

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გემოლოგიისა და მინერალურ ნივთიერებათა კვლევის, დიაგნოსტიკისა
და გადამუშავების რესპუბლიკური ცენტრი



შპს „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების
ლაბორატორიული კვლევა და მათი რაობის განსაზღვრა

თბილისი
2022

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი



შპს „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების
ლაბორატორიული კვლევა და მათი რაობის განსაზღვრა

თბილისი
2022

შემსრულებლები

სტუ-ს გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტის უფროსი, პროფესორი, “გმნკდგრ ცენტრის” ხელმძღვანელი	ნოდარ ფოფორაძე
სტუ-ს გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტის პროფესორი	მარინე მარდაშოვა
სტუ-ს გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი	ოლღა სესკურია
სტუ-ს გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი	სულხან გველესიანი
“გმნკდგრ ცენტრის” უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი	ელინა ბაქრაძე
სტუ-ს გამოყენებითი გეოლოგიის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი	ნინო ადეიშვილი
“გმნკდგრ ცენტრის” მეცნიერ-თანამშრომელი	ვერა აბზიანიძე
“გმნკდგრ ცენტრის” უფროსი მეცნიერ-თანამშრომელი	ალექსანდრე გრანოვსკი
სტუ-ს გეოლოგიის დეპარტამენტის დოქტორანტი	თამარ მიქავა
სტუს სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის მაგისტრანტი	დავით ჩიკვაძე

შინაარსი

შესავალი	5
1. ზოგადი ნაწილი	6
1.1. „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის ტერიტორიის მდებარეობა და ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება	6
1.2. „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის და მიმდებარე ტერიტორიის გეოლოგია, ტექტონიკა, ჰიდროგეოლოგია და საინჟინრო-გეოლოგია	10
2. საველე-ლაბორატორიული სამუშაოები	17
2.1. საველე და კვლევითი სამუშაოების ჩატარების მეთოდთა	17
2.2. „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების ნივთიერი და ქიმიური შედგენილობა	27
3. „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების გადამუშავების ტექნოლოგია	37
3.1. წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების გადამამუშავებელი საამქრო	37
4. წიდასაყარის ნარჩენების კლასიფიცირება და მათთვის კოდის მინიჭება	46
5. „რუსთავის ფოლადის“ ნარჩენების რესურსული პოტენციალის შესწავლა და მათი გამოყენების შესაძლებლობა	47
დასკვნები და რეკომენდაციები	48
ლიტერატურა	50



შესავალი

პროექტი შპს „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების ლაბორატორიული კვლევა და მათი რაობის განსაზღვრა“ შედგენილია შპს „რუსთავის ფოლადის“ და საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს შორის გაფორმებული ხელშეკრულების (ხელშეკრულება №01-08-15/22-2022-2) ფარგლებში ჩატარებული დეტალური საველე და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების ანალიზის საფუძველზე.

პროექტის მიზანს წარმოადგენს „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების (ბრძმედისა და მარტენის წიდეები და მათი გადამუშავების პროდუქტები, ნაცარი, ფოლადსადნობი ფილტრის მტვერი) რაობის დადგენა, ტოქსიკური ლითონების შემცველობის შესაბამისად, ნარჩენების და მეორადი რესურსების უსაფრთხოების დონის განსაზღვრა და შესაბამისი კოდის მინიჭება. ყოველივე ამას საფუძველად უდევს საველე-გეოლოგიური სამუშაოების წარმოების პროცესში აღებული ნიმუშების კომპლექსური ლაბორატორიული კვლევები (ფიზიკურ-მექანიკური, პეტროგრაფიული, რენტგენოფაზური, რენტგენოფლოუორ-ესცენციური, ქიმიური ანალიზი). ნიმუშების ნივთიერი შედგენილობა, მათი გარდაქმნის ხასიათი და სტრუქტურულ-ტექსტურული თავისებურებანი, რაობა, მინიჭებული კოდი საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების რესურსული პოტენციალი და მათი გამოყენების შესაძლებლობები.

პროექტის შესასრულებლად გამოყენებულ იქნა ამ დროისათვის განხორციელებული სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოების შედეგები, ფონდებში დაცული მასალები, წინა წლებში ჩატარებული ლაბორატორიული კვლევის მონაცემები, არასამთავრობო ორგანიზაციებიდან და სხვა წყაროებიდან მოპოვებული მასალები (გეოლოგიური, საინჟინრო-გეოლოგიური, გეოგრაფიული, გეოფიზიკური, ჰიდროგეოლოგიური, ეკოლოგიური), რომლებიც დამუშავდა თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით.

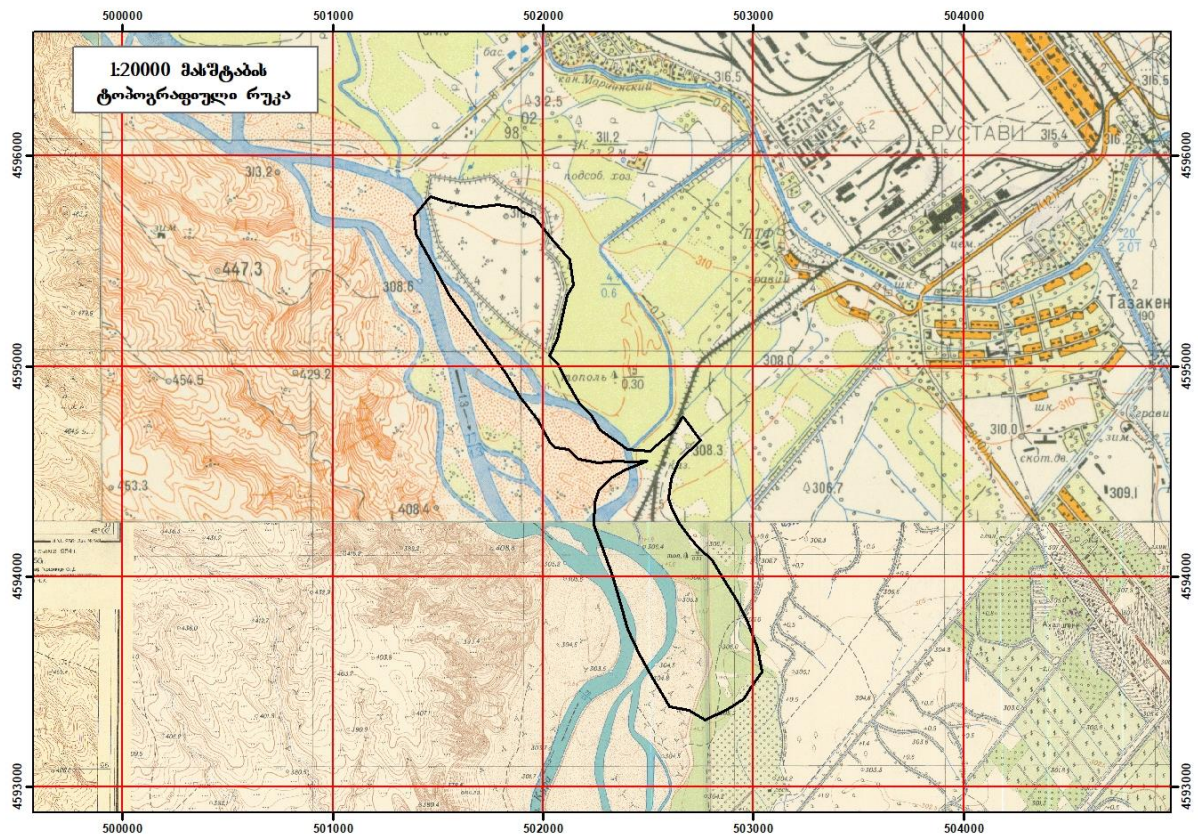
საველე სამუშაოებითა და ლაბორატორიული კვლევებით მიღებული შედეგების გამოყენებით გაკეთდა შესაბამისი დასკვნები და შემუშავდა რეკომენდაციები.

1. ზოგადი ნაწილი

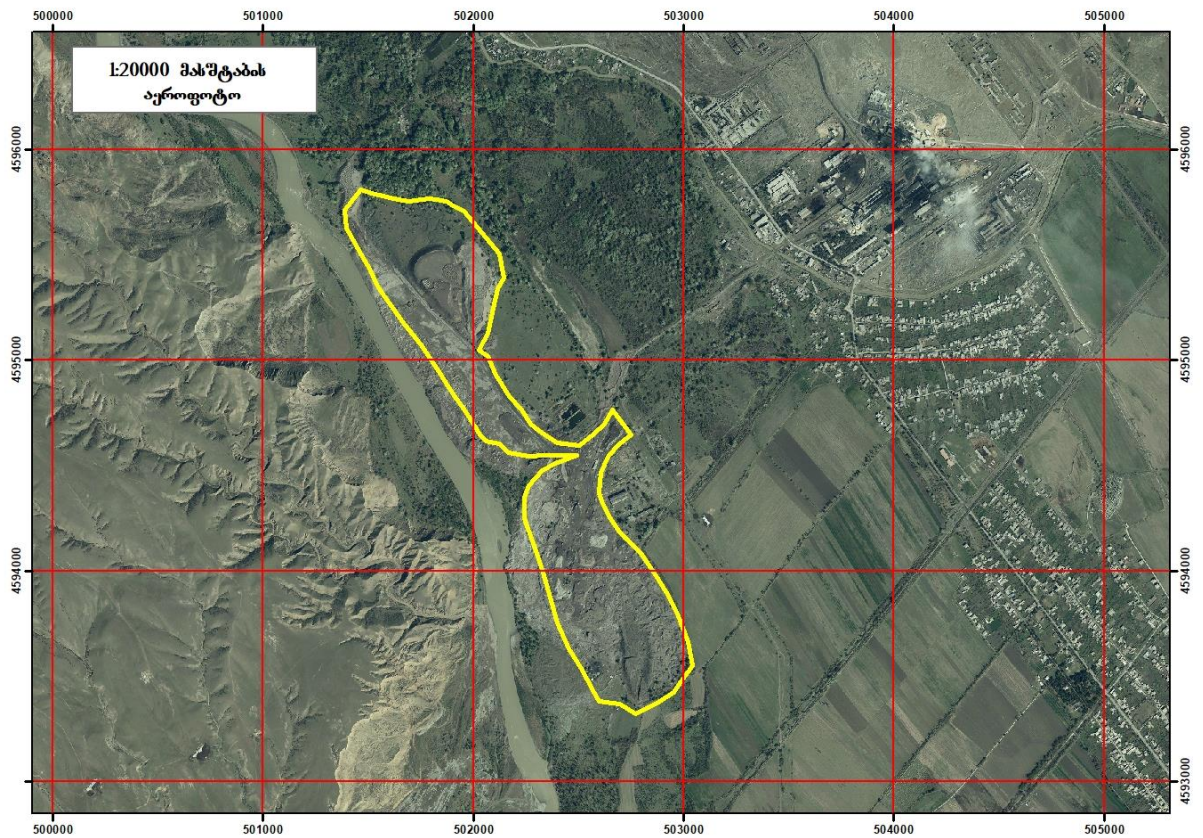
1.1. „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის ტერიტორიის მდებარეობა და ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება

შპს „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის (ნარჩენები) ტერიტორია მდებარეობს ქვემო ქართლის რეგიონისა და რუსთავის მუნიციპალიტეტის ტერიტორიაზე სოფ. თაზაქენდის მიმდებარედ, მდინარე მტკვრის მარცხენა სანაპიროს გასწვრივ (სურ. სურ. 1, 2), დასავლეთით მას ესაზღვრება იაღლუჯისა და ჩათმის მთები, აღმოსავლეთიდან გარდაბნის ველი.

