში ყოველწლიურად იღებდნენ 300 ტონამდე თეთრ და ერთ ტონამდე ლითონურ დარიშხანს. 1986 წლიდან ყორულდაშის ქარხანა მთლიანად გადასული იყო რუსეთის ფერადი მეტალურგიის საწარმოებიდან შემოზიდული ნარჩენების (As_2O_3) გადამუშავებაზე. თითქმის 50 წლის განმავლობაში გადამუშავდა 50 – 60 ათასი ტონა არსენოპირიტის მადანი. 1993 წელს ყორულდაშისა და ცანის ქარხნებმა ფუნქციონირება შეწყვიტა.

ამჟამად სვანეთის ტერიტორიაზე განლაგებულ არც ერთ ქარხანას რეალურად არ გააჩნია ნარჩენების განსათავსებელი სამარხი და არც დროებითი საცავი.

ჩვენი გამოკვლევით დადგინდა, რომ ყორულდაშში მთლიანობაში დაგროვილია ~ 42 – 45 000 ტ. ნამწვისა და არსენოპირიტის მადნის ნარევი, 40 – 50 ტონამდე რუსეთიდან შემოტანილი ნარჩენი, დუღარემის ქარხნის ტერიტორიაზე დაყრილი ნარჩენის საერთო რაოდენობა უახლოვდება 1700 ტონას. მათ შორის განსაკუთრებით საშიშია რუსეთიდან შემოზიდული გამოუყენებელი 20 – 25 ტ. თეთრი დარიშხანის შემცველი ნაყარი, As_2O_3 -ის 60 – 70%-ის შემცველობით. ნარჩენები დაყრილია ღია ცის ქვეშ, ყოველგვარი დაცვის გარეშე და სერიოზულ საფრთხეს უქმნის როგორც გარემოს ობიექტებს, აგრეთვე ადამიანის ჯანმრთელობას (სურათი 2).

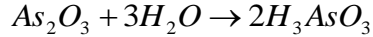
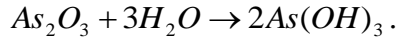
განსაკუთრებით საშიშია ქარხნის ჩრდილო-დასავლეთით ლითონის კასრებში მოთავსებული ~ 500ტ ოდენობის ნარჩენი, რომელიც უმეტესად ყურედ არის დატოვებული. კასრების თითქმის მთელი ნაწილის ჰერმეტილობა კოროზიის შედეგად დარღვეულია (დაშლილია), ხოლო გადმოზნეული ნარჩენი აბინძურებს გარემოს ობიექტებს.

2. დარიშხანის ტოქსიკური ნარჩენებით დაბინძურების გავრცელების ძირითადი და შესაძლო მიმართულებები

დარიშხანის საწარმოო ნარჩენების შენახვისა და დასაწყობების პირობების დარღვევის გამო, დარიშხანის საწარმოო ნარჩენები ხვდება ძირითადად ნიადაგში და წყალში. ნიადაგში ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვების შედეგად თანდათანობით იცვლება ნიადაგის ქიმიური შედგენილობა, ირღვევა გეოქიმიური არისა და ცოცხალი ორგანიზმების ერთიანობა. დარიშხანს გააჩნია ბიოკუმულაციის უნარი, რაც განაპირობებს მცენარეული საფარის (მათ შორის საკვები პროდუქტების) ძლიერ დაბინძურებას. ჩვენი გამოკვლევებით რაჭისა და ქვემო სვანეთის სამთო-გადამამუშავებელი ქარხნისა და მისი მიმდებარე ტერიტორიის ძირითადი დამაბინძურებელია დარიშხანის სულფიდური მადნები, მათი ნამწვი, თეთრი დარიშხანი.

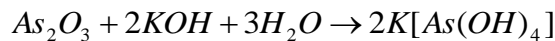
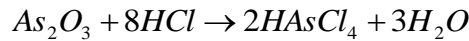
დარიშხანის შემცველი მრავალრიცხოვანი მინერალებიდან ძირითადად აღსანიშნავია შემდეგი სულფიდური მადნები: As_2S_3 – აურიპიგმენტი, As_4S_4 – რეალგარი, $FeAsS$ – არსენოპირიტი, FeS_2 – ლელინგიტი ანუ დარიშხანის კრი-ალა. იშვიათად გვხვდება დარიშხანი თავისუფალ მდგომარეობაში .

ნარჩენებში წარმოდგენილი დარიშხანის ჟანგბადიანი ნაერთი დარიშხანის ანჰიდრიდის – As_2O_3 სახით, ბუნებაში დარიშხანიანი მადნების გამოფიტვის შედეგად წარმოიქმნება. ასევე დარიშხანის ჟანგი As_2O_3 როგორც ნარჩენი წარმოიქმნება დარიშხანის მადნების გამოწვისას. ჩვენი ვარაუდით, ეკოქი-მიური თვალსაზრისით, ნიადაგდთან, წყალთან კონტაქტის ხანგრძლივობისა და ფიზიკურ-ქიმიური პირობების მიხედვით დარიშხანის (III) ოქსიდისა (As_2O_3) და სულფიდების გარდაქმნა შესაძლებელია წარიმართოს მათთვის დამახასიათებელი ძირითადი ქიმიური რეაქციებით. დარიშხანის ოქსიდის წყალში გახსნა მეტად ნელა მიმდინარეობს, მაგრამ ის ძლიერდება წყალბადისა და ჰიდრო-ქსილიონების თანაობისას:

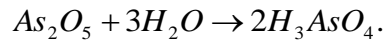


მიიღება დარიშხანის ჰიდროჟანი ანუ დაიშხანოვან მჟავა H_3AsO_3 .

ხსნარში დარიშხანოვან მჟავა, დისოცირებულია როგორც მჟავა და როგორც ფუძე; მჟავური თვისება ჭარბობს: $As(OH)_3 \leftrightarrow 3H^+ + AsO_3^{3-}$. დარიშხანის ამფოტერული ხასიათიდან გამომდინარე:



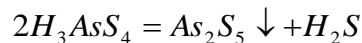
დარიშხანის (V) ოქსიდი As_2O_5 წარმოადგენს თეთრ მინისებრ მასას. მიიღება დარიშხანმჟავას – H_3AsO_4 გაუწყლოებით. როგორც ანჰიდრიდი, As_2O_5 წყალთან შეერთებით წარმოქმნის მჟავას:



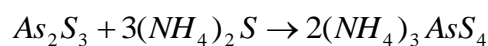
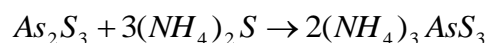
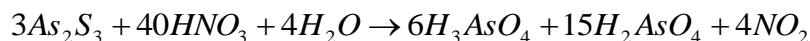
ორთოდარიშხანმჟავა უფერო, განთხევადი კრისტალური ნივთიერება, წყალში მეტად ადვილად იხსნება. დარიშხანმჟავა საშუალო ძალის სამფუძიანი მჟავაა. მჟავურ არეში იგი მოქმედებს, როგორც ძლიერი მჟანგავი:



თიომჟავები არამდგრადია და იშლება $2H_3AsS_3 \rightarrow AsS_3 \downarrow + H_2S$;

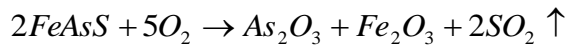
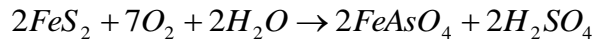
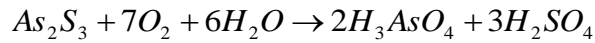


დარიშხან სულფიდი იხსნება კონცენტრირებულ აზოტმჟავაში, ტუტე ლითონების სულფიდებში და ამიაკში. სულფიდების გახსნისას წარმოიქმნება თიოარსენოვანმჟავათა მარილები-თიოარსენატები ($HAsS_2$ და H_3AsS_3).



