

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ხელნაწერის უფლებით

ანა ბერეჟიანი

რეციკლირება როგორც მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი  
კომბინატის მჟავა კარიერული წყლების გაწმენდის  
ტექნოლოგიის განხორციელების საშუალება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა - ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერია  
შიფრი - 0410

თბილისი

2017 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ქიმიურ და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტის გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის მიმართულებაზე

ხელმძღვანელები: პროფ. შალვა ანდლულაძე  
პროფ. გიორგი მჭედლიშვილი

რეცენზენტები: -----  
-----

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი -- -----, აუდიტორია -----

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალობა:** საწარმოო სიმძლავრეთა მუდმივი ზრდა და სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების ინტენსიფიკაცია აძლიერებს გარემოს დეგრადაციის ხარისხს.

სასარგებლო წიაღისეულის აღმოჩენისა და გადამუშავების დროს მძიმე მეტალებით დაბინძურებული კარიერული წყლების წარმოქმნა წარმოადგენს გარემოზე დამლუპველი ზეგავლენის მქონე ერთერთ ფაქტორს. სპილენძისა და პოლიმეტალების საბადოების მადნების ღია დამუშავება დაკავშირებულია კარიერული წყლების სპილენძის, თუთიის, ტყვიის, კადმიუმის და ა.შ. იონებით დაბინძურებასთან. საბადოს ტიპი და ხასიათი, ასევე კლიმატური პირობები განაპირობებს დამაბინძურებლების რაოდენობას და შედგენილობას. შესაბამისად, ეკოლოგიური პრობლემის გადაწყვეტა მოითხოვს ყოველი კონკრეტული წარმომშობისადმი ინდივიდუალურ მიდგომას.

მძიმე მეტალების იონებით გარემოს დაბინძურების პრობლემა დგას მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის (მსგკ) წინაშე. მსგკ წარმოადგენს საქართველოს ერთერთ უმსხვილეს საწარმოს. იგი განლაგებულია თბილისიდან 90კმ-ზე სამხრეთ-დასავლეთით.

**სამუშაოს მიზანი:** მსგკ-ს კარიერის დამუშავების და ექსპლოატაციის შედეგად წარმოქმნილი მჟავა კარიერული წყლების (მკწ) გაწმენდა.

დამუშავებაში მყოფი ბოლნის-მადნეულის საბადო წარმოადგენს ბოლნის-მადნეულის რაიონის ტიპიურ წარმომადგენელს. მადნეულის საბადო ექსპლოატაციაშია 1975 წლიდან. სააქციო საზოგადოება “მადნეულის” სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატი წელიწადში გადაამუშავებს 1.5 მლნ. ტონა მადანს (70000 ტონა სპილენძის კონცენტრატი). მოთხოვნილება მსგკ-ს პროდუქციაზე მაღალია და ის მთლიანად განიცდის ესქპორტს. მადნეულის საბადოს დამუშავება ხდება ღია მეთოდით.

მკწ ფიზიკო-ქიმიური მაჩვენებლები მოწმობენ ამ წყლების შედგენილობის მერყეობის ფართო დიაპაზონზე, რაც იწვევს გაწმენდის ოპტიმალური მეთოდის საგულდაგულო არჩევის აუცილებლობას.

მკწ-ს რთული და ცვლადი შედგენილობა, დახასიათებული დიდი მოცულობებით, მეტად ართულებს ისეთი ფართოდ გავრცელებული გაწმენდის მეთოდების გამოყენებას როგორცაა: მემბრანული ტექნოლოგია, იონიტების გამოყენება, ელექტროქიმიური მეთოდები.

კვლევის ძირითადი ამოცანები: მოცემულ ეტაპზე, მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის მკწ-ის გასაწმენდად გამოიყენება კირი. დამლექ რეაგენტად კირის გამოყენება დამუშავება საშუალებას იძლევა იონ-მეტალების შემცველობა მიყვანილ იქნას მხოლოდ ზდკ-სთან მიახლოებულ სიდიდემდე. ამასთანავე, კუდსანახებში ლოკალიზაციის სტადიებზე ხდება მკწ ნაწილობრივი მოხვედრა მდინარე მაშავერაში. სასოფლო-სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო საჭიროებებისათვის ამ წყლების გამოყენებამ მიგვიყვანა ნიადაგის მძიმე ლითონების იონებით დაბინძურებამდე. ზემოთხსენებულიდან ცხადია, რომ მსგვ მჟავა კარიერული წყლებისათვის აუცილებელია უფრო საგულდაგულო გაწმენდა, რომლის გარეშეც დაუშვებელია უახლოეს წყალსაცავებში მკწ ჩაშვება.

**კვლევის მეთოდები:** ცნობილია, რომ უფრო ღრმა გაწმენდა მიიღწევა მკწ-ს სულფიდებით ( $BaS$ ,  $Na_2S$ ,  $H_2S$ ) დამუშავებით. ეს დაკავშირებულია იმასთან, რომ მძიმე მეტალების სულფიდების ხსნადობა მნიშვნელოვნად მცირეა ნებისმიერ სხვა რთულად ხსნად ნაერთებთან (ჰიდროქსიდები, კარბონატები) შედარებით.

მკწ გაწმენდის შემოთავაზებული ტექნოლოგია ითვალისწინებს რეაგენტად დამლექი ნატრიუმის სულფიდის ( $Na_2S$ ) გამოყენებას, რომლის მიღებაც ხორციელდება ბარიტის საბადოში დასაწყობებული ნედლეულის გადამუშავებით. ამ მარაგის რაოდენობა შეადგენს 1.8-2 მლნ. ტონას,

რომლის გადამუშავება, წინასწარი გათვლებით, სრულად უზრუნველყოფს მკწ გაწმენდას მთელი მსგკ-ის ფუნქციონირების მანძილზე.

მოცემული სქემის მესამე სტადიაზე მიმოცვლითი რეაქციის შედეგად მიღებული თანაპროდუქტი - ნატრიუმის სულფიდი შემოთავაზებული ტექნოლოგიის მიხედვით ასრულებს დამლექი რეაგენტის ფუნქციას. pH 4.0-5.0 მნიშვნელობისას ის უზრუნველყოფს მძიმე მეტალების პრაქტიკულად სრულ დალექვას.

pH 4.0-5.0 მნიშვნელობა მიიღწევა ნატრიუმის სულფიდის დამატებით, რომელიც ერთდროულად ასრულებს დამლექი რეაგენტის და pH რეგულატორის ფუნქციას. ხსნარში არსებული მძიმე ლითონების იონები ილექება სულფიდების სახით, ამასთან თუთიის საკმაოდ სრული დალექვა მიიღწევა უკვე pH 1.5-ზე, ნიკელის და კობალტისა pH 1.3, ხოლო სპილენძის, რკინის და კადმიუმის - pH 4.0-4.3-ზე. მითითებული pH მნიშვნელობების მიღება უზრუნველყოფილია დამლექი რეაგენტი ნატრიუმის სულფიდით, რომლის საკუთარი pH 11-12-ს უტოლდება.

ჩატარებულმა ლაბორატორიულმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ მძიმე მეტალების დალექვა მიმდინარეობს 15-20 წუთში, ხოლო სპილენძმემცველი ტექნოგენური წყლების გაწმენდის ხარისხი აღწევს ზღვ-ზე გაცილებით დაბალ მნიშვნელობებს.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე: გაწმენდის არსებული და შემოთავაზებული სქემების შედარებისას ადვილია მათ შორის განსხვავების დანახვა. არსებულ სქემაში გამოყენებული რეაგენტი - დამლექი კირი იხარჯება გაწმენდასა და ნეიტრალიზაციაზე. მიღებული ნალექი - ჰიდროჟანგების და კალციუმის სულფატის ნარევი არ ექვემდებარება დაყოფას და მისი სამრეწველო გამოყენება არ ხორციელდება.

გაწმენდის შემოთავაზებული სქემა არსებულზე მარტივია (აკლდება გაწმენდის სტადია კუდსანახში).

ამ სქემის მიხედვით გამოყენებული დამლექი რეაგენტი (ნატრიუმის სულფიდი) გარდა ღრმა გაწმენდისა, იძლევა მძიმე მეტალების სულფიდების სახით მიღების საშუალებას, რომლებიც ადვილად ექვემდებარებიან დაყოფას და ამით უზრუნველყოფენ დამატებითი პროდუქციის წარმოქმნას.

ვინაიდან მძიმე ლითონები გადადიან პრაქტიკულად უხსნად ნაერთებში, შესაბამისად, მინიმუმამდე იქნება დაყვანილი ნეიტრალიზებული წყლებით გარემოს დაბინძურების საფრთხე.

საჭიროა განსაკუთრებით აღინიშნოს, რომ შემოთავაზებული ტექნოლოგია გარდა ჩანადენი წყლების გაწმენდისა, ასევე ითვალისწინებს მადანში არსებული ბარიტის გამოყენებას ფასეული პროდუქტის - ბლანფიქსის მისაღებად, რომელსაც აქვს გამოყენების ფართო სპექტრი (მინერალური საღებავების წარმოება, მუყაოს, ფოტოქაღალდის, განსაკუთრებული ხარისხის ქაღალდის წარმოება, ნავთობმომპოვებელი წარმოება, ლინოლეუმის წარმოება, მედიცინა).