რუსთავის კლიმატური პირობები გარდამავალია ხმელთაშუა ზღვისა და სტეპს შორის. ხასიათდება არა მკაცრი, თოვლიანი ზამთრით და მშრალი, ზომიერი და ცხელი ზაფხულით.



სურ. 1. შპს „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის ადგილმდებარეობა



სურ. 2. საკვლევი ტერიტორიის ორთოფოტო

რუსთავის მეტალურგიული ქარხანა და წიდასაყარი ფუნქციონირებს 1948 წლიდან. ქარხანა აწარმოებს ფოლადს, თუჯს და რკინის, ალუმინის, თუჯისა და ფოლადის სხვადასხვა დანიშნულების კონსტრუქციებს. დღეისათვის რუსთავის მეტალურგიული ქარხანა და წიდასაყარი ეკუთვნის შპს „რუსთავის ფოლადს“.



სურ. 3. მარტენის წიდეები

შპს „რუსთავის ფოლადის“ კუთვნილი წიდასაყარის ტერიტორიაზე არსებული მარტენისა და ბრძმედის წიდა, ნაცარი და ფოლადსადნობის ფილტრების მტვერი (წარმოდგენილი ინფორმაციით, 8 მლნ ტონის ფარგლებში) გადაჭიმულია, დაახლოებით, 118 ჰექტარზე. მარტენისა და ბრძმედის წიდა დაყრილია სხვადასხვა ზომისა და მოცულობის მასებისა და გროვების (მინისანაყარო) სახით.

მტკვრის ტერასაზე მიმდინარეობს ახალი უბნების ტერიტორიის მოსწორება და სხვადასხვა მოცულობის ახალი სანაყაროების (გროვების) მოწყობა.



სურ. 4. მტკვრის ტერასაზე სანაყაროს ახალი უბნების მოწყობა (ნარჩენების გროვები)

იმის გათვალისწინებით, რომ სანაყაროს ზოგიერთი ახალი უბნის (გროვის) ფერდობის დახრილობა, საფეხურის სიმაღლე და სიახლოვე მტკვრის კალაპოტთან ზრდის წილის მასების მოხვედრის ალბათობას მტკვრის წყალში, მიზანშეწონილად მიგვაჩნია ტერიტორიის საიმედოდ შემოკავება.



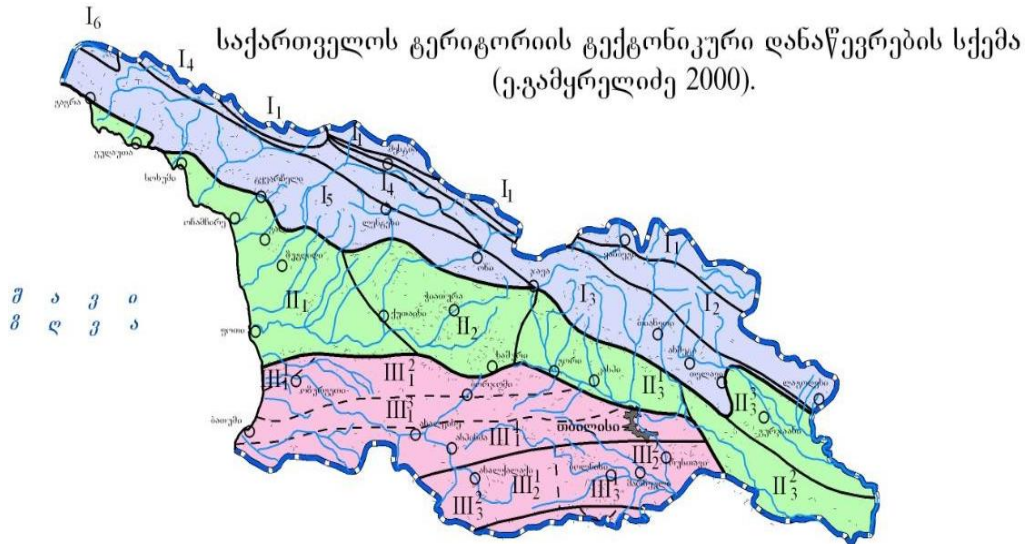


სურ. 5. მტკვრის ტერასაზე სანაყაროს ახალი უბნების მოწყობა (ნარჩენების გროვები)

1.2. „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის და მიმდებარე ტერიტორიის გეოლოგია, ტექტონიკა, ჰიდროგეოლოგია და საინჟინრო გეოლოგია

გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით შპს „რუსთავის ფოლადის“ კუთვნილი წიდასაყარის ტერიტორია წარმოადგენს მდ. მტკვრის მარჯვენა სანაპიროს ტერასას და საქართველოს ტერიტორიის ტექტონიკური დანაწევრების სქემის [1] მიხედვით მოქცეულია

მცირე კავკასიონის (ანტიკავკასიონის) ნაოჭა სისტემის ართვინ-ბოლნისის ზონის (ბელტი) ბოლნისის ქვეზონაში (სურ. 6.).



სურ. 6. საქართველოს ტერიტორიის ტექტონიკური დანაწევრების სქემა

წიდასაყარის ტერიტორიის საგები აგებულია მტკვრის ტერასის მეოთხეული მდინარეული (ალუვიური) ჭალა-კალაპოტის ნალექებით, რომლებიც წარმოდგენილია კაჭარ-კენჭნარის, ხრეშისა და ქვიშების სახით.





სურ. 7. წიდასაყარის ტერიტორიის ქვეშ განლაგებული (საგები) მტკვრის ტერასის მეოთხეული
ალუვიური ნალექები

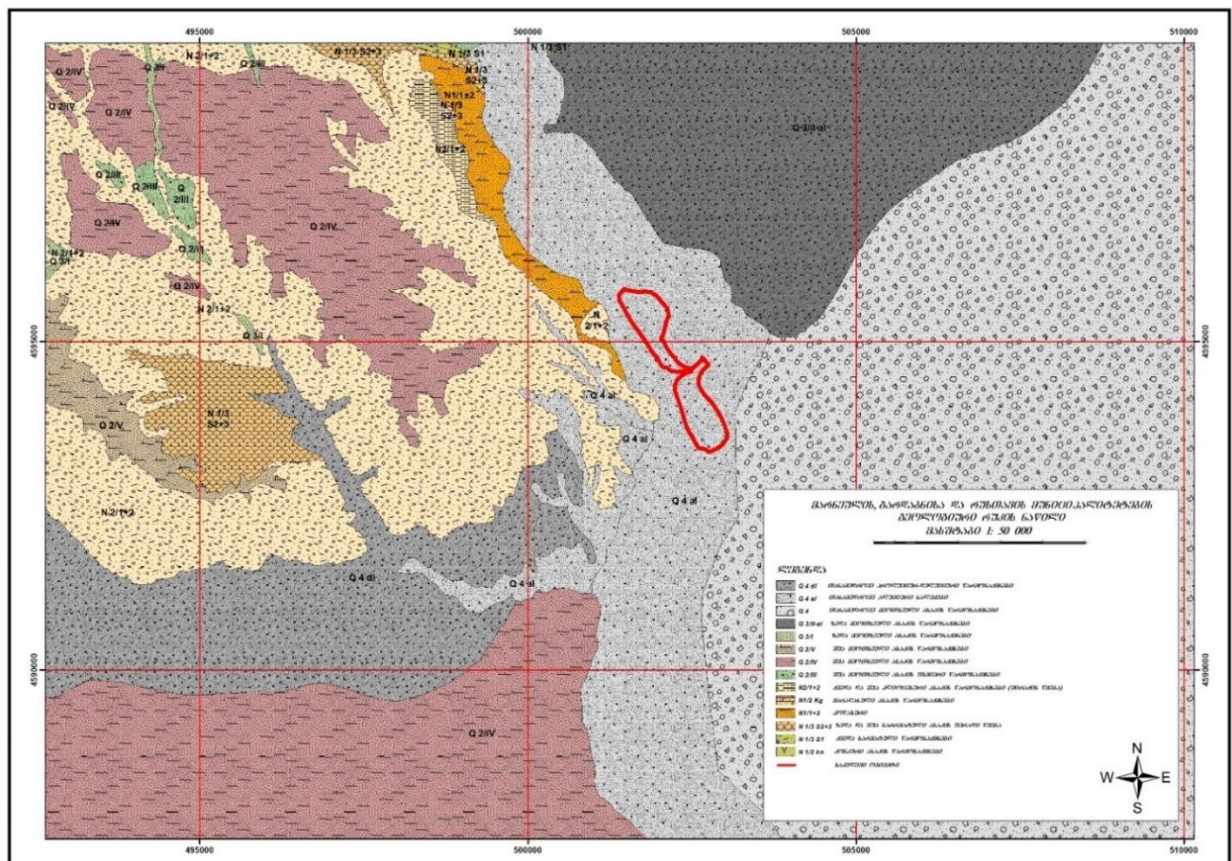
ატმოსფერული ნალექების შედეგად წიდასაყარის ტერიტორიაზე წარმოიქმნება
დროებითი გუბურების გაჩენა.



სურ. 8. ატმოსფერული ნალექების შედეგად წარმოქმნილი გუბურა

გეოლოგიურ ჭრილში ჭარბობს კაჟაროვანი გრუნტის სახესხვაობები, ხოლო ხრეში და ქვიშები უფრო დამორჩილებულ როლს თამაშობს. მასალა პეტროგრაფიული შედგენილობის მიხედვით, ძირითადად, ვულკანოგენური და დანალექი გენეზისის ქანებით არის წარმოდგენილი (ბაზალტი, ანდეზიტი, ტუფობრექცია, კარბონატები და სხვ.). მათ ქვეშ განლაგებულია მეოთხეული ალუვიური ნალექები - კენჭნარი, კონგლომერატები, ქვიშები, ქვიშნარი, თიხნარი.

ალუვიური ნალექების ქვეშ ფუნდამენტი კი წარმოდგენილია პლიოცენური და მიოცენური ეპოქის ვულკანოგენური და ვულკანოგენურ-დანალექი წარმონაქმნებით.



საკვლევი ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობები მთლიანად განპირობებულია რაიონის რელიეფური თავისებურებებით და გეოლოგიური აგებულებით.

მდ. მტკვრის ხეობის გასწვრივ ჭრილში საქმე გვაქვს მხოლოდ ერთ საინჟინრო გეოლოგიურ ელემენტთან (სგე). იგი წარმოდგენილია ალუვიური კაჟარ-კენჭნარიანი გრუნტით.

რეგიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული, გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური პირობები განაპირობებს მიწისქვეშა წყლების ფორმირებას და გავრცელებას. ქანების წყალშემცველობა განპირობებულია შრეობრიობით, ფაციალურ-ლითოლოგიური და სხვა მრავალი ფაქტორით. ჰიდროგეოლოგიური თვალსაზრისით, საკვლევი ტერიტორია მიეკუთვნება მცირეკავკასიონის ნაოჭა-ბელტური სისტემის ჰიდროგეოლოგიურ ოლქს (ბ. ზაუტაშვილი; ი. ბუაჩიძე).



სურ.10. კოლხეთის არტეზიული აუზის ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების და
ჰიდროგეოქიმიური ზონალურობის სქემატური რუკა
(ბ.ზაუტაშვილის და ი. ბუაჩიძის მიხედვით)

- I - კავკასიონის ნაოჭა სისტემის ჰიდროგეოლოგიური ოლქი;
- II - საქართველოს მთათაშუა დეპრესიის ჰიდროგეოლოგიური ოლქი;
- III - მცირეკავკასიონის ნაოჭა-ბელტური სისტემის ჰიდროგეოლოგიური ოლქი

ზოგადი ჰიდროგეოლოგიური პირობებიდან გამომდინარე, სავარაუდოა, რომ 5 მეტრის სიღრმემდე ორიარუსიანი ლითოლოგიური ჭრილი არის წარმოდგენილი. ჭრილის ზედა ნაწილი, დაახლოებით, 3 მეტრის სისქის დელუვიურ თიხნარს უჭირავს, მის ქვეშ განლაგებულია მდ. მტკვრის ჭალისზედა ტერასის ალუვიური წარმონაქმნები - კენჭნარი, ხრეში, ქვიშა და ა.შ.



განსახილველ ტერიტორიაზე განვითარებულია *კალაპოტისა და ჭალის თანამედროვე ალუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტი* (alQ_4), რომელიც გავრცელებულია მდ. მტკვრის ჭალებში. ლითოლოგიურად წარმოდგენილია ქვიშა-ქვიშნარი კაჟარ-კენჭნარის შემავსებლით. თანამედროვე ალუვიონის სიმძლავრე ფართო საზღვრებში იცვლება და 30 მეტრამდე აღწევს. წყალსიუხვე დამოკიდებულია გრანულომეტრიულ შემადგენლობაზე, ფილტრაციის კოეფიციენტი მერყეობს 150 – 300 მ/დღ. ფარგლებში. ჭალის ტერასაზე ხშირია წყაროთა გამოსავლები, ზოგჯერ ჯგუფური ხასიათისა, ჯამური დებიტით 400 – 650 ლ/წმ. ალუვიური წყალშემცველი ჰორიზონტის გავრცელების ფართზე გრუნტის წყლების განლაგების სიღრმე იცვლება 1.0 – 2.5 მ საზღვრებში, იშვიათად აღწევს 4.0 მ-ს. კალაპოტქვეშა ნაკადის საშუალო ჰიდრავლიკური ქანობი შეადგენს 0.005.

ჰორიზონტის კვება ხდება, ძირითადად, მდინარის წყლით ნაწილობრივ ატმოსფერული ნალექების და სხვა ჰორიზონტებიდან გადადინების ხარჯზე. ალუვიური მიწისქვეშა წყლების რეჟიმი მთლიანადაა დამოკიდებული მდინარის ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე.

მიწისქვეშა წყლების ფორმირების პირობებით, რეგიონში გავრცელებული არაღრმა ცირკულაციის წყლები ფორმირდება მეოთხეული ასაკის შეკავშირებულ გრუნტებში და ხასიათდება მაღალი წყალშემცველობით. შედგენილობის მიხედვით მეოთხეული ნალექების წყლები სულფატურ - ჰიდროკარბონატული კალციუმიან-ნატრიუმიან-მაგნიუმიანია, საერთო მინერალიზაცია მერყეობს 1.0-დან 10.0 გ/ლ-ის ფარგლებში, ხოლო თანამედროვე ნალექებში კი - 0.5-1.5 გ/ლ-ის ფარგლებში. აღნიშნულ წარმონაქმნებს ქვეშ უძევს ქვედა მიოცენის, ოლიგოცენისა და ზედა ეოცენის წყალგაუმტარი ლავუნურ-ზღვიური ნალექები, წარმოდგენილი, ძირითადად, თიხებით ქვიშნარის შუაშრეებით. საქართველოს ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების (ი. ბუაჩიძე, 1970 წ.) მიხედვით, საკვლევი ტერიტორია განლაგებულია მარნეული-გარდაბნის ფოროვანი და ნაპრალოვანი წყლების არტეზიული აუზის და თბილისის ნაპრალოვანი და ნაპრალოვან-კარსტული წყლების წყალწნვეთი სისტემის საზღვარზე. მარნეული-გარდაბნის არტეზიული აუზი, საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში, შედგება მეოთხეული ალუვიური ნალექების - კენჭნარის, კონგლომერატების, ქვიშების, ქვიშნარის, თიხნარის, აგრეთვე თანამედროვე ალუვიური წარმონაქმნების წყალშემცველი ჰორიზონტებისაგან. აღნიშნულ ნალექებთან დაკავშირებული წყაროები, ძირითადად, მცირედებიტია. მეოთხეული წარმონაქმნების დასტებში 20 მ სიღრმემდე ცირკულირებს მიწისქვეშა წყლების ნაკადები. ტერიტორიის სამხრეთით არტეზიული აუზის



ცენტრალურ ნაწილში ასევე განვითარებულია ქვედა და შუა პლიოცენის სპორადულად გაწყლიანებული ლაგუნურ-კონტინენტური ნალექები. მტკვრის ხეობის ნაპირზე თანამედროვე ალუვიური ნალექების წყალშემცველი ჰორიზონტია (კენჭნარი, კვიშაქვები).

საკვლევ ტერიტორიასთან ახლომდებარე მდ. მტკვრიდან და დროებითი ტბიდან აღებული იქნა წყლის სინჯები ქიმიური ანალიზის ჩასატარებლად. ანალიზებით ირკვევა, რომ საქმე გვაქვს მტკნარ წყლებთან ($M = 0.47 \div 0.76$ გ/ლ) შერეული შედგენილობის წყალთან, რომელშიც თითქმის ყველა ქიმიური ელემენტის იონი არის წარმოდგენილი. ანიონებიდან წამყვანი ჰიდროკარბონატ-იონია (HCO_3), კათიონებს შორის ჭარბობს კალციუმი (Ca^{2+}). შესაბამისად, კურლოვის ფორმულის მიხედვით, წყალი კლასიფიცირდება, როგორც ჰიდროკარბონატულ-სულფატური კალციუმიან-ნატრიუმიან-მაგნიუმიანი. დროებითი ტბიდან აღებული სინჯი, თუ წყლის ქიმიური შედგენილობით ვიმსჯელებთ, არ მიეკუთვნება ატმოსფერული ნალექების ან ალუვიური წარმონაქმნებისათვის დამახასიათებელ ტიპს (დანართი 1). პირველ შემთხვევაში საერთო მინერალიზაციის მაჩვენებელი დაბალი უნდა იყოს (არა უმეტეს 0.2 გ/ლ), ხოლო მეორე შემთხვევაში - არა უმეტეს 0.5 გ/ლ. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ტბის წყალი თავდაპირველად არის ალუვიური კენჭნარის და დელუვიური თიხნარის კონტაქტში ცირკულირებადი წყალი. მორფოლოგიური თავისებურებებიდან გამომდინარე, განსახილველი ტერიტორიის ფარგლებში გრუნტის წყლების დონე მაღალია, ხოლო ინტენსიური წვიმების პერიოდში, დაჭაობებული ფრაგმენტებიც წარმოიქმნება.

2. საველე-ლაბორატორიული სამუშაოები

2.1. საველე და კვლევითი სამუშაოების ჩატარების მეთოდика

კვლევები განხორციელდა საქართველოში მოქმედი სტანდარტების, ნორმატივებისა და სპეციალური დადგენილებების შესაბამისად. კვლევის მეთოდика ითვალისწინებს საველე, კამერალური და ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარებას.

წიდასაყარის ტერიტორიიდან ნიმუშების (სინჯების) აღების, მომზადების და ლაბორატორიული კვლევითი სამუშაოების შესრულებისას გამოყენებული იქნა შემდეგი სტანდარტული მეთოდები: მიკროსკოპული, რენტგენოფლოუორესცენციური, რენტგენოფაზური და ქიმიური.



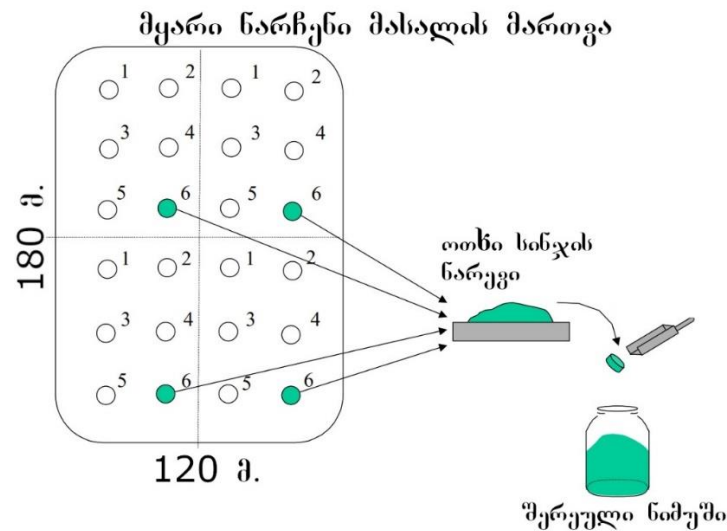
განხორციელდა მიღებული შედეგების შედარება ეროვნულ და საერთაშორისო ნორმატიულ დოკუმენტებთან:

- 2015 წლის 11 აგვისტოს საქართველოს მთავრობის №421 დადგენილება „ნაგავსაყრელის მოწყობის, ოპერირების, დახურვისა და მოვლის შესახებ“;
- 2016 წლის 28 ივლისის საქართველოს მთავრობის დადგენილება №367 „ნაგავსაყრელის მოწყობის, ოპერირების, დახურვისა და შემდგომი მოვლის შესახებ“ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“ საქართველოს მთავრობის 2015 წლის 11 აგვისტოს №421 დადგენილებაში ცვლილების შეტანის შესახებ;
- 19 December 2002 COUNCIL DECISION of establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC (2003/33/EC).