სულფიდური მადნების ნამწვები წარმოადგენს ნელა მოქმედ ეკოლოგიურ ნაღმს.

ოქსიდური ფორმებისაგან განსხვავებით დარიშხანის სულფიდები მცირე ხსნადობის გამო გარემოსთვის უშუალოდ საშიშროებას არ წარმოადგენს, თუმცა ჟანგით არეში სულფიდური მადნებისა და ნამწვების დარიშხანი შესაძლებელია გადავიდეს მოძრავ ფორმაში.



ოქსიდაციის სიჩქარე დამოკიდებულია კუთრ ზედაპირზე აერაციის პირობებზე და მყარი ფაზის სხვა პარამეტრებზე, აგრეთვე კლიმატზე.

2013 – 2014 წლებში ჩვენს მიერ ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი და საგანგაშოა ნიადაგების დაბინძურება დარიშხანი სამრეწველო ნარჩენებით.

რაჭისა და ქვემო სვანეთის სამთო გადამამუშავებელი ქიმიური ქარხნის საცავებში დაგროვილი ნამწვი წარმოადგენს ფხვიერ, ფორიან მასას. დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების უტილიზაციის არაერთგზის მცდელობისა, სამრეწველო გადამამუშავებამდე საქმე არ მისულა, ამიტომ დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენები რჩება გარემოს დამაბინძურებელ მმლავრანტროპოგენურ წყაროდ.

ამგვარად, დარიშხანის ნარჩენების დაბინძურების გავრცელების ძირითადი მექანიზმი დაკავშირებულია ატმოსფერული ნალექებითა და ადიდებული მდინარეების წყლით ტოქსიკური ნარჩენების გამორეცხვასა და გადატანასთან. ბუნებრივია, რომ ეს პროცესები და შესაბამისად, ეკოლოგიური დაბინძურების გავრცელება, უპირატესად მიმდინარეობს მდინარეების: ლუხუნის, ყორულდაშის, ცხენისწყლისა და რიონის ხეობებში, სადაც განლაგებულია რაჭა-ლეჩხუმის და ქვემო სვანეთის მსხვილი დასახლებული პუნქტები;

ცხრილი 1. ნარჩენების საერთო რაოდენობა და დარიშხანის შემცველობა ნარჩენებში

ობიექტის დასახელება	ნარჩენების საერთო რაოდენობა, ათასი ტ	დარიშხანის მიახლოებითი საერთო შემცველობა ობიექტზე, ათ. ტ.
რაჭა		
ურავი, საწარმოო უბნების სალექარი	15	2,6
სარკოფაგი	50 – 52	არანაკლებ 2,5
მჟავე წყლის კომპლექსის სალექარი	15	1,46
მეფიქალის სამარხი	0,7	0,02
სულ რაჭაში (არანაკლებ)	80	6,5
ქვემო სვანეთი		
ყორულდაშის ქარხნის ჩრდილოეთით	10 - 11	1,80
ყორულდაშის ქარხნის დასავლეთით	11 - 12	0,2
ყორულდაშის ქარხნის სამხრეთ-დასავლეთით	11 - 12	0,1
ყორულდაშის ქარხნის სამხრეთ-დასავლეთით	11	0,07
დუღარემის ქარხნის აღმოსავლეთით	1,7	0,06
დუღარემის ქარხნის ჩრდილო-აღმოსავლეთით	0,5	0,03
სულ ქვემო სვანეთში (არანაკლებ)	45	2,5

ეკოლოგიურად დაბინძურების გავრცელების დამახასიათებელი სიგრძე ხეობების გასწვრივ შეადგენს ათობით კილომეტრს, ხოლო ხეობების მართობულად – რამდენიმე ერთეულ კილომეტრს.

ეკოლოგიურად ყველაზე მეტად დაბინძურებულია მდინარე ცხენისწყალი (ყორულდაში, ცანა, მელე და ა.შ.), ლუხუნის (ურავი, ლიხეთი, და ა.შ.) ხეობები. ამასთანავე, გარდა ნარჩენების განლაგების ადგილებისა, უმუალოდ საშიშროება ნიადაგის მაღალი დაბინძურების გამო, შესაძლებელია მომავალში ემუქრებოდეს ბევრ სხვა დასახლებულ პუნქტსაც, მათ შორის ლენტეხსა და ამბროლაურს. აგრეთვე, საშიშროებას წარმოადგენს საძოვრებისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწების დარიშხანით დაბინძურება, რის შედეგადაც ეკოლოგიურად გამოუსადეგარი ხდება საკვები პროდუქტები, მათ

შორის რძეც. საფრთხე ემუქრება გარემოს, ათასობით ადამიანის ჯანმრთელობასა და სიცოცხლეს.

3. რაჭისა და ქვემო სვანეთის დაბინძურებული ტერიტორიის ნიადაგის ეკოქიმიური კვლევის შედეგების ანალიზი

ჩვენს მიერ 2013-2015 წლებში შესწავლილი იქნა დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ტერიტორიის ნიადაგის ეკოქიმიური მდგომარეობა. ნიადაგის სინჯების აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა, ტრანსპორტირება და განსაზღვრა წარმოებდა საერთაშორისო სტანდარტული ორგანიზაციის (ISO) სტანდარტული მეთოდიკების მიხედვით.

სამეცნიერო ლიტერატურულ მონაცემებთან 2013-2015 წლებში ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგების შეჯერების მიხედვით სოფელ ურავის სამთო-ქიმიური ქარხნის საწარმოო უბნების ტერიტორიის ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა მომატებულია და აღწევს 5900 მგ/კგ და 6100 მგ/კგ (ზდკ =10 მგ/კგ). ასეთივე საგანგაშო მდგომარეობა აღინიშნება ძველი ქარხნის სარკოფაგის სამივე მხარეს, სადაც დარიშხანის შემცველობა ნიადაგში აღწევს 7800, 24 900 მგ/კგ. ფლოტაციის და გამდიდრების შემდეგ ნარჩენების ავზების მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგში - 28000 მგ/კგ.

ამგვარი ვითარება გასაგები იქნება საკვლევ ობიექტზე არსებული დღევანდელი მდგომარეობით, თუ გავითვალისწინებთ, რომ სარკოფაგის წყალგაუმტარობა დარღვეულია, მასში აღწევს ატმოსფერული ნალექები, ყოველი წყალდიდობისას გამორეცხავს დარიშხანშემცველ ნალექებს .

მეფიჭალის კომპლექსის და სამარხის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგის სინჯებში დაფიქსირებული დარიშხანის შემცველობა შეადგენს 1500 მგ/კგ და 2100 მგ/კგ. ნიადაგის სინჯები აღებულია სოფ. ურავის მაცხოვრებლების საკარმიდამო ნაკვეთებიდან, სადაც დარიშხანის შემცველობა ტოლია შესაბამისად 46,0 მგ/კგ და 27,2 მგ/კგ. ასევე აღებულია ნიადაგის სინჯები სოფელი ლიხეთის,

სოფელი აბარის, ონის ტერიტორიაზე, სადაც დარიშხანის შემცველობა შემცირებულია და შესაბამისად აღწევს 56,0 მგ/კგ, 40 მგ/კგ, 55,0 მგ/კგ და 6,6 მგ/კგ.