საბოლოო ჯამში მინიმუმამდე იქნება დაყვანილი გარემოს დაბინძურების საფრთხე ნეიტრალიზებული მჟავა კარიერული წყლების ნიადაგსა და წყალსაცავებში მოხვედრის შემთხვევაში, ვინაიდან მძიმე ლითონები იქნებიან პრაქტიკულად უხსნადი ნაერთების სახით.

**პუბლიკაციები:** სადისერტაციო თემაზე გამოქვეყნებულია 11 სტატია და შრომები პერიოდულ სამეცნიერო ჟურნალებში და საერთაშორისო კონფერენციების შრომების კრებულებში, აგრეთვე 3 თეზისი ადგილობრივ და საერთაშორისო კონფერენციებზე.

#### **ნაშრომის აპრობაცია:**

1. შ. ანდლულაძე, ა. ბერეჟიანი, ნ. ანდლულაძე, ლ. ანდლულაძე - მადნეულის სამთო გამამდიდრებელ კომბინატში რეციკლირების გამოყენების შესაძლებლობა. აკადემიკოს არჩილ ძიმიგურის დაბადებიდან 100 წლისთავისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციის „სამთო საქმისა და გეოლოგიის აქტუალური საკითხები“ თეზისები, გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, 26 დეკემბერი 2014 წ., 1 გვ.

2. Ana Berejiani: Status of Obsolete Wastes in Georgia; 13 HCH INTERNATIONAL HCH & PESTICIDES FORUM PROGRAMME, 3th to 6th NOVEMBER 2015. ZARAGOZA, SPAIN, p. 5.  
<http://www.hchforum.com/13/docs/Definitive%20Programme%2013th%20Forum%20%20ZARAGOZA%2028%20OCT15%20REV%2021.pdf>
3. Ana Berejiani: Waste Management in Georgia. Programme of International Meeting “Road Safety and Waste Management in Georgia”, organized by the Innovations Service Lab at the Public Service Development Agency (PSDA) of the Ministry of Justice of Georgia, with assistance from the UNDP and Government of Denmark, 3-4 December 2015, Tbilisi, Georgia, Holiday Inn Tbilisi, 1, 26 May Square, 0171, p. 2.  
<http://georgiatoday.ge/news/2173/Tbilisi-Hosts-International-Meeting-to-Discuss-Road-Safety-and-Waste-Management;>
4. ა. ბერეჟიანი - სამთო მოპოვებითი მრეწველობის ნარჩენების მართვის ევროპული მიდგომები და მოთხოვნები. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის „თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიები და გარემოს დაცვა“ შრომების კრებული, I ნაწილი. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, 19-20.05.2016, გვ. 67-69.
5. A. Berejiani – POPs Management Issues in Georgia. Proceedings of International Scientific Conference “Modern Researches and prospects of their Use in Chemistry, Chemical Engineering and related Fields”. September 21-23, 2016, Ureki, Georgia, p. 134.
6. მ. ბერეჟიანი, ი. მეტრეველი, ა. ბერეჟიანი - ბირთვული ენერგეტიკის მასალები და მადნეულის კონცენტრატი - კომპლექსური ტექნოლოგიების პოტენციალი. IV სამეცნიერო კონფერენციის „ენერგეტიკა - რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ მოხსენებების კრებული. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, 29.10.2016, გვ. 236-240.

სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა: დისერტაცია მოიცავს 110 ნაბეჭდ გვერდს, ცხრილი 23, ნახაზი 23, დანართი 12. დისერტაცია შედგება შემდეგი ძირითადი თავებისგან: შესავალი, ლიტერატურის მიმოხილვა, შედეგები და მათი განსჯა, შემუშავებული ტექნოლოგიის დანერგვის შესაძლებლობის შეფასება, დასკვნა, გამოყენებული ლიტერატურა და დანართი.

## **1. ლიტერატურის მიმოხილვა**

### **1.1. მძიმე ლითონებით დაბინძურებული ჩამდინარე**

#### **წყლების წარმოქმნის წყაროები, მათი ეკოლოგიური დახასიათება**

განხილულია სამთო საწარმოებში წარმოქმნილი ჩანადენების სახეები და მოცულობები, გეოქიმიური პროცესები, სპილენძის და პოლიმეტალური მადნების საბადოების გეოგრაფია, ტექნოგენური ზემოქმედების ზონები. დახასიათებულია ბოლნისი-მადნეულის საბადოს რაიონი და იქ წარმოქმნილი კარიერული წყლები.

### **1.2. სამთომომპოვებელი მრეწველობის ტექნოგენური**

#### **წყლებიდან სპილენძის ამოღების მეთოდები**

განხილულია ტექნოგენური წყლების გადამუშავების ტრადიციული და თანამედროვე მეთოდები, შესაბამისი სამეცნიერო-ტექნიკური ლიტერატურის ანალიზის საფუძველზე დადასტურებულია მჟავა კარიერული წყლების გაუვნებელყოფის ტექნოლოგიების დამუშავების აქტუალურობა.

### **1.3. სამთომომპოვებელი მრეწველობის ნარჩენების მართვის**

#### **ევროპული მიდგომები და მოთხოვნები**

მთელ მსოფლიოში, მოსახლეობის ზრდასთან ერთად სულ უფრო და უფრო აქტუალური ხდება ნარჩენების მართვის პრობლემა. მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნების წარმომადგენლები ათეულობით წლებია ცდილობენ ამ პრობლემის გადაწყვეტას და ნარჩენების მართვის სფეროში მუდმივად ახალ ტექნოლოგიებს გვთავაზობენ.

ნარჩენების მართვის თანამედროვე მიდგომად ითვლება 3R მიდგომა. ტერმინი 3R წარმოადგენს 3 პრიორიტეტული მიდგომის აღმნიშვნელი ქმედებების აღმნიშვნელი სიტყვების აბრევიატურას. ესენია: Reduce – შემცირება, Reuse - ხელახალი გამოყენება და Recycle – რეციკლირება.



ამ კომპონენტს უდიდესი ყურადღება ექცეოდა საერთაშორისო დონეზე ჯერ კიდევ 3R ინიციატივის დანერგვამდე. რეციკლირების შედეგად მცირდება ნედლი მასალის ან რესურსის მოხმარება, რაც თავის მხრივ ზოგავს ენერჯიას, ამცირებს ჰაერის და წყლის დაბინძურებას (მაგ: ნაგავსაყრელებიდან) და ა.შ.

თანამედროვე ლიტერატურაში უფრო და უფრო ხშირად ჩნდება ტერმინი 4R, რაც გულისხმობს მეოთხე პრინციპს – შეცვლას (Replace), რომელიც მოგვიწოდებს შევცვალოთ ცელოფანის პაკეტი ქაღალდით, პლასტმასის ჭურჭელი – მინით. არ გამოვიყენოთ ერთჯერადი მოხმარების საგნები და ა.შ.

სამწუხაროდ 3R ინიციატივის წარმატებით შესრულების დროსაც კი რჩება ისეთი ნარჩენები, რომლებიც არ ექვემდებარება არც გადამუშავებას და არც ხელახალ გამოყენებას. ამიტომ ნარჩენების მართვის სფეროში 3R მიდგომის გარდა, დამატებითი კომპონენტებიც არსებობს: ენერჯიის აღდგენა (Energy Recovery) და განთავსება (Disposal). ყველა ეს კომპონენტი ერთობლიობაში ქმნის “ნარჩენების იერარქიას”, რომლის საფუძველიც 3R ინიციატივაა.

“ნარჩენების იერარქიის” მთავარ ამოცანას წარმოადგენს ნარჩენების მართვის ისეთი სისტემის ჩამოყალიბება, რომლის მიხედვითაც შესაძლებელი იქნება მაქსიმალური პრაქტიკული სარგებლის მიღება და გარემოსთვის მინიმალური ზიანის მიყენება. დღეისათვის ნარჩენების იერარქიის მოდელი 5 ძირითადი კომპონენტისგან შედგება: 1. შემცირება 2. ხელახალი გამოყენება 3. რეციკლირება 4. სხვა სახის აღდგენა, მათ შორის ენერჯიის აღდგენა 5. განთავსება.

ნარჩენების მართვის იერარქია დროთა განმავლობაში იწვევს მსოფლიოს ნებისმიერი ნარჩენების მართვის სისტემის ეტაპობრივ ცვლილებას. უმეტეს ქვეყნებში ნარჩენების მართვაში ყველაზე გავრცელებული პრაქტიკა წლების განმავლობაში მათი ნაგავსაყრელზე განთავსება იყო. თუმცა, რადგან რესურსები შეზღუდულია,

ნარჩენებისადმი დამოკიდებულება რადიკალურად შეიცვალა და ამჟამად ნარჩენები აღიქმება ღირებულ რესურსად.

სამთო-მოპოვებითი მრეწველობის შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენების საკითხებს არეგულირებს ევროდირექტივა N2006/21/EC “სამთო-მოპოვებითი მრეწველობიდან წარმოქმნილი ნარჩენების მართვის შესახებ, რომლითაც ცვლილებები შედის დირექტივაში N004/35/EC” ეს დირექტივა ითვალისწინებს ზომებს, პროცედურებს და მართვის ღონისძიებებს, რომლებიც მიმართულია სამთო-მოპოვებითი მრეწველობიდან წარმოქმნილი ნარჩენებით გამოწვეული გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე უარყოფითი ზეგავლენის შემცირებისდაგვარად თავიდან ასაცილებლად ან შესამცირებლად.