დასკვნის მომზადებისას ასევე გამოყენებულ იქნა:

- 2015 წლის 17 აგვისტოს საქართველოს მთავრობის დადგენილება №426 სახეობებისა და მახასიათებლების მიხედვით ნარჩენების ნუსხის განსაზღვრისა და კლასიფიკაციის შესახებ;
- 2016 წლის 7 მარტის საქართველოს მთავრობის დადგენილება №115 „სახეობებისა და მახასიათებლების მიხედვით ნარჩენების ნუსხის განსაზღვრისა და კლასიფიკაციის შესახებ“ საქართველოს მთავრობის 2015 წლის 17 აგვისტოს №426 დადგენილებაში ცვლილების შეტანის თაობაზე;
- EPA530-D-02-002, Solid Waste and Emergency Response (5305W). RCRA Waste Sampling Draft Technical Guidance. Planning, Implementation, and Assessment;
- Waste Analysis at Facilities that Generate, Treat, Store, and Dispose of Hazardous Wastes, EPA 530-R 12-001

წიდასაყარის ტერიტორია დაიყო 30 მეტრის სიგრძის ბადით, რის მიხედვითაც განხორციელდა ნიმუშების აღება წერტილოვანი მეთოდით, კერძოდ, ბადის სიგრძეზე ნიმუშები ავიდნენ ყოველ მეოთხე წერტილში ანუ 90 მეტრში, ხოლო სიგანეზე - ყოველ მესამე წერტილში ანუ 60 მეტრში. ბადის მიხედვით, 177 წერტილიდან (სურ. 1) მოხდა პირველადი სინჯების აღება, ხოლო ზოგიერთ მართკუთხედში აღებული 4 ნიმუში ადგილზევე გაერთიანდა ერთ ნიმუშად, როგორც ეს სქემაზეა წარმოდგენილი (სურ.11).



სურ. 11. ნიმუშების აღების სქემა

საველე სამუშაოების დროს წიდასაყარის და ქარხნის ტერიტორიაზე აღებული იქნა 153 ნიმუში.

იქ, სადაც წიდეები გროვების სახით იყო წარმოდგენილი, მოხდა სინჯის აღება სანაყაროს ძირში, ორ წერტილში, 90 მეტრის სიგრძეზე. იქ, სადაც შესაძლებელი იყო ავტომატური მიახლოება, სანაყაროს შემოვლის გზით ხორციელდებოდა სანაყაროს თავზე ასვლა და ნიმუშების აღება ორ წერტილში. ამ ოთხი ნიმუშის გაერთიანება ერთ სინჯად ხდებოდა უშუალოდ საველე სამუშაოების დროს. უსაფრთხოების მოთხოვნებიდან გამომდინარე, ნიმუშების აღება ხდებოდა იქ, სადაც იყო ამის საშუალება - სანაყაროს ძირში, შუაში და თავში, თუმცა დიდი დაქანებისა და ფხვიერი მასის გამო ცალკეული ლოკალური სანაყაროების შუაში (ფერდობზე) ნიმუშის აღება ვერ მოხერხდა.



სურ.12. ნიმუშის აღება ლოკალური სანაყაროს ძირში და თავზე



სურ. 13. ფერდობის პირში, შუაში და თავზე ნიმუშის აღება

ნარჩენების ნაყარის გროვიდან (ფერდობზე) ნიმუშების აღება მოხდა ფერდობის სიმაღლის 1/3-ზე, 2/3-ზე და ფუძიდან 0.5 მეტრზე. სინჯის ხელით აღების დროს, მასალის მარცვლის მაქსიმალური ზომიდან გამომდინარე, წერტილოვანი სინჯის მასა იყო არანაკლებ 0.1 - 5 კგ. სინჯების აღება ხდებოდა 0.2-0.4 მ-ის სიღრმიდან. დიდი ზომის (50 მმ-ზე დიდი ზომის) მასალიდან სინჯის აღება ხორციელდებოდა ჩამომტვრევით, ჩაქუჩის საშუალებით.

ამ პრინციპით გაერთიანებული და ცალკეული ნიმუშების რაოდენობამ ველზე შეადგინა 148 ნიმუში. ლაბორატორიაში მოხდა მსგავსი ნიმუშების გაერთიანება, შეწონვა. შეწონილი ნიმუშები დაიფქვა, გაშუალდა და შეკვეცილ ნიმუშებს ჩაუტარდა ქიმიური ანალიზი გამოტუტვაზე და რენტგენოფლოუორესცენციური მეთოდით კვლევა, ხოლო მცირე ნაწილში მოხდა ფილტრაციით გამონაჟონის მიღება და ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრა.



სურ.14. კვადრატული ბადით დაყოფილი წიდასაყარელის ტერიტორია
(წერტილებით აღნიშნულია ნიმუშების აღების ადგილი)

საველე სამუშაოები განხორციელდა რუსთავის ფოლადის წიდასაყარისა და საწარმოო უბნის მთელ ტერიტორიაზე წინასწარ დაგეგმილი ჭრილების შესაბამისად, დაკვირვების 150 წერტილში. დაკვირვების თითოეულ წერტილში განხორციელდა ადგილების ფოტოგრაფირება, ნიმუშების აღება ლაბორატორიული კვლევებისათვის და მათი ადგილმდებარეობის კოორდინატების დაფიქსირება.

საველე-გეოლოგიური სამუშაოები განხორციელდა GPS ნავიგატორების (GARMIN - MONTANA 680, გეოლოგიური კომპასისა და საფრენი აპარატის (FHANTOM 4 PRO) გამოყენებით.





სურ.15. ნიმუშის აღება საკვლევ ტერიტორიაზე

ბოლო წლებში მარტენის და ბრძმედის წილების ინტენსიური გადამუშავებისა და მათი ფრაქციებად დახარისხებული მასების განთავსებისათვის აუცილებელი გახდა ახალი მოედნების მოწყობა და ძველების გაფართოება.



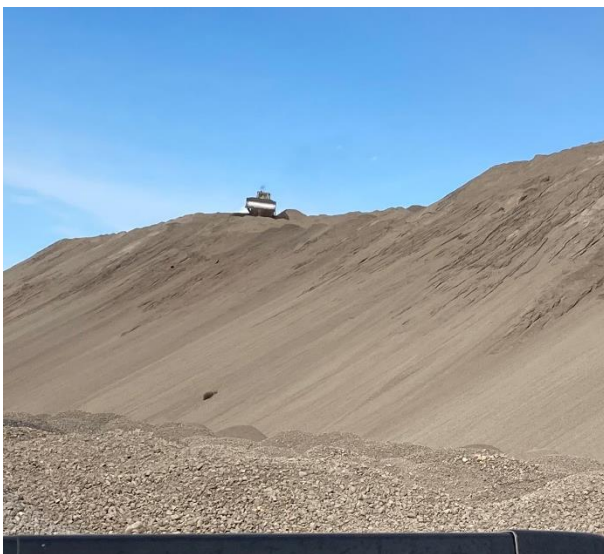
სურ. 16. სანაყაროს თავზე მოსწორებული მოედანი გადამუშავებული ნარჩენების
ახალი პორციის დასასაწყობებლად

წიდის გადამუშავებული ნედლეულის ფრაქციების შეგროვება და დასაწყობება ხორციელდება მათი შემდგომი გამოყენებისათვის.



სურ. 17. ახალი სანაყაროების მოწყობა

ახალი სანაყაროების თავზე მიმდინარეობს მოედნის მოსწორება ექსკავატორით და ფრაქციებად დახარისხებული წიდის მასალის ახალი პორციების დაყრა თვითმცლელებით. მსგავსი ნიმუშების გაერთიანების შემდეგ მარტენისა და ბრმედის გადამუშავებული მასალიდან აღებული იქნა 37 ნიმუში.



სურ. 18. სანაყაროების თავზე მოედნების მოსწორება და ახალი მასალის დაყრა

„რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული წიდეები და მათი გადამუშავების პროდუქტები ზოგჯერ არათანაბრად და არაერთგვაროვნად არის განლაგებული. დარღვეულია ფერდობის დახრის კუთხის და საფეხურის სიდიდე, რაც გამოსასწორებელია.



სურ. 19. მარტენის და ბრძმედის წიდეები

მარტენის და ბრძმედის წიდეები ხშირად ფრაგმენტულად არის შემორჩენილი შემდგომ წლებში დაყრილი წიდეების ქვეშ.

მარტენის და ბრძმედის წიდეებთან ერთად გვხვდება სხვადასხვა ტიპის ნარჩენებიც. ველზე მსგავსი ნიმუშების გაერთიანების შემდეგ მარტენის და ბრძმედის წიდეებიდან აღებული იქნა 45 ნიმუში.



სურ. 20. მარტენისა და ბრძმედის წიდებთან ერთად განთავსებული სხვა მასალები
წიდეები განლაგებულია, როგორც ჰორიზონტალურად, ასევე სხვადასხვა დახრის კუთხით.



სურ. 21. მარტენისა და ბრძმედის წიდეების განლაგება

სანაყაროზე ხშირია სხვადასხვა ფერის განსხვავებული შედგენილობის წიდეების მორიგეობა.



სურ. 22. განსხვავებული ფერის და შედგენილობის წიდეები

თბოელექტროსადგურის ნაცრის განთავსების ტერიტორია დაფარულია მრავალწლიანი მცენარეებით და ზედაპირზე გაჩენილია მცირე სიმძლავრის ჰუმუსური ფენა.



სურ. 23. ნაცრის განთავსების ტერიტორია დაფარულია მცენარეებით

თბოელექტროსადგურის ნაცრის ნიმუშის აღებისას ხორციელდებოდა ჰუმუსური ფენის მოცილება და ნიმუშის აღება 30-40 სმ სიღრმეზე. ნაცრის ნარჩენებიდან აღებულია 63 ნიმუში.



სურ. 24. ჰუმუსური ფენის მოცილება და ნაცრის ნიმუშის აღება

2.2. „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების ნივთიერი და ქიმიური შედგენილობა

„რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის და საწარმოო უბნის ტერიტორიის სიტუაციურ გეგმაზე გაკეთდა რამდენიმე ჭრილი, რომელთა გასწვრივაც ლოკალური სანაყაროების მოედნების ფერდობებიდან, ფუძიდან და ზედა მოედნიდან (თავიდან) აღებულ ნიმუშებს ჩაუტარდა კომპლექსური ლაბორატორიული კვლევა. ნიმუშების აღების ადგილმდებარეობის შესაბამისი კოორდინატები დაფიქსირებულია ორთოფოტოზე (დანართი 2).

რუსთავის წიდასაყარის მოედნები, მინისანაყაროების უბნები განთავსებულია მტკვრის ტერასის ალუვიურ ნალექებზე, რომლებიც სხვადასხვა გრანულომეტრიული სახესხვაობებით არის წარმოდგენილი: ხვინჭკა 2.0-20.0 მმ, ქვიშა 0.05-2.0 მმ, მტვერი - 0.05-0.005 მმ, თიხა <0.005 მმ. მათი საშუალო შემცველობაა: ხვინჭკა და ქვიშა - 70-75%, მტვერი და თიხა - 25-30%.

რუსთავის წიდასაყარის მოედნების, მინისანაყაროების გროვების ტერიტორიიდან აღებულ ნიმუშებს ჩაუტარდა პეტროგრაფიული, რენტგენოფაზური, რენტგენოფლოუორესცენციური, ქიმიური და ფიზიკური კვლევები.

პეტროგრაფიული კვლევა განხორციელდა პოლარიზაციული მიკროსკოპით Amscope PZ300T-5M და შესრულდა სტანდარტული სახელმძღვანელოს მიხედვით. პეტროგრაფიულ



კვლევასთან ერთად, გამოსაკვლევად წარმოდგენილი ქანის ნიმუშის შემადგენელი ცალკეული მინერალური ფაზების რაობის, რაოდენობისა და ქიმიური შედგენილობის დასადგენად ჩატარდა რენტგენოფაზური (DRON-3) ანალიზი.