ცხრილი 2. რაჭის ნიადაგში დარიშხანის განსაზღვრის შედეგები (2015 წ, IX)

N	ლაბ. რეგისტრაციის N	სინჯის N, დასახელება და აღების ადგილი	As, %	As მგ/კგ
1	326 – S	N1 ნიადაგი, ურავი 3, მჟავე წყლის სარკოფაგიდან 100 მ დაშორებით		280
2	327 – S	N2 ნიადაგი, ურავი 3, მჟავე წყალი, მადნის დახურული ადგილი	2,90	29000
3	328 – S	N3 ნიადაგი, ურავი 3, სარკოფაგის მარცხენა მხარე	0,28	2800
4	329 – S	N4 ნიადაგი, ურავი 3, სარკოფაგის, მარჯვენა მხარე	0,18	1800
5	330 – S	N5 ნიადაგი, ფლოტაციის და გამდიდრების შემდეგ ნარჩენების ავზები	2,80	28000
6	331 – S	N6 ნიადაგი, ურავი 2, სარკოფაგთან		420
7	332 – S	N7 ნიადაგი, ურავი 2, სარკოფაგთან	0,78	7800
8	333 – S	N8 ნიადაგი, ურავი 1, დამთავრებული სარკოფაგის მიმდებარე ტერიტორია		640
9	334 – S	N9 ნიადაგი, ურავი 1, დამთავრებული სარკოფაგის მიმდებარე ტერიტორია	0,23	2300
10	335 – S	N10 ნიადაგი, ურავის ბოლოს სამოვრები		50
11	336 – S	N11 ნიადაგი, ლიხეთის საკარმიდამო ნაკვეთი (სამოვარი)		40

სოფ. ყორულდამისა და დულარემის ქარხნის ტერიტორიაზე 2013 წელს აღებული ნიადაგის სინჯების ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ დარიშხანის ნარჩენებით დაბინძურების დონე მაღალია და აღწევს 700 მგ/კგ, ხოლო ლენტეხის მოსახლეობის საკარმიდამო ნაკვეთის ნიადაგში კი დარიშხანის შემცველობა იცვლება 15,4 მგ/კგ-დან 69 მგ/კგ-მდე. ლენტეხის მუნიციპალიტეტში გაერთიანებული სოფლების ნიადაგში კი დარიშხანის შემცველობა იცვლება 8,4 მგ/კგ-დან 69 მგ/კგ-მდე. სოფელ ცანას ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა აღწევს 82,5 მგ/კგ. წინა წლებთან შედარებით 2015 წელს ჩატარებული კვლევების მონაცემებით საგრძნობლად მომატებულია დარიშხანის

ცხრილი 3. ქვემო სვანეთის ნიადაგში დარიშხანის განსაზღვრის შედეგები (2015 წ, სექტემბერი)

N	ლაბ. რეგისტრაციის N	სინჯის N, დასახელება და ადების ადგილი	As, %	As მგ/კგ
1	340 – S	N1 ნიადაგი, ცანა 3, ყორულდაში, ქარხნის ჩრდილო დასავლეთით 200 მ-ში	0,14	1400
2	341 – S	N2 ნიადაგი, ცანა 3, ყორულდაში, ქარხნის ჩრდილოეთით 50 მ-ში	4,50	45000
3	342 – S	N3 ნამწვი, ცანა 3, ყორულდაში, ქარხნის დასავლეთით	0,68	6800
4	343 – S	N4 ნიადაგი, ცანა 3, ყორულდაში, ქარხნის სამხრეთით	3,50	35000
5	344 – S	N5 ნიადაგი, ცანა 3, ყორულდაში, ქარხნიდან სამხრეთით 200 მ-ზე	0,40	4000
6	345 – S	N6 ნამწვი, ცანა 3, ყორულდაში, ქარხნის სამხრეთით 200 მ-ზე	0,38	3800
7	346 – S	N7 ნიადაგი, ცანადან 4 კმ-ში ხიდთან		88
8	347 – S	N8 ნიადაგი, ცანა 2, დულარეში		124
9	348 – S	N9 ნიადაგი, ცანა 1, დულარეშის ქარხნის ტერიტორია		330
10	349 – S	N10 ნიადაგი, სასაშის ქვევით 4 კმ-ზე		132

შემცველობა ყორულდაშის სამთო-გადამამუშავებელი ქარხნის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგში და იცვლება 1400 – 45000 მგ/კგ .

4. დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების დამუშავება საანალიზოდ ზემდაღალი სიხშირის გამოსხივებით(ზმს)

ჩვენს მიერ ზმს – გამოსხივების ველი გამოყენებული იქნა დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების, მადნების დასამუშავებლად ქიმიური ანალიზის ჩასატარებლად ,რაც წარმოადგენს ჩვენი კვლევით სამუშაოს სიახლეს. დამუშავებული იქნა ზმს- გამოსხივებით ორი სინჯი: ურავის სამთო-ქიმიური საწარმოო უბნების ტერიტორიიდან აღებული ნიადაგის სინჯი (7U) და მეფიჭალის სამარხიდან აღებული სამრეწველო ნარჩენის სინჯი (2U). ნიმუშები შრებოდა მიკროტალღურ ღუმელში დაბალ სიმძლავრეზე 30 წთ-ის განმ-

ვლობაში, შემდეგ სხივდებოდა 12 სმ ტალღის სიგრძის 800 ვტ ზმს – ველში 120 წამის განმავლობაში. ატომურ-აბსორბციული მეთოდით განისაზღვრა დარიშხანის საერთო შემცველობა ორივე სინჯში. ამის შემდეგ ზმს-ით დამუშავებული სინჯების 100 გ ნიმუშს დაემატა რკინის სულფატი ($FeSO_4$), 0,0; 0,8; 1,9 და 3,9 წონითი პროცენტის რაოდენობით, რაც შეესაბამება ოქსიდის შემცველობას 0,0; 0,23; 0,54 და 1,1 წონითი პროცენტის რაოდენობით. თითო-ეულ სინჯს, აგრეთვე, დაემატა კირქვა 0,0; 0,3; 0,7 და 1,4 წონითი პროცენტის რაოდენობით. 60 წუთის განმავლობაში მორევის შემდეგ ნიმუშები ყოვნდებოდა ოთახის ტემპერატურაზე ერთი კვირის განმავლობაში და შემდეგ იტუტებოდა წყალბადის ზეჟანგის ხსნარში 24 სთ-ის განმავლობაში განუწყვეტელი მორევის პირობებში. შემდეგ ხსნარი ყოვნდებოდა ერთი კვირის განმავლობაში, იფილტრებოდა და ხსნარში განისაზღვრებოდა დარიშხანის შემცველობა (პირობით ერთეულებში). გაფილტრული ნიადაგები შრებოდა მზეზე და კვლავ იზომებოდა მათში დარიშხანის საერთო შემცველობა. ჩატარებული ცდების შედეგები მოცემულია 4-5 ცხრილებში.

ცხრილი 4. ზმს-ველით, რკინის სულფატითა და კირქვით დამუშავებული ნიადაგის სინჯის წყალბადის ზეჟანგით გამოტუტულ ხსნარებში დარიშხანის კონცენტრაცია პირობით ერთეულებში

$CaCO_3$ (წონ. %)	0,0	0,27	0,68	1,36
$FeSO_4$ (წონ. %)				
0,0	100	62	48	33
0,23	26	18	13	11
0,54	20	15	8	6
1,1	13	11	9	8

ამგვარად, დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით საშუალოდ დაბინძურებული (100-1000 მგ/კგ) ნიადაგების დამუშავება ზმს-გამოსხივებით რამდენ - ჯერმე ამცირებს ნიადაგში და ნარჩენებში დარიშხანის ნაერთების ძვრადობას მათი რკინის სულფატითა და კირქვით დამუშავების პირობებში და ხელს

ცხრილი 5. ზმს-ველით, რკინის სულფატითა და კირქვით დამუშავებული წყალბადის ზეჟანგით გამოტუტვის შემდეგ სინჯში დარიშხანის შემცველობა (პირობით ერთეულებში)

$CaCO_3$ (წონ. %)	0,0	0,27	0,68	1,36
$FeSO_4$ (წონ. %)				
0,0	100	133,9	134,4	136,3
0,23	136,3	138,3	139,8	147,3
0,54	138,8	140,5	141,5	142,4
1,1	139,7	140,7	141,7	141,7

უწყობს მათ სტაბილიზაციას. ხოლო ზმს – გამოსხივებით ხანგრძლივი დამუშავება გარკვეულ პირობებში ზრდის დარიშხანის ნაერთების ძვრადობას, რამაც ხელი უნდა შეუწყოს შემდგომში მის ბაქტერიულ და ქიმიურ გამოტუტვის პროცესებს.