ევროკავშირში გამოიყენება ამ დირექტივის შემდეგი ვალდებულებები:

- ისეთი სისტემის ჩამოყალიბება, რომელიც უზრუნველყოს სამთო-მოპოვებითი ობიექტების ოპერატორების მიერ ნარჩენების მართვის გეგმების შემუშავებას;
- ნარჩენების ობიექტების იდენტიფიკაცია და კლასიფიკაცია;
- სანებართვო, ინსპექტირებისა და ფინანსური გარანტიების სისტემების ჩამოყალიბება;
- სამთო-მოპოვებითი სამუშაოების შედეგად დარჩენილი სიცარიელების (ღრმულების) მართვისა და მონიტორინგის პროცედურების შემუშავება;
- სამთო-მოპოვებითი ნარჩენების ობიექტების დახურვისა და დახურვის შემდგომი პროცედურების შემუშავება;
- დახურული სამთო-მოპოვებითი ნარჩენების ობიექტების ინვენტარიზაცია.

საერთაშორისო გამოცდილება ცხადყოფს, რომ ნარჩენების მართვა საკმაოდ რთული პროცესია და მართვის ისეთი სისტემის შექმნა, რომელიც შესაბამისობაში იქნება მსოფლიოს განვითარებული ქვეყნების ანალოგიურ სისტემებთან, წარმოადგენს ხანგრძლივ პროცესს.

## 2. შედეგები და მათი განსჯა

### 2.1. მჟავა კარიერული წყლების შედგენილობის კვლევების შედეგები და ანალიზი

მადნეულის საბადოს ბარიტოპოლიმეტალური მადნის ქანების გადამუშავებისას წარმოიქმნება მჟავა კარიერული წყლები (მკწ), რომელნიც თავისი შედგენილობით მიეკუთვნებიან სულფატური კლასის მარილოვან წყლებს და მათი დებიტი და შედგენილობა წელიწადის დროზე დამოკიდებულებით მერყეობს ფართო საზღვრებში. მათ ფორმირებაზე ბუნებრივ გავლენას ახდენს ატმოსფერული ნალექები, ტემპერატურა, აორთქლება, მადნიდან მეტალების ბუნებრივი გამოტუტვის სიჩქარე, კატიონური მიმოცვლა და რიგი სხვა ფაქტორებისა.

კარიერული წყლები, იკვებებიან რა ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე, მნიშვნელოვნად იცვლიან მოცულობებს წელიწადის დროზე დამოკიდებულებით. (ცხრილი 1, ნახ. 1)

გარე ქანებში მადნიდან მეტალების ბუნებრივი გამოტუტვის ცვალებად სიჩქარეს და ცვალებად კატიონურ მიმოცვლას მივყავართ კარიერული წყლების მარილოვანი შედგენილობის (ნახ.1) და მძიმე მეტალების იონების კონცენტრაციის (ნახ.2, ნახ.3) მუდმივ ცვლილებასთან.

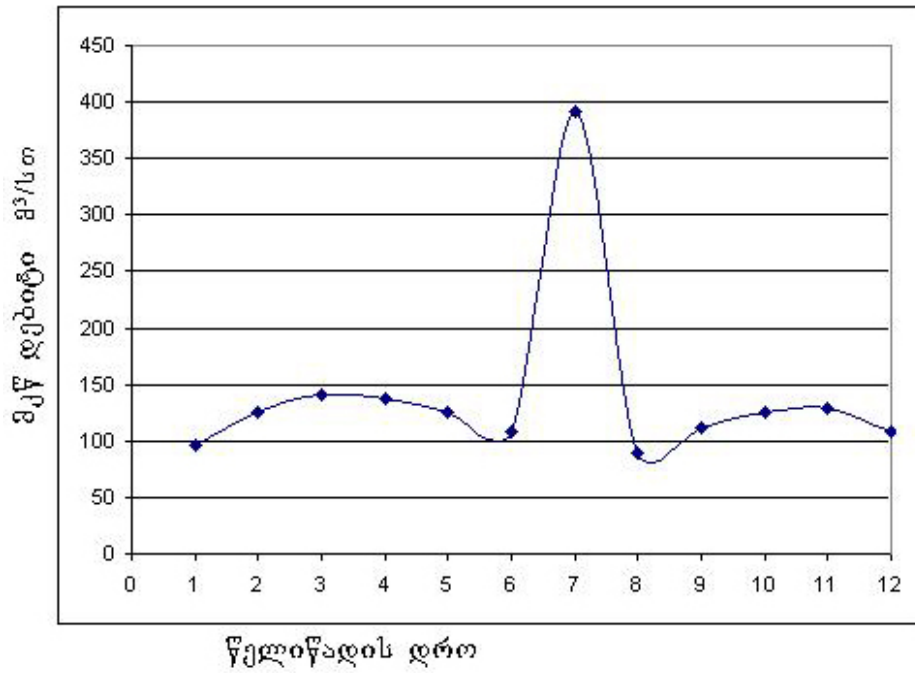
კარიერული წყლების დინებაზე ატმოსფერული ნალექების გარდა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს რელიეფის მორფოლოგიურ-ტექტონიკური ფაქტორები, წყალგამტარი ჰორიზონტების დინამიკური რეჟიმი, მათი კავშირი და ზედაპირულ წყლებთან ურთიერთქმედება.

მუდმივად წარმოქმნადი კარიერული ნაკადების ხარისხობრივ და თვისობრივ შედგენილობაზე წლიური დაკვირვება ნებას გვაძლევს მოცემულ წყლებს მივცეთ მეორადი ტექნოგენური ჰიდრომინერალური რესურსების კლასიფიკაცია, რომელთა გადამუშავება (გაწმენდა) საშუალებას მოგვცემს შევამციროთ ფერადი მეტალების შეუქცევადი დანაკარგები, შემცირდეს სამთო გამამდიდრებელი კომბინატების

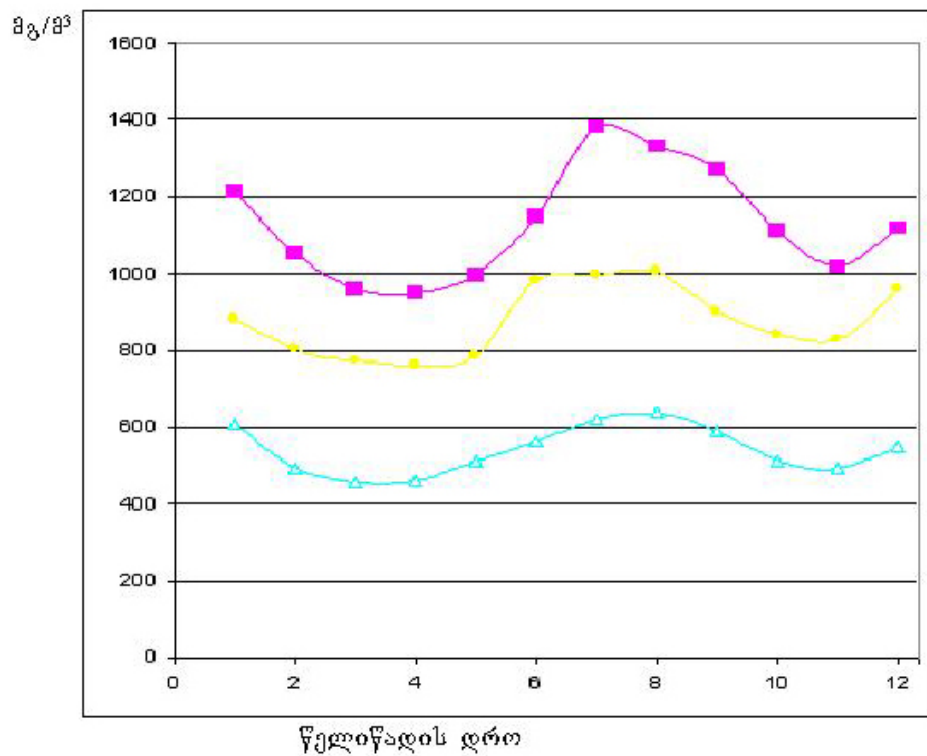
ნაყარქვეშა მიწის გასავალი, შემცირდეს გარემომცველი გარემოს დაბინძურება როგორც თხევადი, ასევე მყარი ნარჩენებით.

ცხრილი 1. მადნეულის საბადოს მჟავა კარიერული წყლების (მკწ) დებიტის (მ<sup>3</sup>/სთ), მჟავიანობის და შედგენილობის (მგ/მ<sup>3</sup>) ცვლილება

N	თარიღი	მკწ დებიტი მ <sup>3</sup> /სთ	pH	Cu	Fe	Zn	Pb	Co	Ni	Cd	Ge
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15.06.10	109	2.60	1150	982	561	0.47	1.18	0.92	3.1	0.11
2	15.07.10	392	2.55	1379	996	622	0.49	1.00	1.10	3.4	0.17
3	15.08.10	90	2.55	1331	1003	637	0.57	1.03	1.23	3.5	0.16
4	15.09.10	111	2.60	1271	899	593	0.50	0.88	0.96	3.1	0.1
5	15.10.10	126	2.70	1109	840	510	0.49	0.79	0.81	2.8	-
6	15.11.10	128	2.70	1017	827	496	0.47	0.66	0.81	2.7	-
7	15.12.10	109	2.65	1119	960	549	0.51	1.04	1.12	3.0	-
8	15.01.11	96	2.65	1212	881	607	0.61	0.96	1.09	3.4	0.11
9	15.02.11	125	2.75	1050	802	493	0.35	0.84	0.91	2.6	-
10	15.03.11	140	2.80	960	773	457	0.31	0.81	0.70	2.4	-
11	15.04.11	138	2.80	950	761	461	0.28	0.82	0.72	2.2	-
12	15.05.11	126	2.75	997	787	509	0.37	0.87	0.93	2.7	0.10



ნახ. 1. მადნეულის საბადოს კარიერული წყლების დებიტის ცვლილების წელიწადის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი



ნახ. 2 მჟავა კარიერულ წყლებში კატიონების კონცენტრაციის ცვლილების წელიწადის დროზე დამოკიდებულების გრაფიკი  
 ■ Cu ; ● Fe; △ Zn

## 2.2. ექსპერიმენტები მოდელურ და რეალურ ხსნარებზე

სულფიდ-იონების კონცენტრაციაზე და ხსნარის pH-ზე სპილენძის და სხვა მეტალების თვისებების ზოგიერთი კანონზომიერების დამოკიდებულების შესწავლის მიზნით, მოდელურ ხსნარებზე კვლევების ჩასატარებლად დამზადდა მოდელური ხსნარები, რომელიც შეიცავდა 1.4გ/ლ სამვალენტთან რკინას, 1.0გ/ლ სპილენძს, 1.2გ/ლ თუთიას.