რუსთავის წიდასაყარის მოედნების, მინისანაყაროების ტერიტორიის საგებში განთავსებული ალუვიური ნალექების ქანები, ძირითადად, წარმოდგენილია ვულკანოგენებით და დანალექი ქანებით (დანართი 3), რომლებიც საღი და გამოფიტული სახესხვაობებითაა მოცემული. ესენია: სხვადასხვა ზომის კვარციანი ალბიტოფირების ტუფები; კრისტალოკლასტური ტუფები; ბაზალტები, ანდეზიტები, კვარციტები, კარბონატული ქანები.

პეტროგრაფიული აღწერებით დადგინდა ალუვიური ნალექების ნიმუშების მინერალური შედგენილობა, მათი გარდაქმნის ხასიათი და მინერალების სტრუქტურულ-ტექსტურული თავისებურებები.

ნარჩენების რენტგენოფლოუორესცენციური კვლევა

რენტგენოფლოუორესცენციური ანალიზი ჩატარდა რენტგენოფლოუორესცენციური ანალიზატორით (XRF EDX 3600) ore-ს და soil-ის პროგრამებით. ნარჩენების ნიმუშების ანალიზების პარალელურად განისაზღვრა ეტალონური (სტანდარტული) ნიმუშების ქიმიური შედგენილობაც და თუ რომელიმე ელემენტის შემთხვევაში, ეტალონის ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრის შედეგებში ადგილი ჰქონდა ცდომილებას, დადგინდა შესწორების კოეფიციენტი ამ ელემენტისთვის და მოხდა მისი გათვალისწინება ელემენტის შედეგში. ასევე შედარდა ერთმანეთს ერთი და იმავე ნიმუშის და ეტალონის ore-ს და soil-ის პროგრამით მიღებული შედეგები და სახელმძღვანელო გახდა ის შედეგი, რომელიც შეესაბამებოდა სტანდარტული ნიმუშის შედეგებს. ანალიზები ჩატარდა როგორც რუსთავის ფოლადის წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების (ბრმმედისა და მარტენის წიდეები და მათი გადამუშავების პროდუქტები, თბოელექტროსადგურის ნაცარი, ფოლადსადნობი ფილტრის მტვერი) ნიმუშებს, ასევე მეორადი (მარტენის წიდის ფრაქციები, ბრმმედის წიდის პირველი და მეორე ფრაქცია) რესურსების ნიმუშებს. ამ მეთოდით გამოკვლეულია 48 ნიმუში 26 ელემენტზე, თუმცა ძირითადი აქცენტი მიმართული იყო ტოქსიკურ ელემენტებზე (დანართი 4).

რუსთავის ფოლადის წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების შემადგენელი ძირითადი ელემენტებია: რკინა, სილიციუმი, კალციუმი, მცირე შემცველობით გვხვდება მაგნიუმი, მანგანუმი, ალუმინი, კალიუმი, გოგირდი. კიდევ უფრო მცირე რაოდენობით - ქრომი, ხოლო



ტოქსიკურ და რადიაციულ მძიმე ლითონებს ნარჩენები პრაქტიკულად არ შეიცავს (კადმიუმი, კალა, სტიბიუმი, ბარიუმი, ტანტალი, ვერცხლისწყალი, თორიუმი, ურანი) ან გვხვდება უმნიშვნელო რაოდენობით (დარიშხანი, თუთია, სპილენძი, ტყვია). რენტგენოფლოუორესცენციური ანალიზის შედეგები მოცემულია დანართ 4-ში.

ბრძმედის წილებში ტოქსიკური ელემენტები ცვალებადობს შემდეგ დიაპაზონში (ქრომი - 1235-2235 ppm, კობალტი - 0 ppm, ნიკელი - 0-83 ppm, სპილენძი - 35-315 ppm, თუთია - 355-1435 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0.135 ppm, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 17-101 ppm).

მარტენის წილებში ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა ცვალებადობს შემდეგ დიაპაზონში (ქრომი - 935-1950 ppm, კობალტი - 0, ნიკელი - 0-67 ppm, სპილენძი - 55-425 ppm, თუთია - 235-1541 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0-235 ppm, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 23-78 ppm).

ბრძმედისა და მარტენის წილების გადამუშავების მასალებში ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა ცვალებადობს შემდეგ დიაპაზონში (ქრომი - 2211-3143 ppm, კობალტი - 0, ნიკელი - 0-67 ppm, სპილენძი - 61-248 ppm, თუთია - 456-1245 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0-26 ppm, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 34-89 ppm).

თბოელექტროსადგურის ნაცარში ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა ცვალებადობს შემდეგ დიაპაზონში (ქრომი - 73-142 ppm, კობალტი - 0-124 ppm, ნიკელი - 84-112 ppm, სპილენძი - 73-232 ppm, თუთია - 765-1234 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 8 ppm, ტყვია - 0-26 ppm).

ფოლადსადნობი ფილტრის მტვერში ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა ცვალებადობს შემდეგ დიაპაზონში (ქრომი - 1115-2070 ppm, კობალტი - 550 ppm, ნიკელი - 12-22 ppm, სპილენძი - 450-790 ppm, თუთია - 59 870-123 969 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 8-335 ppm, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 315 ppm, ტყვია - 1851-2412 ppm).

მიუხედავად იმისა, რომ ნარჩენების და მეორადი რესურსების ნიმუშებში რენტგენოფლოუორესცენციური ანალიზის მონაცემების მიხედვით, ტოქსიკური ლითონების შემცველობა ნორმის ფარგლებშია, გამონაჟონის რამდენიმე ნიმუშში მაინც განვსაზღვრეთ ტოქსიკური კომპონენტების შემცველობა.



ნარჩენების გამონატუტის და გამონაჟონის კვლევა

გამოვიკვლიეთ მარტენისა და ბრძმედის წიდეების, მათი გადამუშავებით მიღებული ფრაქციული მასების, ნაცრის, წარმოების პროცესში წარმოქმნილი მტვრის 22 ნიმუშის გამონატუტი (დანართი 5).

ანალიზის მიზანს წარმოადგენს დასინჯულ ნარჩენებში წყალში ხსნადი მარილების შემცველობის რაოდენობრივი მაჩვენებლების დადგენა და, აქედან გამომდინარე, ნარჩენების გარემოზე აგრესიული ზემოქმედების შეფასება. დასახული ამოცანის გადასაჭრელად გრუნტის ნიმუშებიდან, სტანდარტული მეთოდიკის შესაბამისად, მომზადდა გამონატუტები. აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთი ნიმუშიდან, რომელიც წვრილდისპერსიული ქვიშური მასით არის წარმოდგენილი, და სავარაუდოდ, ორგანიკას შეიცავს, გამჭვირვალე ფილტრატის მიღება გართულებულია და მრავალგზის განმეორებით პროცედურას საჭიროებს.

ანალიზის შედეგები, როგორც ცალკეული ნიმუშებისათვის, ასევე კრებსითი ცხრილის სახით, თან ერთვის წინამდებარე ანგარიშს (დანართი 5).

გამონატუტების საერთო მინერალიზაციის მაჩვენებელი (M , გ/ლ) 0.15-დან 0.47 გ/ლ-მდე იცვლება. აღსანიშნავია, ნიმუშებში №№19, 22, 29, 32, 37, 98, 99 კარბონატ-იონის არსებობა, რაც კარბონატების მომატებული შემცველობით არის გამოწვეული. გამონატუტების რეაქცია (წყალბადიონების კონცენტრაცია) უმეტესად ტუტეა და მხოლოდ ცალკეულ შემთხვევაში აღინიშნება უმნიშვნელო გადახრა ნეიტრალურისკენ.

აზოტის ნაერთების (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) განსაზღვრის შედეგებიდან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ განსახილველი გრუნტების აზოტის ნაერთებით დაბინძურების დონე ანომალიურად მაღალია.

გამონატუტების ქიმიური ანალიზების უმრავლესობაში წამყვან ანიონად სულფატ-იონი (SO_4^{2-}) გვევლინება. ცალკეულ შემთხვევებში ეს კანონზომიერება ირღვევა და პირველ პოზიციაზე ჰიდროკარბონატ-იონი (HCO_3^-) გამოდის. კათიონურ შედგენილობაში, უმეტესად, სამივე კათიონია ($(Na + K)^+$, Ca^{2+} , Mg^{2+}) წარმოდგენილი. თუმცა გამონატუტების უმრავლესობაში დომინანტი კათიონი ნატრიუმია, რამდენიმე სინჯში კი მის ადგილს კალციუმი ან მაგნიუმი იკავებს. ზოგადად, როცა განსახილველი გამონატუტების ქიმიურ შედგენილობას ვეხებით, უნდა აღინიშნოს, რომ მათი დიდი უმრავლესობა სულფატურ-ნატრიუმიანი ტიპისაა და მხოლოდ ცალკეულ სინჯებში აღინიშნება ამ საერთო



კანონზომიერებიდან უმნიშვნელო გადახრა. ცხადია, კანონზომიერებას სათანადო ახსნა აქვს, რადგანაც სხვადასხვა დროს სხვადასხვა ნარჩენები იყრებოდა.

რაც შეეხება სულფატების შემცველობით გამოწვეულ აგრესიულობას, ის თავსდება „სუსტის“ ან „ძლიერის“ კატეგორიაში. თუმცა შეიმჩნევა ისეთი ნიმუშებიც, რომლებსაც სულფატური აგრესიულობა არ ახასიათებს.

ცნობილია, რომ ატმოსფერული ნალექები სანაყაროებიდან გამოტუტავს წყალში ხსნად კომპონენტებს და აბინძურებს გრუნტის წყლებს. ეს პროცესი დამოკიდებულია წიდის ჰიდრაულიკურ აქტიურობაზე. აღსანიშნავია, რომ გამოკვლეული ნიმუშების PH (წყალბადიონების კონცენტრაცია), ძირითადად, – 7.30-8.12 ფარგლებშია, ნეიტრალურთან ახლოსაა და არ ქმნის საშიშროებას, თუმცა ზოგიერთი წიდის წყლით გამონაწური ტუტე რეაქციას (PH 8.71-10.51) იძლევა. მიუხედავად იმისა, რომ მარტენისა და ბრძმედის წიდეები, მათი გადამუშავებით მიღებული ფრაქციული მასები, ნაცარი, წარმოების პროცესში წარმოქმნილი მტვერი ტოქსიკურ ქიმიურ ელემენტებს არ შეიცავს ან ნორმის ფარგლებშია, რენტგენოფლოუროსცენციური ანალიზით მაინც გამოვიკვლიეთ გამონაჟონის 6 ნიმუში. გამონაჟონში (ამოღორთქლების შემდეგ დარჩენილი მყარი ფაზა) ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა უმნიშვნელო ოდენობისაა და საფრთხეს არ უქმნის ზედაპირული ან მიწისქვეშა წყლების ხარისხს (დანართი 6).

შევისწავლეთ ბრძმედის წიდის გამონაჟონის (ნიმუში №262) ქრომი - 0.1 ppm, კობალტი - 0, ნიკელი - 0.08 ppm, სპილენძი - 0.15 ppm, თუთია - 0.38 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 0.010 ppm.