5. მდინარე ლუხუნისა და ცხენისწყლის წყლების ქიმიური ანალიზი

2014 – 2015 წლებში ჩვენს მიერ აღებული იქნა მდინარე ლუხუნისა და ცხენისწყლის წყლების სინჯები და ჩატარდა სრული ქიმიური ანალიზი სინჯის აღება, დაკონსერვება, ეტიკეტირება, შენახვა, ტრანსპორტირება და განსაზღვრა წარმოებდა საერთაშორისო სტანდარტული ორგანიზაციის (ISO) სტანდარტული მეთოდების მიხედვით .

ქიმიური ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ მდინარე ლუხუნისა და ცხენისწყლის წყლების მაკროქიმიური შემადგენლობა არ განსხვავდება სამხრეთ კავკასიის მთის რეგიონის მდინარეებისაგან. ლუხუნის წყლის საშუალო მინერალიზაცია შეადგენს 194, 709 მგ/ლ, მდ. ცხენისწყლის ზედა სათავის მდ. ყორულდაშის წყლის მინერალიზაცია შეადგენს 104,151 მგ/ლ, ხოლო ცხენისწყლის - 256,731 მგ/ლ.

მდინარე ლუხუნისა და ცხენისწყლის წყლების წამყვან იონებს წარმოადგენს Ca^{2+} და HCO_3^- , ხოლო წყლის ინდექსი მიეკუთვნება C_{II}^{Ca} . ბიოგენური ნივთიერებათა (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}), ასევე მიკროელემენტების (Cu , Mn , Zn , Al , Ba , I და სხვა) შემცველობა. ბევრად ნაკლებია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე.

მაშასადამე, მაკროელემენტების შემცველობაზე გავლენას არ ახდენენ ანთროპოგენური ფაქტორები. ძირითადი იონების შემცველობა არ აღემატება ზღვ-ს, რაც განპირობებულია იმით, რომ მათი მომწოდებელია ბუნებრივი წყაროები.

6. მდინარე ლუხუნისა და ცხენისწყლის წყლებში და ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის ეკოქიმიური ანალიზის შედეგები

მდინარე რიონი წარმოადგენს დასავლეთ საქართველოს ქ. ქუთაისის სასმელი წყლის ძირითად წყაროს. ასევე ცხენისწყალიც გამოიყენება დასავლეთ საქართველოს რიგი რეგიონების სასმელ წყლად. მდინარე რიონი და ცხენისწყალი გამოიყენება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების სარწყავად და სამრეწველო დანიშნულებითაც. ვინაიდან მდინარე ლუხუნი და ცხენისწყალი წარმოადგენს მდინარე რიონის შენაკადებს, ამიტომ ეკოქიმიური თვალსაზრისით მეტად აქტუალურია ამ მდინარეების წყლის ხარისხის დაცვა, დარიშხანის შემცველობის განსაზღვრა მათ წყლებში და ფსკერულ დანალექებში. დარიშხანის ძირითადი მიმწოდებელია მცირედმინერალიზებული გაზაფხულისა და ზაფხულის ნაკადები, რომლებიც მოედინება დარიშხანშემცველი ნაერთებით დაბინძურებული ნიადაგიდან და სხვა დარიშხანშემცველი ობიექტებიდან (მადნის ნარჩენები, კონცენტრატები).

2014 – 2015 წლებში ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევების შედეგების მიხედვით, დარიშხანის შემცველობა მდინარე ლუხუნის წყალში იცვლება ~0,006-

0,011 მგ/ლ ზღვრებში, ხოლო მდ. რიონის წყალში დარიშხანის შემცველობა არ აღემატება 0,005 მგ/ლ, რაც ზღვ-ზე(0,05 მგ/ლ) ნაკლებია.

ეკოქიმიური თვალსაზრისით ზედაპირული წყლების ტიპტივარები და ფსკერული დანალექები წარმოადგენენ გარემოს ინფორმაციულ ობიექტებს. As_{ფე}-ის რეგიონული და შიდაწლიური განაწილება განისაზღვრება წყლის სიმღვრივით. შეწონილი დარიშხანი ნაერთების განაწილებაზე არსებით გავლენას ახდენს ანთროპოგენული წყაროები.

ჩვენი გამოკვლევებით მდ. ლუხუნის ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის შემცველობა იცვლება 18 – 200 მგ/კგ ზღვრებში (ცხრ. 6). მდ. ლუხუნის დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ზონის წყლებში შეადგენს 200 მგ/კგ, ხოლო მდინარის დინების მიმართულებით სოფელ ლიხეთთან და სოფელ წესთან მცირდება და შესაბამისად შეადგენს 42 მგ/კგ და 18 მგ/კგ.

ცხრილი.6. მდინარე ლუხუნის ფსკერულ ნალექებში დარიშხანის განსაზღვრის შედეგები

N	ლაბ. რეგისტრაციის N	სინჯის N, დასახელება და ადების ადგილი	As, %	As მგ/კგ
1	337 – S	N12 ფსკერული ნალექი ურავის ბოლოს		200
2	338 – S	N13 ფსკერული ნალექი, ლიხეთი		42
3	339 – S	N14 ფსკერული ნალექი წესი		18

2014-2015 წლის ჩვენი გამოკვლევებით მდინარე ცხენისწყლის ზედა სათავეში, მდ. ყორულდაშის წყალში დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებულ უბნებზე, დარიშხანის შემცველობა იცვლება 0,006-0,010 მგ/ლ. ხოლო ცხენისწყლის წყალში ნაკლებად დაბინძურებული უბნებზე (სოფ. სასაშის ქვევით 4 კმ-ზე) ნაკლებია 0,005 მგ/ლ-ზე.

დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ზონის ტერიტორიაზე მდ. ყორულდაშის ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის შემცველობა იცვლება 160-399 მგ/კგ, ხოლო ცხენისწყლის წყალში ნაკლებად დაბინძურებულ უბნებზე (სოფ. სასაშის ქვევით 4 კმ-ზე) შეადგენს 114 მგ/კგ (ცხრ. 7).

ცხრილი 7. მდინარე ცხენისწყლის ფსკერულ ნალექებში დარიშხანის განსაზღვრის შედეგები

N	ლაბ. რეგისტრაციის N	სინჯის N, დასახელება და აღების ადგილი	As, %	As მგ/კგ
1	350 – S	N1 ფსკერული ნალექი, ყორალ-დაშიდან 1 კმ-ზე ხიდთან		399
2	351 – S	N2 ფსკერული ნალექი, ცანა 1, დულარემის ქარხნის ტერიტორია		160
3	352 – S	N3 ფსკერული ნალექი, სასაშის ქვევით 4 კმ-ში		114

დარიშხანის შემცველობის გაზრდა ფსკერულ დანალექებში მდინარის წყალთან შედარებით, შეიძლება აიხსნას დარიშხანშემცველი მადნების მაღალი კუთრი წონით: 3,4 – 6,2 გ/სმ³ და მისი დალექვისადმი მიდრეკილებით.