სულფიდ-იონის შეყვანა ხსნარში ხდებოდა ცხრაწყლიანი ნატრიუმის სულფიდის 20%-იანი ხსნარის სახით.

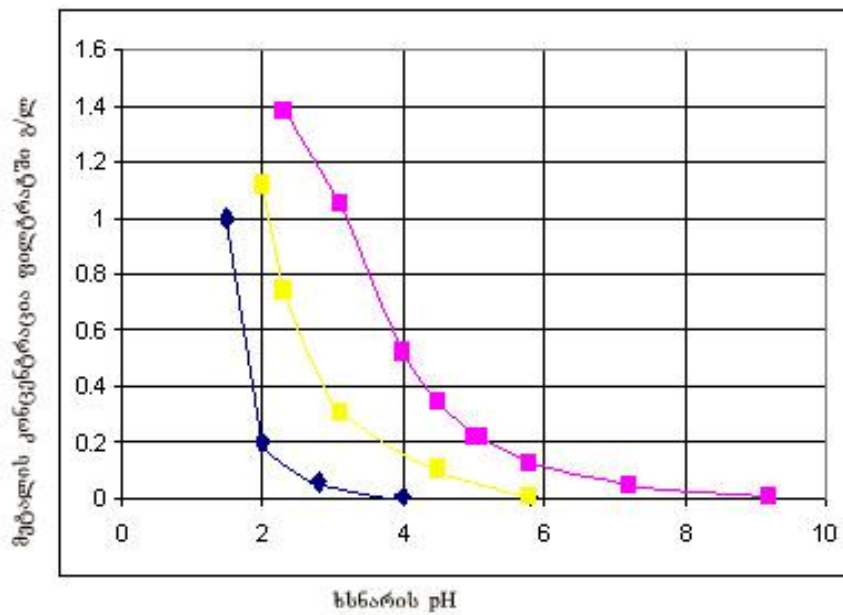
ცხრილებში მოყვანილია ხსნარის pH-ის სიდიდეზე და შეყვანილი სულფიდ-იონების რაოდენობაზე სპილენძის, რკინის და თუთიის კატიონების კონცენტრაციის ცვლილების დამოკიდებულების მონაცემები.

ცხრილი 2. მოდელურ ხსნარებში მეტალთა იონების შემცველობის (გ/ლ) ცვლილების დამოკიდებულება გარემოს pH-ზე

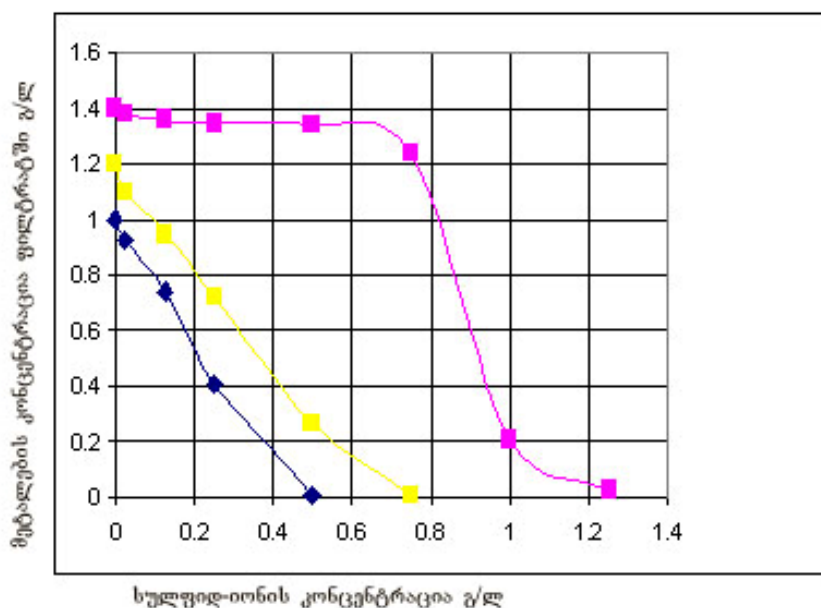
ხსნარის pH	მეტალების იონების კონცენტრაცია გ/ლ		
	Fe <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
1.5	-	1.00	-
2.0	-	0.20	1.12
2.3	1.38	-	0.74
2.8	-	0.06	-
3.1	1.10	-	0.31
4.0	0.52	0.01	-
4.5	0.35	-	0.11
5.0	0.22	-	-
5.1	0.22	-	-
5.8	0.13	<0.01	<0.01
7.2	0.05	<0.01	<0.01
9.2	<0.01	-	-

ცხრილი 3. მოდელურ ხსნარებში მეტალების იონების შემცველობის ცვლილების დამოკიდებულება შეყვანილი სულფიდ-იონის რაოდენობაზე

სულფიდ-იონის კონცენტრაცია გ/ლ	მეტალების იონების კონცენტრაცია გ/ლ		
	Fe <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
0	1.40	1.00	1.20
0.025	1.38	0.93	1.10
0.125	1.36	0.74	0.95
0.250	1.35	0.41	0.72
0.500	1.34	<0.01	0.27
0.750	1.24	<0.01	<0.01
1.000	0.21	<0.01	<0.01
1.250	0.03	<0.01	<0.01



ნახ. 4 ხსნარში მეტალების იონების კონცენტრაციის pH-ის სიდიდეზე დამოკიდებულება  
 ■ Fe ■ Zn; ■ Cu



ნახ. 5 ხსნარში მეტალების იონების კონცენტრაციის დამოკიდებულება შეყვანილი

სულფიდ-იონის რაოდენობაზე

■ Fe; ■ Zn; ■ Cu

როგორც 2 ცხრილიდან ჩანს, მოდელურ ხსნარებში ნატრიუმის სულფიდის შეყვანისას ხსნარის pH-ის ზრდასთან ერთად ილექება სპილენძის, რკინის და თუთიის იონები, ამასთან სპილენძის საკმაოდ სრული დალექვა მიიღწევა pH= 4.0 სიდიდისას, ხოლო თუთიის დაახლ. pH=7.0-ზე. 2 და 3 ცხრილების მონაცემები ილუსტრირებულია ნახ. 4 და 5-ზე.

ხსნარებიდან სპილენძის და თუთიის სულფიდ-იონებით დალექვა ხდებოდა სტექიომეტრულ დამოკიდებულებით (MeS), ამ სულფიდების წარმოქმნის რეაქციის შესაბამისად. გვერდითი რეაქციების (მაგ. ჰიდროლიზი) შედეგად რკინის დალექვა მიმდინარეობს უფრო რთული მექანიზმით, ამასთან დალექვის პროცესის დასრულებისას რკინის დამოკიდებულება სულფიდ-იონზე შეესაბამება ნაერთს Fe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>.

გამოყოფილ ნაერთებში მეტალის კონცენტრაციის დამოკიდებულება სულფიდ-იონის კონცენტრაციაზე გამოთვლების მონაცემებთან შედარებით მოყვანილია 4 ცხრილში.

ცხრილი 4. ხსნარში სულფიდ-იონების დამატებისას გამოყოფილ ნალექებში



სულფიდი/მეტალის გათვლითი დამოკიდებულება

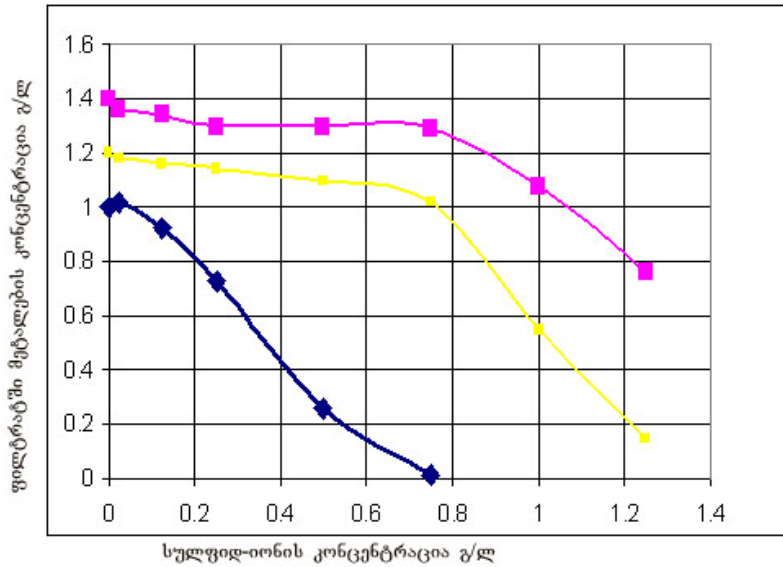
მეტალების სულფიდები	გათვლითი დამოკიდებულება (S/Me)	მიღებულ ნალექებში S/Me დამოკიდებულება
Fe <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	96/112=0.85	1250/1400=0.89
ZnS	32/65=0.49	650/1200=0.54
CuS	32/64=0.50	500/1000=0.50

როგორც 4 ცხრილიდან ჩანს, გათვლითი გზით მიღებული და გამოყოფილ ნალექებში აღმოჩენილი სულფიდი/მეტალი დამოკიდებულებები პრაქტიკულად ერთგვარია, რაც მიუთითებს ნალექში მეტალების სულფიდების და არა სხვა რაიმე შერეული ნაერთების გამოყოფაზე.