მარტენის წიდეების გამონაჟონში (ნიმუში №257) ქრომი - 0.2 ppm, კობალტი - 0, ნიკელი - 0.08 ppm, სპილენძი - 0.17 ppm, თუთია - 0.3 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 0.014 ppm.

ბრძმედის წიდეების ფრაქციის (0-10 მმ) გამონაჟონში (ნიმუში №37) ქრომი - 0.3 ppm, კობალტი - 0, ნიკელი - 0.03 ppm, სპილენძი - 0.15 ppm, თუთია - 1.0 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 0.012 ppm.

მარტენის წიდეების ფრაქციის (10-60 მმ) გამონაჟონში (ნიმუში №271) ქრომი - 0.2 ppm, კობალტი - 0 ppm, ნიკელი - 0.01 ppm, სპილენძი - 0.1 ppm, თუთია - 0.54 ppm, მოლიბდენი - 0,

სელენი - 0, დარიშხანი - 0.01 ppm, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 0.

თბოელექტროსადგურის ნაცრის გამონაჟონში (ნიმუში №70) ქრომი - 0.2 ppm, კობალტი - 0, ნიკელი - 0, სპილენძი - 0.2 ppm, თუთია - 1.1 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 0.014 ppm.

ფოლადსადნობი ფილტრის მტვრის გამონაჟონში (ნიმუში №277) ქრომი - 0.15 ppm, კობალტი - 0, ნიკელი - 0, სპილენძი - 0, თუთია - 14.0 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 15.0 ppm.

ნარჩენების რენტგენოგრაფიული კვლევა

რენტგენოგრაფიული ანალიზის რენტგენოგრამებზე თვალნათლივ ჩანს, თუ რა ცვლილებები განხორციელდა ლოგის პროცესის შედეგად, რომელი მინერალები შენარჩუნდა, რომელი გარდაიქმნა და რომელი მინერალები ჩამოყალიბდა ამ მეორადი პროცესის მიმდინარეობისას. რენტგენოგრამების გაშიფვრით დადგინდა, რომ გაჩენილია რკინის დისპერსიული რენტგენომორფული ფაზა. წილების შემადგენელი ნივთიერებების უმეტესობა წყალში უხსნადი ფორმითაა წარმოდგენილი (დანართი 7).

γ-გამოსხივების რადიაციული ფონი

„რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარისა და საწარმოო უბნის მთელ ტერიტორიაზე განისაზღვრა γ - გამოსხივების რადიაციული ფონი, რომელიც არ აღემატება 12 მკრ/სთ, რაც ნორმის ფარგლებშია. უფრო ზუსტად, ატმოსფერულ ჰაერში γ-გამოსხივების ექსპოზიციური დოზის დასაშვები ზღვარი (მკრ/სთ) ნორმის ფარგლებშია.





სურ.25. γ - გამოსხივების რადიაციული ფონის გასაზღვრა

ჰაერში მტვრის ნაწილაკების შემცველობის დადგენა

რუსთავის ფოლადის საწარმოო უბნის, „დევი 1-ის“, მიმდებარე ტერიტორიაზე ჰაერის ხარისხის შესაფასებლად აღებულია ჰაერში მტვრის სამი ნიმუში. ჰაერის ნიმუშები აღებული იქნა გარემოს ეროვნული სააგენტოს თანამშრომლის მიერ და ანალიზი ჩატარდა ამავე სააგენტოს „ატმოსფერული ჰაერის, წყლისა და ნიადაგის ლაბორატორიაში“, საერთაშორისო მოთხოვნების სრული დაცვით. ნიმუშების აღება მოგვიხდა მშვიდ, უქარო ამინდში, როდესაც ტრანსპორტის მოძრაობას ადგილი არ ჰქონდა. მტვრის შემცველობა პირველ წერტილზე (ნიმუში №52) შეადგენს - 1.26 მგ/მ^3 ; მეორე წერტილზე (ნიმუში №53) – 0.71 მგ/მ^3 , ხოლო მესამე წერტილზე (ნიმუში №54) – 0.54 მგ/მ^3 . მართალია, ანალიზების მიხედვით ჰაერში მტვრის შემცველობა დასაშვებ ნორმას დიდად არ აჭარბებს (დანართი 8), თუმცა რეალობა უფრო რთულია და სამსხვრევ-დამახარისხებელი კვანძისა და ტრანსპორტის ინტენსიური მოძრაობის და ქარის პირობებში იქმნება საშიში ბუდი, რაც პირველ რიგში, სახიფათოა იქ მომუშავე პერსონალისთვის.

„რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის ტერიტორიაზე წილის მონგრევის პროცესში და ჰაერში ბუდის არსებობის შემთხვევაში ზოგჯერ შეიძლება შეიმჩნეოდეს სპეციფიკური სუნი, რომელიც, როგორც წესი, არ არის მძაფრი და მედეგი.

„რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარის ტერიტორიაზე ყველაზე მტკერწარმომქმნელ წყაროს წარმოადგენს „წიდასა და ჯართის გადამამუშავებელი საამქრო“ წიდას მსხვერვის პროცესის და ტრანსპორტის ინტენსიური მოძრაობის გამო, რის მეტ-ნაკლებად აღმოსაფხვრელადაც მიზანშეწონილია მსხვერვის პროცესში ტერიტორიის სავალი ნაწილის წყლით დანამვა და დამსხვრეული მასალით დატვირთული ავტომანქანების მარის გადახურვა სპეციალური საფარით.



სურ. 26. ჰაერში მტკერის ნაწილაკების განსაზღვრა

ჰაერში მტკერის შემცველობის ანალიზის შედეგები შედარდება შპს „რუსთავის ფოლადის“ საწარმოს მიერ ჩატარებულ გაზომვებს.





სურ. 27. წიდის მსხვრევისა და ტრანსპორტის მოძრაობით წარმოქმნილი მტვრის ბული

ზედაპირული მტვრის ნიმუშები აღებულია „წიდისა და ჯართის გადამამუშავებელი საამქროს“ მიმდებარე ტერიტორიაზე. მათ ჩაუტარდა ქიმიური ანალიზი რენტგენოფლოუორესცენციური სპექტრომეტრით. რენტგენოფაზური ანალიზით დადგინდა შემადგენელი ნივთიერების რაობა, განისაზღვრა გამონატუტის ქიმიური შედგენილობა და წყალბადიონების შემცველობა (pH). მტვრის შემადგენელი ძირითადი ქიმიური ელემენტებია: რკინა, კალციუმი, სილიციუმი, ხოლო ნივთიერება წარმოდგენილია ჰემატიტის, კალციტის, კვარცის, ამორფული ფაზებით. PH – 8.12 ნეიტრალურთან ახლოსაა.

ზედაპირულ მტვერში ტოქსიკური ელემენტების შემცველობა ცვალებადობს შემდეგ დიაპაზონში (ქრომი - 1723-2294 ppm, კობალტი - 0, ნიკელი - 35-119 ppm, სპილენძი - 50-86 ppm, თუთია - 76-1086 ppm, მოლიბდენი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0-14, კადმიუმი - 0, ბარიუმი - 0, ვერცხლისწყალი - 0, სტიბიუმი - 0, ტყვია - 21-35 ppm).

წიდების შემადგენელი ნივთიერებების და მინერალების კვლევის შედეგები მოცემულია დანართ 4-ში.

ფილტრების მტვერი

შპს „რუსთავის ფოლადის“ ფოლადსადნობი საამქროს ღუმელზე დამონტაჟებულია სახელოებიანი ფილტრები, სადაც ხორციელდება ასპირაციული მტვრის დაჭერა და შეგროვება სპეციალურ ბუნკერებში.



სურ. 28. ფოლადსადნობი ღუმელის სახელოებიანი ფილტრების ასპირაციული მტვრი

ფოლადსადნობი ღუმელის სახელოებიანი ფილტრების ასპირაციული მტვრის ნიმუშებს ჩაუტარდა კომპლექსური ლაბორატორიული კვლევა. წარმოდგენილი ნიმუშის №278 დიფრაქტოგრამაზე ნათლად ჩანს მაგნეტიტის (Fe_3O_4) და ცინკიტის (ZnO) კრისტალური ფაზები.

გამოკვლეული ფილტრის ნარჩენები - ფოლადსადნობი ღუმელის სახელოებიანი ფილტრების ასპირაციული მტვერი, რომლებიც შავი მეტალურგიისა და ფოლადსამსხმელო პროცესში ფილტრებში დაჭერილი მასაა, ძირითადად, წარმოადგენს წყალში უხსნად ქანგეულებს, სადაც უმთავრესი ტოქსიკური მძიმე ლითონების (კადმიუმი - 0, სელენი - 0, დარიშხანი - 0, ვერცხლისწყალი - 0 ppm, რუბიდიუმი - 41 ppm, ნიკელი - 22 ppm, სტრონციუმი - 22 ppm) შემცველობა უმნიშვნელოა ან არ ფიქსირდება. ქრომი - 1115-2070 ppm, სპილენძი - 450-790 ppm, ბარიუმი - 0-450 ppm მცირე ოდენობით ფიქსირდება, რკინა, ტყვია და თუთია გვხვდება წყალში უხსნადი ქანგეულების სახით.

ფოლადსადნობი ღუმელის სახელოებიანი ფილტრების აირმტვერდამჭერ მოწყობილობაში დაგროვილი ნარჩენი კლასიფიცირდება როგორც არასახიფათო და მათი მართვა ხდება როგორც არასახიფათო ნარჩენის. აირმტვერდამჭერ მოწყობილობაში დაჭერილი მტვერი შეიცავს გარკვეული რაოდენობის რკინას, თუთიას და შესაძლებელია მოხდეს მისი გარკვეულ ზომებად დაბრიკეტება და ტექნოლოგიურ ციკლში დაბრუნება ან განთავსება საწარმოს საკუთრებაში არსებულ წიდასაყარზე და შემდგომში სამშენებლო მასალების წარმოებაში გამოყენება.

3. „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების გადამამუშავების ტექნოლოგია

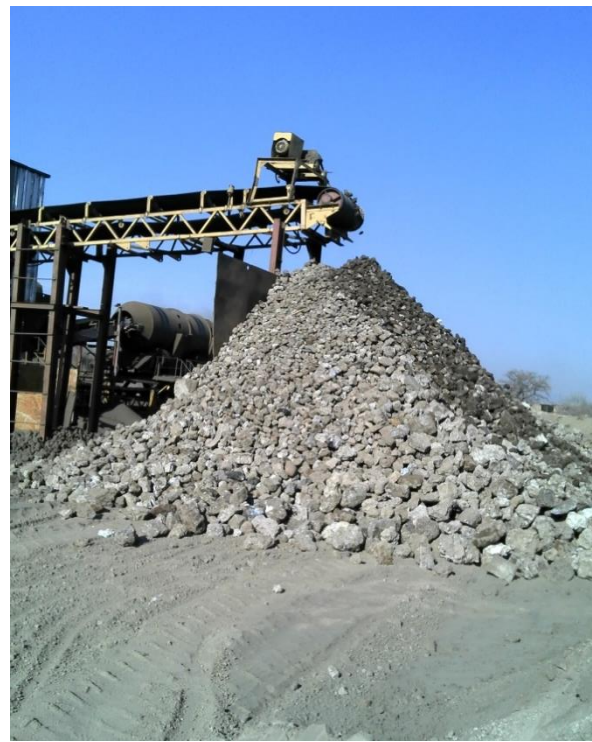
3.1. წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების გადამამუშავებელი საამქრო

შპს „რუსთავის ფოლადის“ წიდასაყარი განთავსებულია ქ. რუსთავის სამრეწველო ზონაში, მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე. რუსთავის საწარმოს შიდა სტრუქტურული დაყოფის მიხედვით, ქ. რუსთავში არსებულ წიდასაყარზე განთავსებულ საამქროს ეწოდება „წილისა და ჯართის გადამამუშავებელი საამქრო“ და წარმოადგენს შპს „რუსთავის ფოლადის“ ერთ-ერთ სტრუქტურულ ერთეულს.