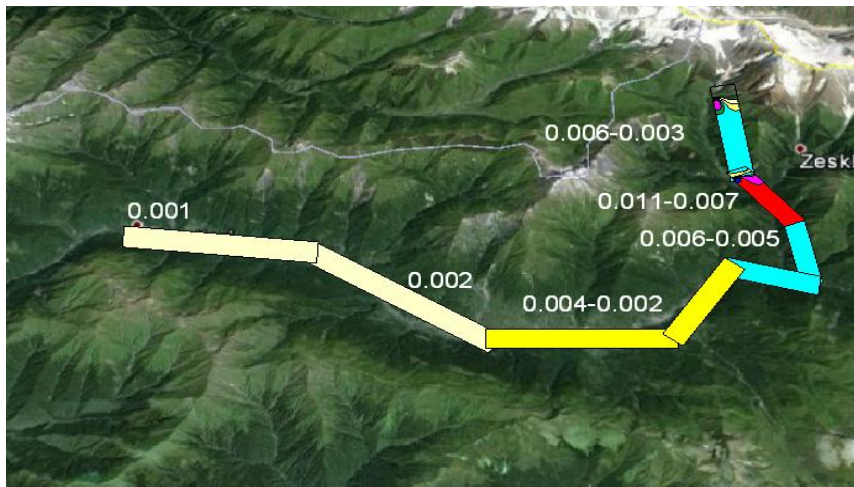
7. მდინარე ცხენისწყლის და ლუხუნის წყლებში და ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის გავრცელების რიცხვითი მოდელი სტაციონალური წყაროების მიხედვით

თანამედროვე მეცნიერული მეთოდების, ჩვენს ხელთ არსებული მონაცემების და ტექნიკური საშუალებების ბაზაზე შესაძლებელი გახდა საქართველოს მდინარეების ეკოლოგიური პრობლემების ცალკეული ამოცანების დამუშავება. საფუძვლის მომზადება წყლის რესურსების მართვის თანამედროვე კომპიუტერული პროგრამული კომპლექსების გამოყენებისათვის.

ცნობილი ჰიდროგრაფიული და ჰიდროლოგიური პარამეტრების, აგრეთვე ჩვენი კვლევის შედეგების მონაცემების გამოყენებით შესწავლილ იქნა მდ. ცხენისწყლისა და მდ. ლუხუნში ჩაშვებული დარიშხანის მიგრაცია. კერძოდ, უწყვეტ გარემოში ნივთიერების გადატანა-დიფუზიის არასტაციონალური წრფივი სამგანზომილებიანი განტოლების გამოყენებით დამუშავებულია და მოდელირებულია მდ. ლუხუნსა და მდ. ცხენისწყალში. უკონტროლოდ მოხვედრილი დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების გავრცელება. მოდელირებისათვის მდინარეები დაყოფილია რამდენიმე

პირობითად ერთგვაროვან წრფივ უბნებად. მიღებულია დარიშხანის კონცენტრაციის განაწილების სურათი მდინარის გასწვრივ, დინების მიმართულებით მდინარის ერთი უბნიდან მეორეში გადასვლისას წყალსა და ფსკერული დანალექების 1 მ² ზედაპირზე.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილი მოდელიდან ჩანს, რომ დარიშხანის კონცენტრაცია, დიფუზიისა და შენაკადების მირ გამოწვეული განზავების შედეგად მცირდება დინების მიმართულებით და მყარდება კვაზისტაციონალური განაწილება. კონცენტრაცია განსაკუთრებით სწრაფად მცირდება პირველ 10 კმ-იან მონაკვეთზე 0.005 მგ/ლ -დან 0.0013 მგ/ლ-მდე. შედეგ 25 კმ მონაკვეთზე კონცენტრაციის შემცირება შეადგენს 0.0008 მგ/ლ-ს.



ნახ. 1. დარიშხანის კონცენტრაციის მნიშვნელობები C_i (მგ/ლ) მდ. ცხენისწყლის მონაკვეთზე სოფ. ყორულდაშიდან სოფ. ჭველიერამდე.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია 1 თვის განმავლობაში მდინარის ფსკერზე დალექილი დარიშხანის შემცველობა (მგ/მ²). ნახაზიდან ჩანს, რომ დანალექი დარიშხანის შემცველობა მაქსიმალურია დაბინძურების წყაროს მიდამოებში და სწრაფად მცირდება მდინარის დინების მიმართულებით. რაოდენობრივად დალექილი დარიშხანის შემცველობა დაბინძურების წყაროს მიდამოებში დაახლოებით 20-ჯერ აღემატება დარიშხანის შემცველობას მდინარის ნაკლებად დაბინძურებულ ბოლო პუნქტში. თვისობრივად ანალოგიური შედეგებია მიღებული მდ. ლუხუნის დარიშხანით გამოწვეული დაბინძურების მოდელირებისას.



ნახ. 2. მდ. ცხენისწყლის ფსკერული დანალექების 1 მ² ზედაპირზე დარიშხანის შემცველობა, მგ/მ².

8. დარიშხანის შემცველობა საკვებ პროდუქტებში სოფელ ურავის მიდამოებში

ეკოქიმიური თვალსაზრისით მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის ფაქტი, რომ დარიშხანს აქვს ბიოკუმულაციის უნარი, ამიტომ ნიადაგიდან საკვებ პროდუქტებში დაგროვების განმსაზღვრელია საკვები არის შემადგენლობა და სხვა ფაქტორები. რაჭის სხვა რაიონებთან შედარებით სოფ. ურავისა და მისი მიდამოების საკვებ პროდუქტებში დარიშხანის შემცველობა შედარებით უფრო მეტია, მაგრამ არ აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას (0,1–1,0 მგ/კგ). გამონაკლისს წარმოადგენს მწვანილი (11,9 მგ/კგ). მცენარეებში დარიშხანი 1 – 1,7 მგ/კგ შემცველობა ითვლება ნორმალურად, ხოლო თუ > 5 მგ/კგ - ჭარბად და ტოქსიკურად. დარიშხანის ზდკ მცენარეულ საკვებ პროდუქტებში ითვლება 0,2 – 1 მგ/კგ მშრალ მასაზე .

დარიშხანის შემცველობის დადგენა საკვებ პროდუქტებში მნიშვნელოვანია იმით, რომ მოსახლეობის კვების რაციონში მწვანილს და მცენარეულ პროდუქტებს დიდი ადგილი უკავია, ხოლო ბავშვებში - რძეს, მოზრდილთა და ზრდასრულთა მამაკაცებს შორის - ღვინოს.

9. რაჭისა და ქვემო სვანეთის დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ტერიტორიის მართვის ძირითადი საკითხები

მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების ზემოქმედების შესამცირებლად აუცილებელია გამკაცრდეს არსებული სარეკომენდაციო საკლასიფიკაციო მოთხოვნები. ამიტომ ჩვენს მიერ შემუშავებული იქნა რაჭისა და ქვემო სვანეთის დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ტერიტორიის ეკოლოგიურად უსაფრთხოდ დასაშვები გამოყენებისათვის მათი მართვის ძირითადი საკითხები, რომელშიც ასახულია დარიშხანის ნარჩენებით დაბინძურებული ტერიტორიის გარემოზე ზემოქმედების რისკების ზონის ეკოლოგიური მდგომარეობის მიხედვით ტერიტორიების ეკოლოგიურად უსაფრთხოდ გამოყენების დასაშვები ფორმები.