მრავალკომპონენტური სისტემაში კატიონების დალექვის კანონზომიერების შესასწავლად დამზადებულ იქნა შემდეგი შედგენილობის (გ/ლ) ხსნარი: Fe<sup>3+</sup> 1.4; Cu<sup>2+</sup> 1.0; Zn<sup>2+</sup> 1.2

ცხრილი 5. მოდელურ ხსნარებში მეტალთა იონების შემცველობის (გ/ლ) ცვლილების დამოკიდებულება შეყვანილი სულფიდ-იონის რაოდენობაზე

სულფიდ-იონის კონცენტრაცია გ/ლ	მეტალების იონების კონცენტრაცია გ/ლ		
	Fe <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
0	1.40	1.00	1.20
0.025	1.36	1.02	1.18
0.125	1.34	0.92	1.16
0.250	1.30	0.73	1.14
0.500	1.30	0.26	1.10
0.750	1.29	<0.01	1.02
1.000	1.08	<0.01	0.55
1.250	0.76	<0.01	0.15



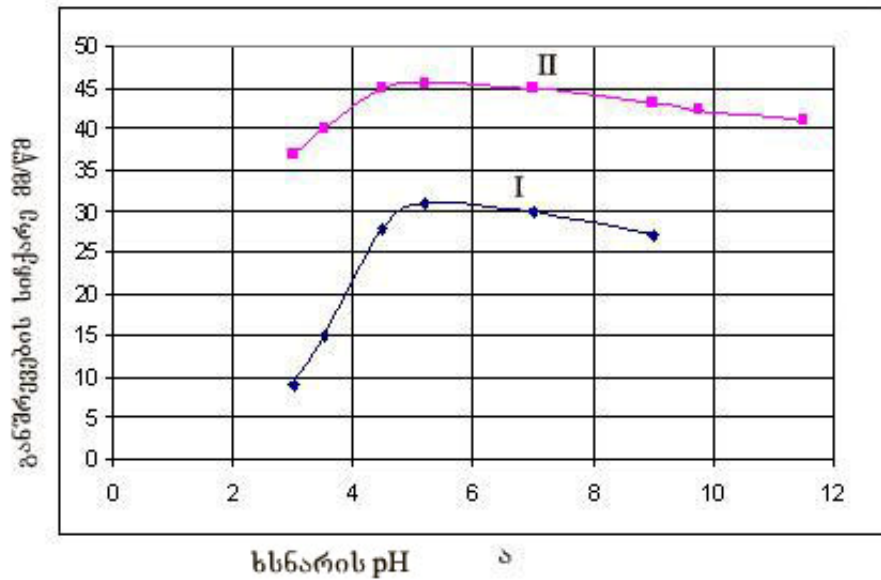
ნახ. 6 ნარევი ინდივიდუალური მეტალის იონების კონცენტრაციის შეყვანილი სულფიდ-იონის რაოდენობაზე დამოკიდებულება.  
 ■ Fe ■ Zn; ■ Cu

ნახ. 6-ზე მოცემულია შერეულ ხსნარში ყოველი ცალკეული ელემენტის დალექვის შეყვანილი სულფიდ-იონის კონცენტრაციაზე დამოკიდებულების კანონზომიერებანი. როგორც წარმოდგენილი მონაცემებიდან ჩანს, წარმოდგენილი შედეგები თანხვედრაშია იმ მონაცემებთან, რომლებიც მიღებულ იქნა ყოველი ამ ელემენტის დალექვისას ხსნარებიდან გარეშე კომპონენტების არარსებობისას.

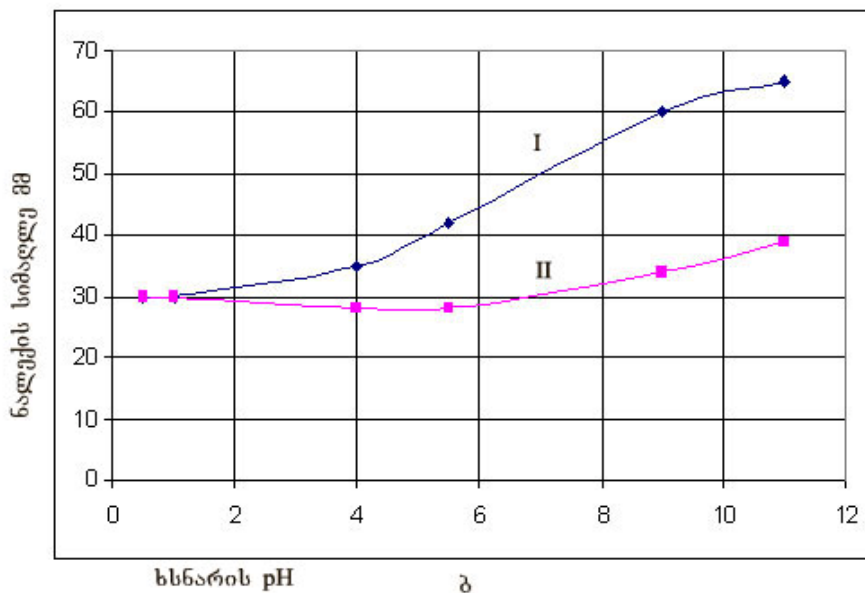
### 2.3. დალექვის პირობების გავლენა კარიერულ წყლებში ფაზათა განშრეების სიჩქარეზე, ნალექის ტენიანობასა და მოცულობის სიდიდეზე

დალექვის პროცესის ოპტიმალური რეჟიმის შესარჩევად შესწავლულია კარიერულ წყლებში ფაზათა განშრეების სიჩქარის, გამოყოფილი ნალექის მოცულობის და ტენიანობის დამოკიდებულება ხსნარში შეყვანილი ნატრიუმის სულფიდის რაოდენობასა და ხსნარის pH-ზე.

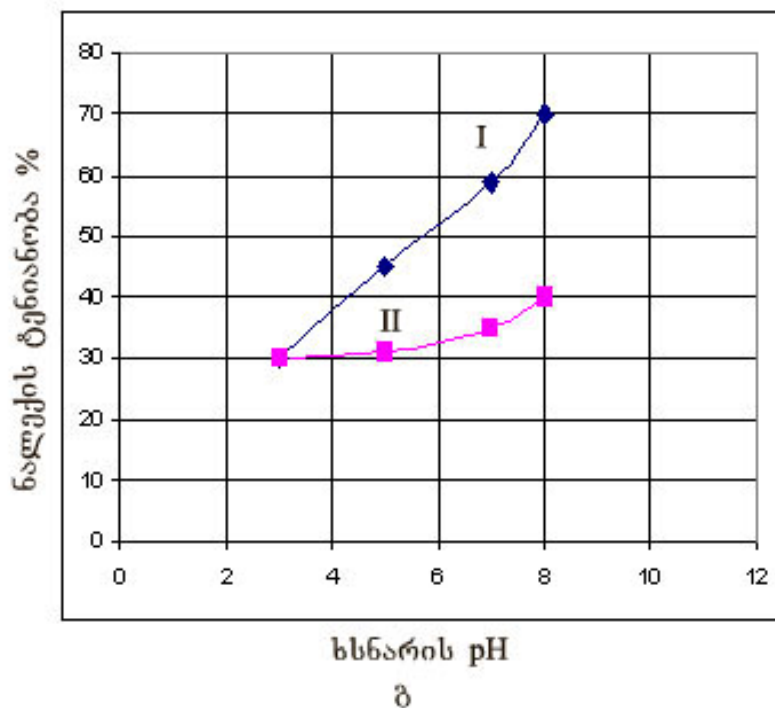
ნახაზებზე 7,8,9 ნაჩვენებია რეალურ ხსნარში განშრევების სიჩქარის (ა), გამოყოფილი ნალექების მოცულობის (ბ) და ტენიანობის (გ) დამოკიდებულება ხსნარის pH-ზე.



ნახ. 7. რეალურ ხსნარში განშრევების სიჩქარის ხსნარის pH-ზე დამოკიდებულება დამლექი: I- კალციუმის ჰიდროჟანგი; II - ნატრიუმის სულფიდი



ნახ. 8 რეალურ ხსნარში გამოყოფილი ნალექების მოცულობის ხსნარის pH-ზე დამოკიდებულება. დამლექი: I- კალციუმის ჰიდროჟანგი; II- ნატრიუმის სულფიდი



ნახ. 9. რეალურ ხსნარში გამოყოფილი ნალექების ტენიანობის ხსნარის pH-ზე დამოკიდებულება.  
დამლექი: I- კალციუმის ჰიდროქსაზი; II- ნატრიუმის სულფიდი

ვინაიდან სისტემიდან მეტალების დასალექად ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას კირი, ამიტომ ვახდენთ პროცესის მეტნაკლებად მნიშვნელოვანი პარამეტრების შედარებას (ფაზების განშრევების სიჩქარე, ნალექების მოცულობა და ტენიანობა) დამლექის სახით კირიანი რძის და ნატრიუმის სულფიდის გამოყენების შემთხვევაში. ნახაზებზე წარმოდგენილია ანალოგიური დამოკიდებულებანი დამლექის სახით კალციუმის ჰიდროქსაზის გამოყენების შემთხვევაში.