სურ.29. წილისა და ჯართის გადამამუშავებელი საამქრო

ამჟამად შპს „რუსთავის ფოლადი“ წიდასაყარის ტერიტორიაზე ახორციელებს აქ წლების განმავლობაში განთავსებული სამშენებლო ნარჩენების, ფოლადის და თუჯის ჯართის, ასევე ფოლადის და თუჯის შემცველი წილების დაქუცმაცებას და შესაბამის ფრაქციებად დახარისხებას.



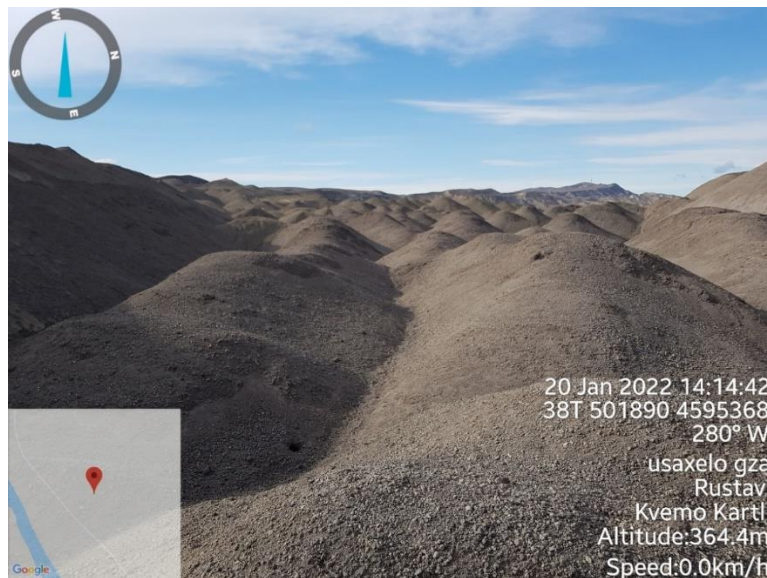
სურ.30. წილების დაქუცმაცება და შესაბამის ფრაქციებად დახარისხება

წილისა და ჯართის გადამამუშავებელი საამქროს მარტენისა და ბრძმედის წილის მაგნიტური სეპარაციის გზით გამოყოფილი ლითონური და არალითონური მასები იყოფა ცალ-ცალკე (დიფერენცირება), მაგნიტური ნაწილი გადაიტანება ქარხანაში ლითონის ხელახალი წარმოებისათვის.



სურ.31. მარტენისა და ბრძმედის წილის მაგნიტური მასალა

არამაგნიტური მასალა საწყობდება ახალ მინისანაყაროებზე (გროვებზე) სამშენებლო მიზნით გამოსაყენებლად.



სურ. 32. არამაგნიტური მასალა სამშენებლო მიზნით გამოსაყენებლად

წიდასაყარის ტერიტორიაზე (კარიერი) ექსკავატორით ხორციელდება ძველი წიდეების მონგრევა, საიდანაც ლითონური ჯართი პირდაპირ გადააქვთ მარტენში, ხოლო უმეტესი ნაწილი 40 ტონიანი თვითმცლელელებით გადააქვთ საწარმოო უბნის სამსხვრეველებზე. აქ ხორციელდება მათი დამსხვრევა ფრაქციებად (სადაც 80% არ აღემატება 12.5 მმ-ს) და გადატანა ახალი მინისანაყაროების (წიდის გროვები) მოედნებზე.



სურ.33. ძველი წიდასაყარის მასის მონგრევა და გადატანა სამსხვრეველაზე



სურ.34. ლითონური ჯართის ცალკე დახარისხება

წილისა და ჯართის გადამამუშავებელ საამქროში, მარტენისა და ბრძმედის წილის დამუშავება მიმდინარეობს მექანიკური დამუშავების და მაგნიტური სეპარაციის გზით.

ბრძმედისა და მარტენის წილის გადამამუშავების მიზნით, საამქროს ტერიტორიაზე ფუნქციონირებს სამი ტექნოლოგიური ხაზი: „დევი-1“; „დევი -2“ და „დევი-3“. „დევი-1“-ის ტიპის ნედლეულის გადამამუშავებელი დანადგარი შედგება ნედლეულის ჩასატვირთი ძაბრისებრი ხვიმირასგან, მსხვრევანა მექანიზმისგან, დოლურასგან და გადამამუშავებული ნედლეულის გადამტანი ლენტური ხაზების, მაგნიტური სეპარაციის და დოლური ცხურებისგან, სადაც ხდება სხვადასხვა ზომის ფრაქციების დაყოფა. წილის ნედლეულის „დევი-1“-ზე გადამამუშავებით მიიღება: 0-8 მმ; 8-16 მმ; 16-300 მმ და 300+ მმ მაგნიტური ფრაქციები.





სურ.35. დევი 1. ბრძმედისა და მარტენის წიდების გადამუშავება

დევი 2-ზე ხორციელდება დიდი ზომის წიდების დამსხვრევა და მაგნიტური მასალის გამოყოფა ელექტრომაგნიტით.



სურ.36. დევი 2. დიდი ზომის წიდების დამსხვრევა და მაგნიტური მასის გამოყოფა

აღნიშნული ჯართი აქტიურად გამოიყენება ფოლადის დნობაში. წიდის დამუშავების შედეგად წიდიდან ამოღებული ჯართი დამუშავების გარეშე იგზავნება შპს „რუსთავის ფოლადის“ მეტალურგიულ საწარმოში. ბრძმედის პირველი ხარისხის წიდას იყენებენ

სამშენებლო მასალების დასამზადებლად, კლინკერის წარმოებაში და ასევე, მშენებლობის პროცესში სხვადასხვა დანიშნულებით, ხოლო მეორე ხარისხის, გრანულირებული წიდა გამოიყენება ცემენტის წარმოებაში.

საამქროში, მარტენისა და ბრმედის პროცესით წარმოებული ლითონშემცველი ნედლეულის გადამუშავების შედეგად მიღებული წიდის ფრაქციების შეგროვება და დასაწყობება ხდება ცალ-ცალკე, სპეციალურად მათთვის გამოყოფილ ადგილებში (ღია მოედნებზე).

დანადგარზე ასევე ხდება არამაგნიტური ფრაქციის გამოყოფა ზომებით 0-16 მმ, 16-60 მმ, 60-300 მმ, რომლებიც გამოიყენება საამშენებლო მიზნებისთვის. „დევი-1“-ზე მიღებული ნედლეულის ნაწილი დამატებით დაქუცმაცებას და ფრაქციებად დაყოფას გადის „დევი -2“ და „დევი-3“ დანადგარებზე.

გადამუშავების შემდეგ წიდიდან გამოყოფილი ლითონური მასები ანუ ჯართი, რომელთა შემადგენლობაშიც რკინის შემცველობა ხშირად 90%-მდეა, გამოიყენება რკინის ნედლეულად.





სურ. 37. სამსხვრევ-დამხარისხებელი კვანძი

წიდასა და სამშენებლო ნარჩენების გადამუშავებით მიღებული არამეტალური ფრაქციების განთავსება ხორციელდება სანაყაროებზე სამშენებლო მასალების წარმოებისათვის.



სურ. 38. სამშენებლო პროდუქტების წარმოებისათვის მომზადებული

ფრაქციებად დახარისხებული მასალა

სამშენებლო საქმისათვის გამოსაყენებელი ფრაქციებად დახარისხებული წილის ნაყარი გამზადებულია საბეტონე დანამატად, ბლოკის წარმოებისათვის და გზის საფარის მოსაწყობად. წიდასაყარის ტერიტორიაზე დაგეგმილია სხვადასხვა ტიპის ნარჩენების გადამამუშავებელი უბანის და მათი განსათავსებელი მოედნის მოწყობა. საპროექტო მოედანზე ამჟამად მონგრეულია მარტენისა და ბრძმედის წილების უდიდესი რაოდენობა, ზედაპირი დასულია მტკვრის ტერასის ალუვიურ ნალექებზე, რომელზეც დაყრილია დაქუცმაცებული წილის მასა და მიმდინარეობს მისი მოსწორება.



სურ.39. სხვადასხვა ტიპის ნარჩენების გადამამუშავებელი საწარმოო უბანის მოწყობა

ნარჩენების განსათავსებელ მოედანზე არასახიფათო ნარჩენების განთავსების შემთხვევაში აუცილებელია მოედნის მოწყობა საქართველოს მთავრობის დადგენილების №421 (2015 წლის 11 აგვისტოს დადგენილება) „ნაგავსაყრელის მოწყობის, ოპერირების, დახურვისა და მოვლის შესახებ“ მოთხოვნების დაცვით.

4. წიდასაყარის ნარჩენების კლასიფიცირება და მათთვის კოდის მინიჭება

საქართველოს მთავრობის დადგენილების №426 „სახეობებისა და მახასიათებლების მიხედვით ნარჩენების ნუსხის განსაზღვრისა და კლასიფიკაციის შესახებ“, საველე სამუშაოებისა და კომპლექსური ლაბორატორიული კვლევების, განსაკუთრებით, ტოქსიკური ელემენტების, გამონატუტის ქიმიური შედგენილობისა და წყალბადიონების შემცველობის (PH) შესაბამისად, შპს „რუსთავის ფოლადის“ საწარმოს საქმიანობის შედეგად წარმოქმნილი წიდასაყარის ნარჩენები, რომლებიც განთავსებულია რუსთავის ფოლადის წიდასაყარზე მიეკუთვნება:



ბრძმედისა და მარტენის წიდეები. 10.02 - ნარჩენები შავი მეტალურგიისა და ფოლადსახმელი ინდრუსტრიიდან, 10 02 02 გადამუშავებული წიდა;

ბრძმედისა და მარტენის წიდის გადამუშავების მასალები - 10 02 01 გადამუშავებული წიდა;

ბრძმედისა და მარტენის ქურის აგურები და სხვა სამშენებლო მასალები - 17 01 07 ცემენტის, აგურების, ფილებისა და კერამიკის ცალკეული და შერეული ნაწილები;

თბოელექტროსადგურის ნაცრები - ნარჩენები ელექტროსადგურებიდან და ნარჩენები გადამამუშავებული საწარმოებიდან, 10 01 01 მძიმე ნაცარი, წიდა და ბოილერის მტვერი; ფოლადსადნობის ფილტრების მტვერი - 10 02 15 სხვა წიდეები და ფილტრის ნაღეკები.