10. გარემოსდაცვითო პრევენციული ღონისძიებები

საქართველოს მთიანი რეგიონის მოსახლეობის მძიმე სოციალური ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესების ერთ-ერთ ფაქტორს წარმოადგენს მთიანი რეგიონის მასობრივი ტურიზმის თანამედროვე ცენტრებად გადაქცევა. ამისათვის აუცილებელი და ძირითადი პირობაა ადგილობრივი მოსახლეობისა და ჩამოსულ ადამიანთა ჯანმრთელობისათვის არსებული რისკების დადგენა და დარიშხანის ნარჩენების გაუვნებლყოფა. ამვე დროს ნარჩენების მართვა უნდა განხორციელდეს გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საფრთხის შექმნის გარეშე, რომლის განსახორციელებლად უნდა შემუშავდეს და აუცილებლად გატარდეს გარემოსდაცვითი პრევენციული ღონისძიებები.

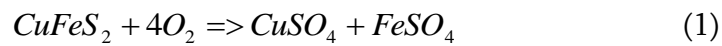
მრავალი წლის მანძილზე სიტუაცია თითქმის უიმედო ჩანდა, ვინაიდან საკვლევ ობიექტებზე სამარხები და გამწმენდი ნაგებობები ავარიულ მდგომარე-

რობაშია, მათი მთლიანობა დარღვეულია, ატმოსფერული ნალექებით გამოედინება დარიშხანშემცველი ნარჩენები, რომლებიც აბინძურებს მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგს და მდინარის წყალს.

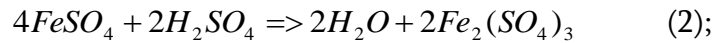
ბოლო ათწლეულებში ლითონთა გამოტუტვის და მინერალური წარმოქმნის დაშლის ეფექტური ბიოლოგიური მეთოდების შემუშავების და დახვეწის შედეგად, აგრეთვე ეფექტური მიკროორგანიზმების (ემ) ტექნოლოგიების განვითარებასთან და ფიტორემედიაციის გამოყენებასთან ერთად გამოიკვეთა სამრეწველო ნარჩენების პრობლემის გადაწყვეტის რეალური გზა.

სადღეისოდ მთელ მსოფლიოში აქტიურად მიმდინარეობს დარიშხანით დაბინძურებული ნიადაგებისა და წყლის გასაწმენდად ვარგისი მცენარეების ძიება და გამოცდა. ჩვენი ქვეყნის წინაშე მდგარი პრობლემის გადაწყვეტაში საინტერესოდ შეიძლება ჩაითვალოს ის გარემოება, რომ ნიადაგიდან დარიშხანის ამოღებისა და აკუმულაციის სარეკორდო უნარი გამოავლინა ჩინურმა გვიმრამ *Pteris Vittata*. აღნიშნული მცენარე შეიქმნა ყინვაგამძლე ჯიში *Arctic Edenfern* საფუძველზე, რომელიც გამოსადეგი იქნება სვანეთის მკაცრ ბუნებრივ პირობებში. აღნიშნული სახეობის გვიმრებს შეუძლიათ დააგროვონ ოცი გრამამდე დარიშხანი ერთ კილოგრამ მშრალ წონაზე გადათვლით. სვანეთის მკაცრი ბუნებისათვის შესაფერისი უნდა იყოს აგრეთვე ცხვრის წივა *Festuca ovina*, რომელიც კარგად ხარობს ფინეთში და შეუძლია 2,5გ დარიშხანის ათვისება მშრალი წონის ყოველ ერთ კილოგრამზე. რაჭისათვის, ფიტორემედიაციის მიზნით მიზანშეწონილად მივიჩნევთ მზესუმზირის და სიმინდის გამოყენებას, რადგან ორივე მათგანი შეიძლება შემდგომში გამოყენებული იქნას ბიოგაზისა და ბიოეთანოლის წარმოებისათვის. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს მზესუმზირა, როგორც დარიშხანის აკუმულაციის კარგი უნარის მქონე მცენარეა, რადგან მას შეუძლია 30 დღის განმავლობაში 2-3-ჯერ შეამციროს დარიშხანის შემცველობა საშუალოდ (100 მგ/კგ) დაბინძურებულ ნიადაგებში.

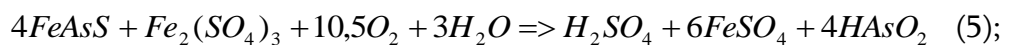
დარიშხანის მადნის მოპოვებისა და სამრეწველო გადამუშავების ნარჩენების რაოდენობის უკონტროლო ზრდის პრობლემის გადაწყვეტის ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ გზას წარმოადგენს აგრეთვე ლითონთა ბაქტერიული გამოტუტვა. არნიშნული რეკომენდაცია ეყრდნობა იმ გარემოებას, რომ სადღესოდ ყველაზე კარგად არის შესწავლილი T. Ferrooxidans ბაქტერიების მეშვეობით ქალკოპირიტისა და პირიტის გამოტუტვის პროცესის ექიმოზმი. ქალკოპირიტი ბაქტერიების მეშვეობით იჟანგება შაბიამნად და ორვალენტური რკინის სულფატად:



ორვალენტური რკინის სულფატი ისევ ბაქტერიების მონაწილეობით იჟანგება სამვალენტური რკინის სულფატად



ბაქტერიული გამოტუტვის ხსნარებში დარიშხანი შეიძლება იყოს ორი ძირითადი სახით - სამვალენტური (As^{3+}) და ხუთვალენტური (As^{5+}). გასათვალისწინებელია, რომ ხუთვალენტური დარიშხანი უფრო ნაკლებად ტოქსიკურია, უკეთ ექვემდებარება სხვადასხვა მეთოდით ხსნარიდან ჟანგეულის სახით გამოყოფას, აგრეთვე რკინასთან ურთიერთქმედებით წყალში უხსნადი კომპლექსების შექმნას და გამოტუტვის ხსნარიდან ნეიტრალიზაციის გზით გამოლექვას, რაც შემდეგნაირად ხდება:



ნარევი რკინის სულფატის ოპტიმალური შეფარდება დარიშხანთან Fe/As უნდა იყოს 2,2 – 6,5 მოლი/მოლი ფარგლებში;

სადისერტაციო ნაშრომში მოყვანილია და დასაბუთებულია, რომ დღევანდელ პირობებში ბიორემედიაცია და ფიტორემედიაცია წარმოადგენს

დარიშხანის ნარჩენების უტილიზაციის ეკოლოგიურად ყველაზე უფრო უვნებელ მეთოდს.

სადისერტაციო ნაშრომში ასახული გარემოსდაცვითი კომპლექსური პროგრამა ეკოლოგიური პრობლემების ახალი ზონის ჩამოყალიბების საშუალოების თავიდან აცილების საშუალებას მოგვცემს.

დასკვნა

1. რაჭისა და ქვემო სვანეთის ტერიტორიაზე ამჟამად დასაწყობებულია არანაკლებ 125-130 ათასი ტონა დარიშხანშემცველი ნარჩენი, რომელიც შეიცავს არანაკლებ 7,5 -8 ათასი ტონა დარიშხანს, რაც რეგიონების ეკოსისტემის პრობლემურ საკითხს წარმოადგენს.