ნახ. 7-ა-ზე ნაჩვენებია ფაზების განშრევების სიჩქარის დამოკიდებულება სისტემის pH-ის მნიშვნელობაზე დამლექის სახით კალციუმის ჰიდროქსაზის (I მრუდი) და ნატრიუმის სულფიდის (II მრუდი) გამოყენების შემთხვევაში.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ნატრიუმის სულფიდის არსებობისას ნალექის დალექვის სიჩქარე ორჯერ აღემატება ანალოგიურ სიდიდეს სისტემაში კალციუმის ჰიდროქსაზის არსებობისას. ცხადია, რომ

განშრეების სიჩქარის მომატება სასიკეთოდ აისახება შლამსაცავის ეფექტურ ექსპლოატაციაზე.

განმსაზღვრელ მაჩვენებლად, რომელზეც დამოკიდებულია შლამსაცავის მუშაობის ხანგრძლივობა, გვევლინება წარმოქმნილი ნალექების მოცულობა და ტენიანობა. ამიტომ, ინტერესს იწვევს ხსნარის pH-ის გავლენა გამოყოფილი ნალექის მოცულობის სიდიდეზე. მოცემული დამოკიდებულება გამოკვლეული დამლექებისთვის წარმოდგენილია ნახ. 7-ბ-ზე.

დამლექის სახით ნატრიუმის სულფიდის გამოყენებისას დალექვის pH-ის ოპტიმალური სიდიდე შეადგენს 4.5-5. კირიანი რძის გამოყენებისას დალექვისთვის pH-ის ოპტიმალური სიდიდე შეადგენს 7-8. ამ დროს ნალექის სახით დიდი მოცულობით გამოიყოფა მეტალების ჰიდროჟანგები, რომლებიც, როგორც ცნობილია წარმოადგენენ მყიფე, ჰიდროფილურ ნაერთებს, რასაც მიყვავართ შლამსაცავის არარაციონალურ გამოყენებამდე.

ნალექის ტენიანობა - შემდგომი გამოყენებისთვის საკმაოდ არსებითი მაჩვენებელია. დალექვის ოპტიმალურ რეჟიმში (pH 7-8) კალციუმის ჰიდროქსიდის გამოყენებისას წარმოქმნილი ნალექის ტენიანობა შეადგენს დაახლოებით 60% (ნახ. 7-გ, I მრუდი), ხოლო დამლექის სახით ნატრიუმის სულფიდის გამოყენებისას (pH 4.5-5) დაახლოებით 38% (ნახ. 7-გ, II მრუდი).

ამგვარად, მნიშვნელოვანი მაჩვენებლების მიხედვით, დამლექის სახით ნატრიუმის სულფიდის გამოყენება უფრო მომგებიანია, ვიდრე კირიანი რძისა, ამასთან იგი გვამღევს შლამსაცავის მუშაობის პირობების გაუმჯობესების საშუალებას.

### **3. შემუშავებული ტექნოლოგიის დანერგვის შესაძლებლობის შეფასება**

დასაწყობებული ბარიუმის ნაერთების სრული და რაციონალური გამოყენებისათვის კარიერული წყლების გაწმენდის ძირითად პროცესთან კომპლექსში გამოკვლეული იქნა ბარიტული ფლოტაციური კონცენტრატის

ბაზაზე ბარიუმის ნაერთების და დამლევი რეაგენტის მიღების შესაძლებლობა. ამასთან, ჰიდრომეტალურგიული გადამუშავების პირველ სტადიაზე ფლოტობარიტისთვის მეტნაკლებად ეფექტურს და ეკონომიურად ხელსაყრელს წარმოადგენს მდულარე შრის პირობებში კონცენტრატის აღდგენითი გამოწვა აირადი აღმდგენელების გამოყენებით ( $H_2$ ,  $CO$ ).

ბარიტ-პოლიმეტალური მადნის გადამუშავების ტექნოლოგიური სქემის წარმოდგენილ ვარიანტს, რომელსაც საფუძვლად უდევს მასალის წინასწარი აღდგენითი გამოწვა, გააჩნია პრაქტიკული განხორციელების რეალური საფუძველი. მადნეულის საბადოში სელექციური გამდიდრებისადმი ძნელად დაქვემდებარებადი ბარიტის მადნის დიდი მარაგის არსებობა განსაზღვრავს საწყისი მადნის ფლოტაციური გამდიდრების სქემის და მდულარე შრის პირობებში მასალის აღდგენითი გამოწვის ჩართვით, ბლანფიქსის და დამლევი რეაგენტის შემდგომი მიღებით, დაბალხარისხიანი მადნის ჰიდრომეტალურგიული მეთოდით გადამუშავების მიზანმიმართულობას.

ბარიტული ფლოტაციური კონცენტრატების გადამუშავება წარმოადგენს დამოუკიდებელ საკითხს, თუმცა მას გააჩნია პირდაპირი დამოკიდებულება კარიერული წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიის შემუშავებასთან. პრაქტიკაში ბარიტის აღდგენა ძირითადად ხორციელდება მბრუნავ ღუმლებში მყარი აღდგენის გამოყენებით  $1100-1200C^{\circ}$ -ზე, რაც დაკავშირებულია მრავალ სირთულესთან: ღუმლებში არ მიიღწევა სითბოს თანაბარი გადანაწილება მთელ სარეაქციო არეში და მეტად გაცხელებულ ზონებში მიმდინარეობს კაზმის შედნობა, ხდება გვერდითი პროცესების ინტენსიფიკაცია, რასაც მივყავართ ბარიუმის სულფიდის გამოსავლის შემცირებამდე და ბარიუმის წყალში უხსნადი ნაერთების წარმოქმნამდე. ძირითადად ეს სირთულეები ვლინდება სილიციუმის მაღალი შემცველობის მქონე (13-15%) დაბალხარისხიანი ბარიტული ფლოტოკონცენტრატების აღდგენისას, რაც წარმოადგენს

მცირედისპერსული და დაბალხარისხიანი ბარიტული კონცენტრატის აღდგენის პროცესის სრულყოფის მეთოდების კვლევის მიზეზს.

ჩატარებული კვლევებით დადასტურდა, რომ ბარიტული კონცენტრატის გამოწვის პროცესის გაუმჯობესების ერთერთ საშუალებათაგანს წარმოადგენს აღდგენა მდულარე შრის ღუმლებში აირადი აღმდგენლებით ( $H_2$ ,  $CO$ ). ამ დროს მიღებულ ბარიუმის სულფიდს გააჩნია გამოყენების ფართო სპექტრი, იგი წარმოადგენს ნედლეულს ბარიუმის სხვა შენაერთების, მათ შორის ბლანფიქსის და დამლექი რეაგენტის - ნატრიუმის სულფიდის მისაღებად. მდულარე შრეში აღდგენის დადებით მხარეს წარმოადგენს პროცესის ტემპერატურა ( $850-950C^{\circ}$ ), ბარიუმის სულფიდში ბარიტის მაქსიმალური გადაყვანის და ინტენსიფიკაციის შესაძლებლობა. გარდა აღნიშნულისა, მნიშვნელოვანია ისიც, რომ პროცესი არაა დამოკიდებული საწყის ნედლეულში კაჟმიწის ამაღლებულ შემცველობაზე ( $13-15\%$ ), ვინაიდან ტემპერატურის მითითებულ ინტერვალში ( $850-950C^{\circ}$ ) არ ხდება კაჟმიწის შეცხობა.

შემოთავაზებული სქემით მდულარე შრის პირობებში აირადი აღმდგენლებით ბარიტული ფლოტოკონცენტრატის აღდგენისას მნიშვნელოვნად იზრდება აღდგენილი მასის გამოსავალი ( $92\%$ -მდე) საკმაოდ დაბალ ტემპერატურაზე ( $850-950C^{\circ}$ ), ხოლო ნაღობში ბარიუმის სულფიდის შემცველობა იზრდება  $62\%$ -დან  $74\%$ -მდე.

ფლოტობარიტის გადამუშავების შემოთავაზებული მეთოდი, გარდა დაბალხარისხიანი ბარიტული მადნის გამოყენებისა, ასევე ახდენს ისეთი საჭირო პროდუქტების წარმოების ორგანიზაციის საკითხების გადაწყვეტას, როგორებიცაა ბლანფიქსი და დამლექი ნატრიუმის სულფიდი.

გამოწვა-გამოტუტვის შეკრულ ციკლში ხდება აღდგენითი გამოწვით მიღებული ნაღობის გამოტუტვა. ნაღობის წყალში ხსნადი ნაწილის გამოტუტვა ხორციელდება ორ სტადიად: პირველ სტადიაზე ხდება წყლით გამოტუტვა  $BaS$ -ის ხსნარის მიღებით (კონცენტრაცია  $118-120g/l$ ), ამასთან გამოიყენება წინაღდენის მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს

99.5%-იანი ამოღებას. მეორე სტადიაზე ხდება ბარიუმის სულფიდის და ნატრიუმის სულფატის ხსნარების არევა, რომლის დროსაც წარმოიქმნება ბლანფიქსის ნალექი და ნატრიუმის სულფიდის ხსნარი კონცენტრაციით 50-52გ/ლ. გამტუტვის პირველი სტადიის (წყლით გამოტუტვა) შემდეგ მიღებული ნალექები გადაიგზავნება მჟაურ გამოტუტვაზე (HCl) ნაღობის წყალში უხსნად ნაწილში არსებული ბარიუმის დამატებითი ნაერთების მისაღებად.