საქართველოს მთავრობის დადგენილების №421 (2015 წლის 11 აგვისტოს დადგენილება) „ნაგავსაყრელის მოწყობის, ოპერირების, დახურვისა და მოვლის შესახებ“ ტოქსიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე და ასევე ევროკავშირის დირექტივის Directive 1999/31/EC (2003/33/EC) გათვალისწინებით, რუსთავის ფოლადის წიდასაყარზე არსებული ნარჩენების (ბრძმედისა და მარტენის წიდეები და მათი გადამუშავების პროდუქტები, თბოელექტროსადგურის ნაცარი, ფოლადსადნობი ფილტრის მტვერი, ასევე მეორადი (მარტენის წიდის ფრაქციები, ბრძმედის წიდის პირველი და მეორე ფრაქცია) რესურსები და მათ გამონაჟონში ტოქსიკური კომპონენტების შემცველობა ზღვრულ ნორმებშია, აქედან გამომდინარე, გამოკვლეული წიდეები არასახიფათო ნარჩენებს მიეკუთვნება. შესაბამისად, მათი განთავსება შესაძლებელია სპეციალურ არასახიფათო ნარჩენების ნაგავსაყარელზე და არ ექნება გარემოზე, განსაკუთრებით ზედაპირულ წყლებზე, მიწისქვეშა წყლებზე, ნიადაგზე, ატმოსფერულ ჰაერზე და შესაბამისად, ადამიანის ჯანმრთელობაზე უარყოფითი ზეგავლენა.

ბაზელის კონვენციის (სახიფათო ნარჩენების ტრანსსასაზღვრო გადაზიდვასა და მათ განთავსებაზე კონტროლის შესახებ) მიხედვით წიდასაყრელის ნარჩენები (ბრძმედისა და მარტენის წიდეები) მიეკუთვნება B1010, B1020 კოდს.

5. „რუსთავის ფოლადის“ ნარჩენების რესურსული პოტენციალის შესწავლა და მათი გამოყენების შესაძლებლობა

შპს „რუსთავის ფოლადის“ საწარმოების ფუნქციონირების 70 წელზე მეტი ხნის განმავლობაში საწარმოს ტერიტორიაზე, სანაყაროებსა და უბნებზე დაგროვილია მეტალურგიული პროცესის გადამუშავების ნარჩენების საკმაოდ დიდი რაოდენობა.



მარაგების მასშტაბებიდან გამომდინარე, ისინი განიხილება, როგორც დაბინძურების თვალსაზრისით გარემოსათვის შესაძლო საფრთხის შემცველი. ატმოსფერული ნალექების ზემოქმედებით მიმდინარეობს ნარჩენების ბუნებრივი ნაწილობრივი გამოტუტვა. ამასთან, ნარჩენების განთავსება ხდება მიწის დიდ ფართობებზე, რაც თავისთავად სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების შემცირებას იწვევს. ტექნოგენური ნედლეულის ექსპლუატაციაში ჩართვით შესაძლებელი ხდება ბუნებაში არაგანახლებადი მინერალური ნედლეულის დაზოგვა და იმავდროულად გარემოზე ანთროპოგენური დატვირთვის შემცირება. აქედან გამომდინარე, ნარჩენების გადამუშავება და მათი გამოყენება ორმაგი ეფექტის მატარებელია. ერთი მხრივ, მიიღება დამატებითი სასაქონლო პროდუქცია, ხოლო მეორე მხრივ, შესაძლებელი ხდება სასარგებლო მიწის ფართობების გამოთავისუფლება და სამრეწველო რეგიონში ეკოლოგიური პრობლემის მოგვარება. ამრიგად, ნარჩენების გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა ექნება არა მარტო ეკონომიკური, არამედ ეკოლოგიური თვალსაზრისითაც. მოედნებზე მილიონობით ტონა ნარჩენია განთავსებული.

წინა წლებში ჩატარებული კვლევებით დადგენილია, რომ მარტენის წიდეების გამოყენება შესაძლებელია გზების საფარის მოსაწყობად (მშენებლობაში), აგურისა და უჯრედული ბეტონის (დანამატის, შემავსებლის სახით) მისაღებად. თუმცა ჩვენ მიერ ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ ნარჩენების გამოყენება ასევე შესაძლებელია ბეტონის (დანამატის, შემავსებლის სახით) საწარმოებლად, კერძოდ, გზის დამცავი ჯებირების, გვირაბების შიდა კედლებისთვის.

მარტენისა და ბრძმედის წიდეებისგან მაგნიტური სეპარაციის გზით გამოყოფილი ლითონური მასალა აქტიურად გამოიყენება ფოლადის დნობაში.

ბრძმედის წიდეების გადამუშავებით მიღებულ ფრაქციებს იყენებენ სამშენებლო ბლოკების დასამზადებლად.

ჩატარებული კვლევებით განსაზღვრულია, რომ ნარჩენებს აქვს მეორადი პოტენციალი.

დასკვნები და რეკომენდაციები

1. მარტენისა და ბრძმედის წიდეები, მათი გადამუშავებით მიღებული ფრაქციული მასები, ნაცარი, წარმოების პროცესში წარმოქმნილი მტვერი ტოქსიკურ ქიმიურ ელემენტებს არ შეიცავს ან ნორმის ფარგლებშია;
2. მარტენისა და ბრძმედის წიდეების, მათი გადამუშავებით მიღებული ფრაქციული მასების, ნაცრის, წარმოების პროცესში წარმოქმნილი მტვრის 22 ნიმუშის გამონატუტის გამოკვლევის



- საფუძველზე დადგინდა, რომ ნაწილი ნეიტრალურთან ახლოსაა PH (წყალბადიონების კონცენტრაცია) – 7.30-8.12, ზოგიერთი კი ტუტე რეაქციას იძლევა - 8.71-10.51;
3. ფოლადსაღნობი ღუმელის სახელოიანი ფილტრების აირმტვერდამჭერ მოწყობილობაში დაგროვილი ნარჩენი კლასიფიცირდება როგორც არასახიფათო და მათი მართვა მოხდება როგორც არასახიფათო ნარჩენის, მათი ქიმიური და ნივთიერი შედგენილობა უვნებელია გარემო პირობების მიმართ, შესაბამისად, შესაძლებელია მტვერის განთავსება სანაყაროზე;
 4. ბრძმედისა და მარტენის წიდეები კლასიფიცირდება როგორც გადაუმუშავებელი წიდა -10 02 02 ნარჩენები შავი მეტალურგიისა და ფოლადსახმელი ინდუსტრიიდან;
 5. ბრძმედისა და მარტენის წიდის გადამუშავების მასალები კლასიფიცირდება როგორც გადამუშავებული წიდა - 10 02 01 ნარჩენები შავი მეტალურგიისა და ფოლადსახმელი ინდუსტრიიდან;
 6. ბრძმედისა და მარტენის ქურის აგურები და სხვა სამშენებლო მასალები კლასიფიცირდება როგორც - 17 01 07 ცემენტის, აგურების, ფილებისა და კერამიკის ცალკეული და შერეული ნაწილები;
 7. თბოელექტროსადგურის ნაცრები კლასიფიცირდება როგორც ნარჩენები ელექტროსადგურებიდან და ნარჩენები გადამამუშავებელი საწარმოებიდან - 10 01 01 მძიმე ნაცარი, წიდა და ბოილერის მტვერი;
 8. ფოლადსაღნობის ფილტრების მტვერი კლასიფიცირდება როგორც სხვა წიდეები და ფილტრის ნალექები - 10 02 15;
 9. ნარჩენების გადამამუშავებული მასალების გამოყენება შესაძლებელია ბეტონის (დანამატის, შემავსებლის სახით) საწარმოებლად, გზის დამცავი ჯებირების დასამზადებლად, გვირაბების შიდა კედლებისათვის.
 10. მიზანშეწონილია მსხვრევის პროცესის არეალის და მიმდებარე ტერიტორიის წყლით დანამვის ღონისძიება;
 11. ტექნიკის მოძრაობით გამოწვეული დამტვერიანების მინიმალიზაციისათვის რეკომენდებულია მიმდებარე ტერიტორიის წყლით ან სხვა არატოქსიკური ქიმიკატებით დასველება;
 12. მიზანშეწონილია არაასფალტირებულ გზებზე სატრანსპორტო საშუალებების მოძრაობის სიჩქარის შეზღუდვა 20 კმ/სთ-მდე;
 13. სასურველია ყველა ტრანსპორტის გადახურვა ტვირთით დამტვერიანების თავიდან ასაცილებლად;



14. წილის მონგრევის პროცესში და ჰაერში ბულის არსებობის შემთხვევაში ზოგჯერ შეიძლება შეიმჩნეოდეს სპეციფიკური სუნი, რაც, როგორც წესი, არ იქნება მძაფრი და მედეგი;
15. მიზანშეწონილია მომზადდეს წიდასაყარის ტერიტორიის ტოპოგრაფიული გეგმა (1:1000 ან 1:2000 მასშტაბის), რომელზეც შესაძლებელი იქნება ატმოსფერული ნალექების მიერ სანაყაროს გროვებიდან გამონატუტი ხსნარების განტვირთვისთვის მოსაწყობი სანიაღვრე არხების ქსელის დატანა.

ლიტერატურა

1. ი. ვაშაკიძე. ბოლნისის რაიონის გეოლოგია. საქართველოს გეოლოგიური დეპარტამენტი. ანგარიში ქართულ-ავსტრალიური „Trans Georgian resources“ ჯგუფისთვის, 2002 წ.;
2. Гамкრелидзе И.П. Вновь о тектоническом расчленении территории Грузии. Тр ГИН АН Грузии. Нов. сер. Вып. 115. С. 204-208, 2000 г.;
3. Фонды КП «Малый Кавказ»;
4. ნ. ფოფორაძე და სხვ. რენტგენოფლუორესცენციური (XRF) სპექტრომეტრის EDX3600B სამუშაო მეთოდისა. თბილისი 2018 წ.;
5. 2015 წლის 11 აგვისტოს საქართველოს მთავრობის №421 დადგენილება „ნაგავსაყრელის მოწყობის, ოპერირების, დახურვისა და მოვლის შესახებ“;
6. 2016 წლის 28 ივლისის საქართველოს მთავრობის დადგენილება №367 „ნაგავსაყრელის მოწყობის, ოპერირების, დახურვისა და შემდგომი მოვლის შესახებ“ ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების თაობაზე“ საქართველოს მთავრობის 2015 წლის 11 აგვისტოს №421 დადგენილებაში ცვლილების შეტანის შესახებ;
7. 19 December 2002 COUNCIL DECISION of establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC (2003/33/EC).

დასკვნის მომზადებისას ასევე გამოყენებულ იქნა:

8. 2015 წლის 17 აგვისტოს საქართველოს მთავრობის დადგენილება №426 სახეობებისა და მახასიათებლების მიხედვით ნარჩენების ნუსხის განსაზღვრისა და კლასიფიკაციის შესახებ;