2. ეკოლოგიურად პრობლემატური ნარჩენებისათვის განკუთვნილი სამარხები, სალექარები და საცავები ავარიულ მდგომარეობაშია და ვერ უზრუნველყოფს ნარჩენების დაცვას; ნარჩენების დიდი ნაწილი (თითქმის ნახევარი) საერთოდ ღია ცის ქვეშ არის დასაწყობებული ან გაფანტული;

3. ქვემო სვანეთსა და რაჭაში, განლაგებული ნარჩენები წარმოადგენს ბუნებრივი გარემოს დაბინძურების მეორად წყაროს, ხოლო გავრცელების მექანიზმი ძირითადად დაკავშირებულია ატმოსფერული ნალექებითა და ადიდებული მდინარეების წყლით ტოქსიკური ნარჩენების გამორეცხვასა და გადატანასთან;

4. დარიშხანშემცველი ნარჩენებით გარემოს დაბინძურების გავრცელება უპირატესად მიმდინარეობს მდინარეების ლუხუნის, ცხენისწყალისა და რიონის ხეობებში, სადაც განლაგებულია რაჭა-ლეჩხუმისა და ქვემო სვანეთის ყველაზე მსხვილი დასახლებული პუნქტები. დაბინძურების გავრცელების სახასიათო სიგრძე ხეობების გასწვრივ შეადგენს ათობით კილომეტრს, ხოლო ხეობების მართობულად - რამდენიმე ერთეულ კილომეტრს; დაბინძურების გავრცელება მდინარის დინების მართობულად ან საპირისპიროდ, პრაქტიკულად არ ხორციელდება.

5. დარიშხანით დაბინძურების ყველაზე მაღალი დონე აღინიშნება მდ. ცხენისწყალის (ყორულდაში, ცანა, მელე და ა.შ.) და ლუხუნის (ურავი, ლიხეთი და ა. შ) ხეობებში. ამასთან, გარდა ნარჩენების განლაგების ადგილებისა, უშუალო საშიშროება ნიადაგების მაღალი დაბინძურების გამო შეიძლება ემუქრებოდეს ბევრ სხვა დასახლებულ პუნქტსაც, მათ შორის ლენტეხსა და ამბროლაურს.

6. სერიოზულ საშიშროებას შეიძლება წარმოადგენდეს საძოვრებისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწების დარიშხანით დაბინძურება, რის შედეგადაც შესაძლებელია საკვებ მცენარეულ პროდუქტებში, ასევე რძეში დარიშხანის შემცველობის სახიფათო დონემდე გაზრდა.

7. განსაზღვრულია რაჭისა და ქვემო სვანეთის სამთო-გადამამუშავებელი საწარმოებისა და მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა. აგრეთვე ჩატარდა მდ. ლუხუნისა და ცხენისწყლის წყლების ქიმიური ანალიზი. განისაზღვრა ძირითადი შემადგენელი იონები, ბიოგენური კომპონენტები, მძიმე ლითონები და დარიშხანის შემცველობა ფსკერულ დანალექში. კვლევები მიმდინარეობდა „ISO“-ს უნიფიცირებული მეთოდების გამოყენებით.

8. შესწავლილია და დადგენილია მდ. ლუხუნისა და ცხენისწყლის ხეობაში დარიშხანის საწარმოო ნარჩენებით გამოწვეული დაბინძურების გავრცელების სავარაუდო ძირითადი მიმართულებები და შედგენილია რუკა-სქემები.

9. ჩატარებული კვლევის შედეგების მიხედვით სოფელ ურავის სამთო-ქიმიური ქარხნის საწარმოო უბნების ტერიტორიის, ძველი ქარხნის სარკოფაგის სამივე მხარეს, მერფიჭალის კომპლექსის და სამარხის მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა მნიშვნელოვნად მაღალია (1500 – 2 9000 მგ/კგ). განსაკუთრებით საგანგაშო მდგომარეობაა ქვემო სვანეთში: ყორულდაშისა და დუღარემის სამთო-ქიმიური ქარხნისა და მიმდებარე

ტერიტორიის ნიადაგში დარიშხანის შემცველობა იცვლება 1400-45000 მგ/კგ ზღვრებში.

10. ჩატარებული მდინარე ლუხუნისა და ცხენისწყლის წყლების ქიმიური ანალიზის მიხედვით დადგინდა, რომ მაკროქიმიური შემადგენლობით ისინი არ განსხვავდებიან სამხრეთ კავკასიის მთის რეგიონის სხვა მდინარეებისაგან. წამყვან იონებს წარმოადგენს HCO_3^- და Ca^{2+} - იონები და მიეკუთვნებიან წყლის ინდექსის მიხედვით Ca_{II}^{Ca} -ს. ბიოგენური ნივთიერებათა და მძიმე ლითონთა კონცენტრაცია საკმაოდ დაბალია და არ აღემატება ზღვ-ს.

11. განსაზღვრულია დარიშხანის შემცველობა მდინარე ლუხუნისა და ცხენისწყლის წყლებში, რომელიც არ აღემატება ზღვ-ს. მდ. ურავის ფსკერულ დანალექებში დარიშხანის შემცველობა შეადგენს 18 – 200 მგ/კგ, ხოლო ცხენისწყლის ფსკერულ დანალექებში კი იცვლება 114 – 399 მგ/კგ ზღვრებში, რაც აიხსნება დარიშხანის სულფიდური ნაერთების მაღალი კუთრი წონით (3,4 – 6,2 მგ/კგ).

12. დამუშავებულია მდინარეების ცხენისწყლისა და ლუხუნის წყლისა და ფსკერული დანალექების უბნებზე ჩალვრილი დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების გავრცელების რიცხვითი მოდელი სტაციონალური დამაბინძურებელი წყაროების მიხედვით, რაც ჩვენი სადისერტაციო ნაშრომის ერთ-ერთ სიახლეს წარმოადგენს. გამოკვლეულია, რომ დარიშხანის კონცენტრაცია მდინარის წყალში ტურბულენტური დიფუზიისა და შენაკადების მიერ გამოწვეული განზავების შედეგად მცირდება დინების მიმართულებით და მყარდება კვაზისტაციონალური განაწილება. ასევე მცირდება წყლის დინების მიმართულებით დარიშხანის შემცველობა მდინარეების ფსკერულ დანალექებში. სოფ. ყორულდაშიდან სოფ. ჭველიერამდე მდ. ცხენისწყლის ფსკერული დანალექების 1 მ² ზედაპირის ფართობზე დარიშხანის შემცველობა 20-ჯერ მცირდება და შეადგენს 330 – 25 მგ/კგ. ასევე სოფ. ურავიდან სოფ. წესამდე მდ.

ლუხუნის ფსკერული დანალექების 1 მ² ზედაპირის ფართობზე დარიშხანის შემცველობა კლებულობს (200 – 18 მგ/კგ).

13. შემუშავებულია რაჭისა და ქვემო სვანეთის დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურებული ტერიტორიის ეკოლოგიურად უსაფრთხოდ დასაშვები გამოყენებისთვის მათი მართვის ძირითადი საკითხები.

14. გამოყენებული იქნა ზემოდალი სიხშირის ელექტრომაგნიტური ველი (ზმს) დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენებისა და დაბინძურებული ნიადაგების ნიმუშების ქიმიური ანალიზისთვის მოსამზადებლად, მექანიკური სიმტკიცის შესამცირებლად, რაც წარმოადგენს ჩვენი სამუშაოს სიახლეს. ზმს - ველით დამუშავებული დარიშხანშემცველი ნარჩენები და ნიადაგები შესაძლებელია გამოყენებული იქნას მათი შემდგომი ბაქტერიული და ბაქტერიულ-ქიმიური გამოტუტვის, ფიტორემედიაციის, გამყარებისა და სხვა მეთოდების ოპტიმიზაციისათვის.