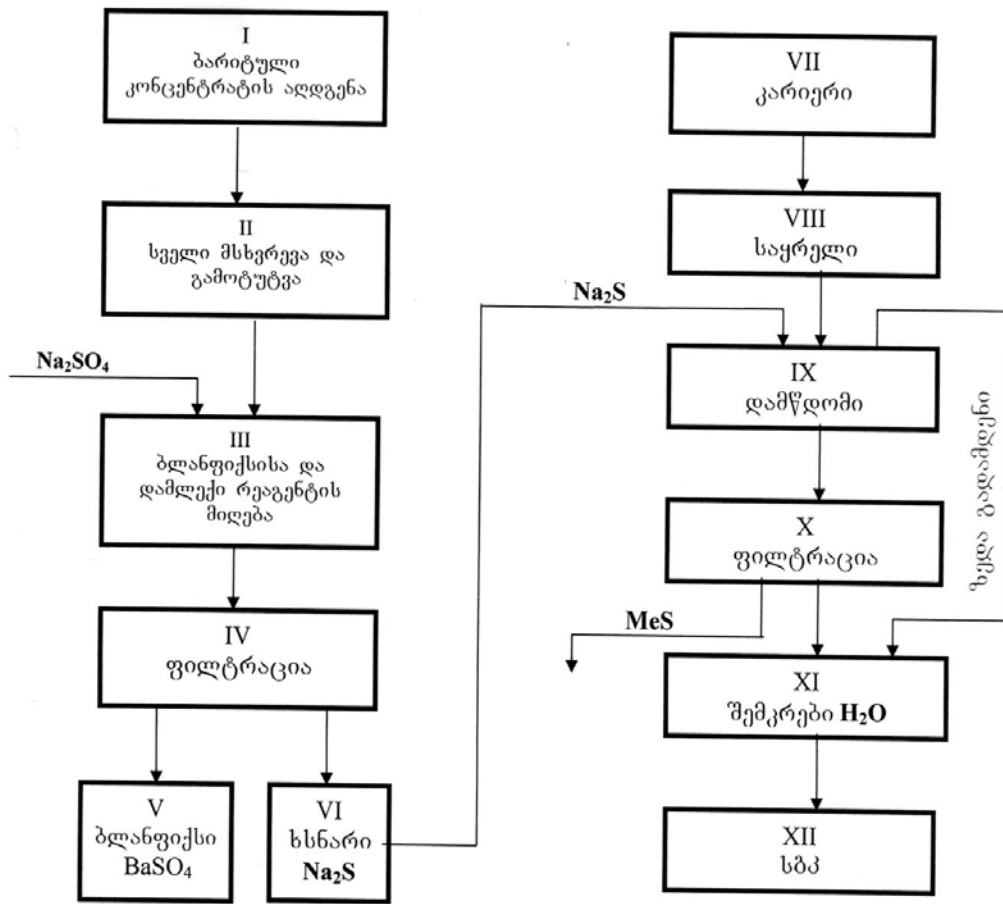
ამგვარად, შემუშავებულია ფლოტობარიტის აღდგენის შედეგად მიღებული ნაღობის შემადგენელი წყალში უხსნადი კომპონენტების ორსტადიიანი გამოტუტვის ტექნოლოგიური სქემა, რომლის პროცესშიც წარმოიქმნება მაღალხარისხიანი დამოუკიდებელი პროდუქტი - ბლანფიქსი და ნატრიუმის სულფიდის ხსნარი, რომელიც გამოიყენება კარიერული წყლების გასაწმენდად. გამოტუტვის პროცესში უზრუნველყოფილია საწყისი ნედლეულის გამოყენების კომპლექსურობა, მინიმუმამდე მცირდება ნარჩენების რაოდენობა, რაც მიუთითებს შემუშავებული სქემის პრაქტიკული განხორციელების რეალურ შესაძლებლობაზე.

მძიმე მეტალების იონებისგან კარიერული წყლების გასაწმენდად გამოყენებულია ფლოტობარიტის აღდგენითი გამოწვის შემდეგ მიღებული ნაღობის წყალში ხსნადი ნაწილის გამოტუტვის პირველი და მეორე სტადიის შემდეგ მიღებული სულფიდური ხსნარები (BaS, Na<sub>2</sub>S).

სქემაზე 2 მოყვანილია მჟავა კარიერული წყლების გაწმენდის საერთო ტექნოლოგიური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს ბარიტული მადნის გამოყენებას, რომლის გადამუშავების შედეგად ხდება ფასეული პროდუქტების (ბლანფიქსი, ფერადი მეტალების დამატებითი რაოდენობა) და სულფიდური ნაერთების (BaS, Na<sub>2</sub>S) მიღება, რომლებიც გამოიყენება როგორც დამლექი რეაგენტები მძიმე მეტალების იონებისგან ტექნოგენური წყლების ღრმა გაწმენდისთვის.



სქემა 2

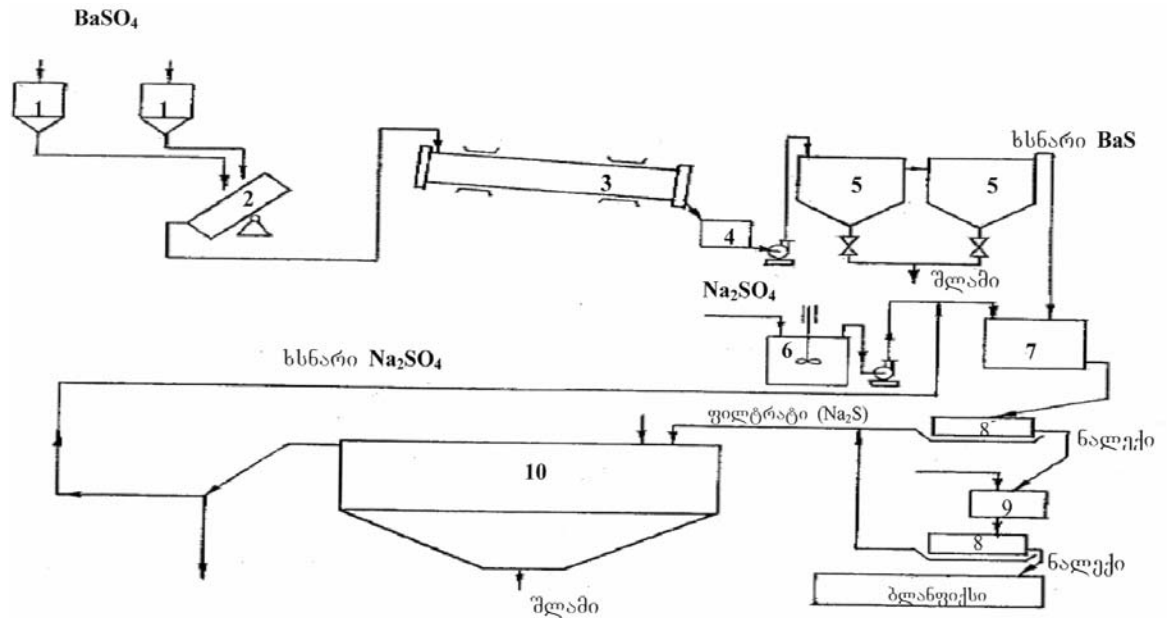


სქემა 1. მჟავა კარიერული წყლების გაწმენდის საერთო ტექნოლოგიური სქემა

მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის კარიერული წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიის შერჩევასა და მიზანშეწონილია, უპირველეს ყოვლისა, ამოსავალ წერტილად მძიმე მეტალებისგან მაქსიმალური გაწმენდის შესაძლებლობის მიღება. თუმცა, ამასთან ერთად, განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს დამლექების შერჩევა და ფასი, მათი მიწოდების შესაძლებლობა და რა თქმა უნდა, პროცესის რეალიზაციის ღირებულება.

შერჩეული დამლექების (BaS, Na<sub>2</sub>S) გამოყენებისას მძიმე და სხვა ლითონების დალექვა ხდება პრაქტიკულად მყისიერად და ხდება მათგან მკწ-ს გაწმენდა ზღვ-მდე.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შემოთავაზებულია მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის მჟავა კარიერული წყლების გაწმენდის პრინციპული ტექნოლოგიური სქემა (სქემა 2).



სქემა 2. სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის კარიერული წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიური სქემა.

1. ბუნკერი 2. გრანულატორი 3. მბრუნავი ღუმელი 4. სველი დამსხვრევის წისკვილი 5. დეკონტაქტორი 6. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ის მოსამზადებელი ავზი 7. რეაქტორი 8. ფილტრი (დოლური) 9. ნალექების რეცხვის ბაკი 10. ნალექის შემასქელებელი

გამოთქმულის გათვალისწინებით, შესაძლებელია მიზანშეწონილად ჩაითვალოს მადნეულის სამთო გამამდიდრებელი კომბინატის შემადგენლობაში ბარიტული კონცენტრატის ბარიუმის სულფიდამდე აღდგენის (კარიერული წყლების გაწმენდისთვის დამლექი რეაგენტის შემდგომი მიღებით) საწარმოს (სას. სიმძლავრე 7-8 ტ/დღე) მშენებლობა. სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის სისტემაში ბარიუმის სულფიდის მიღებით, ბარიტის აღდგენის პროცესის რეალიზაციის სასარგებლოდ, გარდა ზემოთ ჩამოთვლისა, ასევე, მეტყველებს ისიც, რომ ქვეყნის რამდენიმე წარმოებაში არსებობს მოთხოვნა ბარიუმის სულფიდზე, კერძოდ, მარგანეცის დიოქსიდის (ქ. რუსთავი) და მეტალური ელექტროლიტური მარგანეცის (ქ. ზესტაფონი) წარმოებაში. ამ წარმოებებში

ბარიუმის სულფიდი შემოთავაზებულია საწარმოო ხსნარების მძიმე მეტალებისგან გასაწმენდად. ამასთან, ბარიუმის სულფიდის წარმოებიდან ბარიუმის შლამების (ნარჩენები) უტილიზაცია შესაძლებელია ასფალტობეტონის წარმოებისას მინერალური ფხვნილის სახით.

## დასკვნა

1. წარმოდგენილ სამუშაოში მოყვანილია დაბალი ხარისხის გამო გამოუყენებელი ბარიტ-პოლიმეტალური მადნის გადამუშავების ახალი მიმართულების საფუძველი, რომელიც მდგომარეობს პიროჰიდრომეტალურგიული პროცესების კომბინირებაში, რაც უზრუნველყოფს გადამუშავებადი ნედლეულის გამოყენების კომპლექსურობას. განხილულია სამთო-გამამდიდრებელი და სამთოგადამამუშავებელი საწარმოების ფუნქციონირებასთან დაკავშირებული ეკოლოგიური პრობლემები და შემოთავაზებულია მეთოდები მოცემული საკითხის გადასაჭრელად.
2. ბარიტული მადნის გამოყენებით კარიერული წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიის შემუშავება უზრუნველყოფს საწყისი მასალის კომპლექსურ გამოყენებას და იძლევა მიზნობრივი პროდუქტების (ბლანფიქსი, დამლექი რეაგენტი, ფერადი მეტალები) მიღებასთან ერთად ნარჩენების უტილიზაციის საშუალებას, რაც მიზნად ისახავს გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილებას.
3. ბარიტული კონცენტრატის აღსადგენად და დამლექი რეაგენტის სახით სულფიდების გამოყენებით კარიერული წყლების მძიმე მეტალებისგან გაწმენდის საცდელი სამუშაოების შედეგები ამტკიცებენ შემუშავებული ტექნოლოგიის გამოყენების პერსპექტიულობას.
4. შექმნილია მკწ გაწმენდის ტექნოლოგიურად და ეკონომიკურად ხელსაყრელი პროცესი ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენებით.
5. განსაზღვრულია pH 4-5 ზღვრები, რომელზეც ხდება მეტალების კატიონების დალექვა. დადგენილია, რომ pH რეგულირება ხორციელდება დამლექი რეაგენტის -  $\text{Na}_2\text{S}$  საშუალებით.
6. მიმოცვლის რეაქცია ნატრიუმის სულფიდსა და მეტალების კატიონებს შორის მიმდინარეობს სტექეომეტრული კანონზომიერების შესაბამისად.

7. მიიღება სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის ძირითადი პროდუქტის დამატებითი რაოდენობა.
8. შემუშავებული ტექნოლოგია, გარდა ძირითადი მიზნის -მძიმე მეტალების იონებისგან მკწ გაწმენდის მიღწევისა, ასევე უზრუნველყოფს ფასეული სასაქონლო პროდუქტის - ბლანფიქსის მიღებას, რომელსაც აქვს გამოყენების ფართო სპექტრი.
9. იქმნება პირობები, რომლის დროსაც შესაძლებელია გაწმენდილი მკწ წყლების გამოყენება სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის სპილენძ-სულფიდური მადნების გამდიდრების პროცესში ფლოტაციის პირობების გასაუმჯობესებლად.
10. მინიმუმამდე დაიყვანება მკწ-ს ნიადაგსა და წყლის აუზებში მოხვედრის შემთხვევაში გარემოსთვის საფრთხე.
11. არსებითად უმჯობესდება სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის წყალმომარაგება, წყლის აუზებიდან ახალი წყლების აღების ჩათვლით.

## დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში

1. ანდლულაძე შ., ბერეჟიანი ა. მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის მჟავა კარიერული წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიის დამუშავება, “ინტელექტუალი”, 2008, #6, გვ. 85-89.
2. ანდლულაძე შ., ბერეჟიანი ა. სპილენძის ამოღების ტექნოლოგია სამთო მომპოვებელი მრეწველობის ტექნოგენური წყლებიდან. ‘საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე’, ქიმიის სერია, 2008, ტომი 34, #2, გვ. 221-224.
3. ბერეჟიანი მ., ბერეჟიანი ა.-მადნეულის სპილენძის კონცენტრატის ეკოლოგიურად გამართლებული გადამუშავების პერსპექტივა საქართველოში. “ საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე”, ქიმიის სერია, 2008, ტომი 34, #2, გვ. 193-196.
4. ანდლულაძე შ., მჭედლიშვილი გ., ბერეჟიანი ა. - მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის მჟავა კარიერული წყლებში მეტალების დალექვის პრობემის შესწავლა. “საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე”, ქიმიის სერია, 2009, ტომი 35, #3, გვ. 396-397.
5. ა. ბერეჟიანი - სამთო მოპოვებითი მრეწველობის ნარჩენების მართვის ევროპული მიდგომები და მოთხოვნები. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციის „თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიები და გარემოს დაცვა“ შრომების კრებული, I ნაწილი. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, 19-20.05.2016, გვ. 67-69.
6. A. Berejiani – POPs Management Issues in Georgia. Proceedings of the Georgian National Academy of Sciences, Chemical Series, 2016, Vol. 42, N 3, pp. 395-397.
7. მ. ბერეჟიანი, ი. მეტრეველი, ა. ბერეჟიანი - ბირთვული ენერგეტიკის მასალები და მადნეულის კონცენტრატი - კომპლექსური ტექნოლოგიების პოტენციალი. IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „ენერგეტიკა - რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ მოხსენებების კრებული. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, 29.10.2016, გვ. 236-240.

8. ა. ბერეჟიანი - ნარჩენებიდან ენერჯის აღდგენის მარეგულირებელი ევროპული მოთხოვნები და მიდგომები. IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „ენერგეტიკა - რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“ მოხსენებების კრებული. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო, 29.10.2016, გვ. 293-295.
9. Andguladze Sh.N., Berejiani A.M., Mchedlishvili G.S. – Mining and Extractive Industries Waste Management: Modern Approaches. Georgian Engineering news, 2016, N 4, pp. 98-99.
10. შ. ანდლულაძე, ა. ბერეჟიანი, მ. ბერეჟიანი, გ. მჭედლიშვილი - ფსევდოგათხევადადებული შრის ჰიდროდინამიკის კომპიუტერული სიმულაცია გრანულირებული ბარიტების აღდგენის პროცესისთვის. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2017, ტომი 43, N 1, გვ. 38-40.
11. შ. ანდლულაძე, გ. მჭედლიშვილი, ა. ბერეჟიანი - მადნეულის სამთო გამამდიდრებელ კომბინატში რეციკლირების პროცესის გამოყენების შესაძლებლობა. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია, 2017, ტომი 43, N 1, გვ. 104-106.

## Abstract

One of the factors having pernicious influence on the environment is formation of waste waters polluted with heavy metals resulting from activities of mineral resource industry.

Opencast mining of copper and complex ores is connected with pollution of open-cut mine waters with ions of copper, zinc, lead, cadmium and etc.

Problem of environment pollution with ions of heavy metals is actual for Madneuli Ore Mining Enterprise that appears to be the biggest mining industry of Georgia and is located in 90km south-west from Tbilisi. Distinguished feature of goods of concentrated copper produced by Madneuli Ore Mining Enterprise is factual non-existence of arsenic component that stipulates high demand on its production on the world market.

Acid waste waters formed resulting from processing of Madneuli Complex ore appear to be salty sulphate waters. Water discharge and composition vary in wide range in connection with seasons. There are a lot of factors having natural influence on the formation of waste waters, such as: atmospheric precipitations, temperature, evaporation, velocity of metals natural leaching from the ore, cation exchange and etc.

Annual observation on qualitative composition of continually forming waste waters allows us to give them a classification of secondary technogenic hidromineral resources. Refining of these resources will let us reduce irreversible losses of non-ferrous metals, as well as, reduce underspoil ground expences and environment pollution with liquid and solid wastes.

Main goal of the thesis is to work out refining technology of copper contenting technogenic resources based on recovery of copper from technogenic watters by the instrumentality of precipitating agent natrium sulphide accompanied with receiving of copper contenting sulphide product.

Proposed treatment technology foresees using of natrium sulphide ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) as precipitating agent. Receiving of natrium sulphide is accomplished through the processing of material stored in barite ore.

Besides deep cleaning it is possible to recieve separable heavy metal sulphides using natrium sulphide as precipitating agent, as a result, there are provided additional goods.

Besides waste water treatment, proposed technology foresees stored barite utilization proposely for receiving of valuable goods of blanc fixe, that has a extensive use area. In conclusion, in case of neutrilized waste water ingress in the ground and reservoirs, the danger of environment pollution owing to factual insolubility of heavy metal sulphides will be minimal.