15. დისერტაციაში გაკეთდა რიგი პრაქტიკული რეკომენდაცია რეგიონებში ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების მიზნით. კერძოდ, ეკოლოგიური მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად საჭიროდ იქნა მიჩნეული დარიშხანით დაბინძურებული ტერიტორიების 0,5 მ სისქის მიწის ფენის მოყრა. ყორულდაშისა და დუღარეშის ქარხნის, ურავის მუავე წყლის კომპლექსის ტერიტორიაზე აიგოს ბეტონის დახურული საცავი ნარჩენების განთავსებისათვის, ჩატარდეს მეფიჭალის სამარხის, ურავის ძველი ქარხნის სარკოფაგის სარემონტო სამუშაოები, შესაბამისად დამუშავდეს ეფექტური მიკროორგანიზმების ტექნოლოგიით, ბომს-ით და იოდირებული ბომსით, ფიტორემედიაციით. გაშენდეს დარიშხანის ამოღებისა და აკუმულირების უნარის მქონე მცენარეული საფარი, მზესუმზირა, ცხვრისწივა და ჩინური გვიმრა. დაბინძურებულ ნიადაგზე მოწეული მცენარეული მასა გადამუშავებულ იქნას მეთანოლის საწვავის მიღების ტექნოლოგიით.

16. დარიშხანშემცველი ნარჩენების სტაბილიზაციისა და მყარ მდგომარეობაში გადაყვანის მიზნით მოხდეს მათი დამუშავება რკინის სულფატის, ცემენტის და სხვა რეაგენტების მეშვეობით ქიმიური და ტექნოლოგიური პროცესების ჩატარების ხარჯზე. კერძოდ უპირატესობა მიენიჭა დარიშხანის ნარჩენების ბეტონის ხსნარებში შემავსებლად გამოყენებას. ბეტონის ბლოკების წარმოებისათვის, ნიაღვარ და ზვავ საწინააღმდეგო ჯებირების, კაშხალებისა და სხვა საინჟინრო ნაგებობების ასაგებად.

დისერტაციის ძირითადი შედეგი გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში:

1. Vachtang Gvakharia, Archil Chirakadze, Neli Chakveladze, Maiko Chokheli, William Toscano. Leila Gverdsiteli, Nino Bagrationi/ Arsenic Pollution of Soils Morbidity Prevalence in Racha-Lower Svaneti of Georgia. 13th International Vonference of Clean Energy (ICCE-2004) June 8-12. 2014, Istanbul, Turkey.
2. ნ. ბაგრატიონი, ლ. გვერდწითელი, ა. ჭირაქაძე, ვ. გვახარია. დარიშხანის ნარჩენების შენახვისა და დასაწყობების ობიექტების ეკოლოგიური მდგომარეობის აღწერა. თბილისი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, 2014, №4, ტ.40.
3. ნ. ბაგრატიონი, ლ. ლ. გვერდწითელი, ვ. გვახარია, ა. ჭირაქაძე. დარიშხანის ტოქსიკური ნარჩენებით დაბინძურების გავცელების ძირითადი და შესაძლო მიმართულებები. თბილისი, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, 2014, №4, ტ. 40
4. ნ. ბაგრატიონი, ვ. გვახარია, ა. ჭირაქაძე, ლ. გვერდწითელი. რაჭისა და ქვემო სვანეთის დაბინძურებული ტერიტორიის ნიადაგის ეკოქიმიური კვლევის შედეგების ზოგადი ანალიზი. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი 2015 №2 ტ. 15.
5. ნ. ბაგრატიონი, ა. ჭირაქაძე, ვ. გვახარია, ლ. გვერდწითელი. დარიშხანის სამრეწველო ნარჩენების დამუშავება საანალიზოდ ზემოდალი სიხშირის გამოსხივებით. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე ქიმიის სერია. თბილისი, ტ.42. №1, 2016, გვ. 96-98

Abstract

Thesis work is devoted to description of ecological situation caused by arsenic ore extraction in Racha and Lower Svaneti and storage and burial of industrial waste of arsenic at mining and chemical plant and at adjacent territory, as well as to the determination of basic and possible directions of contamination dissipation by toxic arsenic waste.

Complicated ecological problem is created as a result of man-made (anthropogenic) impact in the regions of Racha and Lower Svaneti contaminated by arsenic production waste. No less than 130 thousand tons of toxic arsenic-containing wastes are located there without any waste management. Real threat is created to natural environment and human health and situation is getting worse from year to year.

During last two decades (1982-2010) the heightened attention was paid to this region. Separate issues were studied, namely determination of arsenic content in river waters, bottom sediments and soils, especially for territory near Uravi village, while there are still scarce data for Lower Svaneti region. That's why definition of complete ecological situation for ecosystem of important strategic facilities, assessment of negative factors and risks acting on environment, as well as elaboration and systematization of environmental measures mitigating the negative impact are so topical from scientific and practical viewpoint.

On the basis of scientific literature analysis was established topical subject of dissertation, goal of which is description and visual assessment of arsenic industrial waste disposal facilities, waste burial sites, settling basins and other environment polluting sources from the viewpoint of environmental conditions, separation and assessment of contaminated areas, identification of arsenic content in soil, waste, waters and bottom sediments and study of ecological situation, as well as detection of possible directions of industrial compounds' dissipation.

In order to perform the assigned tasks several expeditions were carried out in 2013-2015. Samples of soil, waste, waters, bottom sediments taken from selected observation points are studied with the use of ISO standard methodology.

No less than 125-130 tons of arsenic-containing waste, which contain ~7,5-8 of arsenic, are stored at the territory of Uravi, Koruldashi and Dugareshi (Tsana 1, 2, 3) villages of Racha and Lower Svaneti. Burial sites, settling basins and storages destined for waste of industrial area of Uravi village are in emergency conditions and are not able to guarantee waste storage. Arsenic wastes located at the territory of Koruldashi village (Lower Svaneti) are stored and scattered in the open air at all, while ~ 500 tons of waste placed in metal drum to the north-east of Dugareshi plant are dissipated, since these drums are corrupted and decomposed due to corrosion. Toxic wastes are washed-out and moved by atmospheric precipitations and waters of flooded rivers.

Secondary source of environmental pollution is created. Characteristic length of pollution dissipation along Lukhuni and Tskhenistskali rivers equals to hundred kilometers, while perpendicular to gorges – several kilometers.

On the basis of carried out researches the arsenic content in the soils at the territory of Racha and Lower Svaneti contaminated with industrial arsenic waste is substantially high, and as a consequence the increase of arsenic content in vegetable food products, as well as in milk up to toxic level is expected. All this also creates threat to human health.

As the results of conducted researches show, chemical contamination of waters of Lukhuni and Tskhenistskali Rivers was not observed. Arsenic content is lower than maximum allowable concentration, while in bottom sediments of Lukhuni River it reaches 200 mg/kg, in bottom sediments of Tskhenistskali River equals to 399 mg/kg that can be explained by high specific weight of arsenic sulfide compounds.

Numerical model of dissipation and migration of industrial arsenic waste uncontrollably thrown into Lukhuni and Tskhenistskali Rivers and bottom sediment areas is elaborated that is a novelty of our thesis work.

Basic issues of waste management for ecologically safe acceptable usage of territory contaminated with industrial arsenic waste of Racha and Lower Svaneti are elaborated.

Super-high frequency electromagnetic field was used for preparation of industrial arsenic waste and contaminated soil samples for chemical analysis aiming to reduction of mechanical strength that is the novelty of our work. Arsenic-containing waste and soils processed with SHF-field can be used for optimization of their bacterial and bacterial-chemical leaching, phytoremediation, hardening and other methods.

Environmental measures mitigating the risks of arsenic waste impact on environmental facilities and human health are scheduled that includes processing and phytoremediation of burial sites and soils of territories contaminated with arsenic with the use of effective microorganisms technology, bacterial-organic-mineral fertilizer (BOMF), iodized BOMF, vegetable cover cultivation, and ethanol receipt from grown vegetable mass for its use as a fuel.