

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

კახაბერ კველიძე

მადნეულის საბადოს სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების  
ტექნოლოგიის სრულყოფა, ინტენსიფიკაცია

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის  
სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი ზ. არაბიძე

რეცენზენტები: -----  
-----

დაცვა შედგება ----- წლის ”-----” -----, ----- საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სადისერტაციო  
საბჭოს კოლეგიის № სხდომაზე,  
კორპუსი -----, აუდიტორია -----  
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,  
ხოლო ავტორეფერატისა – სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----დ. თევზაძე

## შესავალი

საქართველოს ეკონომიკის აღმავლობა დიდად არის დამოკიდებული სამთო-მოპოვებითი, ქიმიური და მეტალურგიული დარგების აღორძინებაზე და შემდგომ განვითარებაზე. ბუნებრივი რესურსების კომპლექსური გამოყენება, წიაღისეულის გადამუშავებისა და გამდიდრების დროს სასარგებლო კომპონენტის დანაკარგების და გარემოზე წარმოების ნარჩენების მავნე ზემოქმედების შემცირება, მჭიდროდაა დაკავშირებული ახალი ტექნოლოგიური პროცესების შემუშავებასა და უკვე არსებული ტექნოლოგიური სქემების სრულყოფის აუცილებლობასთან.

საქართველოში სპილენძის ყველაზე დიდი მარაგი, მადნეულის სულფიდურ საბადოშია, რომლის ბაზაზე 30 წელზე მეტია ფუნქციონირებს ს.ს. მადნეულის საწარმოები. ამ ხნის მანძილზე მოპოვებულ მადნებში შემცირდა სასარგებლო კომპონენტების პროცენტული რაოდენობა, რაც იწვევს სასაქონლო პროდუქციის ხარისხის გაუარესებას და შესაბამისად სარეალიზაციო ფასების შემცირებას. ასეთ პირობებში წარმოების ტექნოლოგიური მაჩვენებლის გაუმჯობესება შესაძლებელია მოსაპოვებელი მადნის გამდიდრების ტექნოლოგიური პროცესების ინტენსიფიკაციით.

სამთო-მამდიდრებელი კომპლექსის და მისი საწარმოებო ბაზის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ს.ს. „მადნეულის“ ეფექტური ფუნქციონირების სამომავლო (უახლოესი წლების) პერსპექტივები უპირველესად უკავშირდება მინერალური ნედლეულის კომპლექსურ გამოყენებას და საწარმოს სამადნო ბაზის გადაფასებას. პირველ რიგში იგულისხმება მოსაპოვებელი მადნის სრულფასოვნად გადამუშავების შედეგად გამოსაშვები პროდუქციის გაზრდის შესაძლებლობის რეალიზაცია, ღარიბი მადნებისა და სამთო მამდიდრებელი წარმოების ნარჩენების გამოყენება, სამრეწველო მადნების დამატებითი მარაგების გამოვლენა. ამ ამოცანის წარმატებული გადაწყვეტა დიდწილად დამოკიდებულია გეოლოგიური შესწავლის თანამედროვე ტექნოლოგიების, მადნების მოპოვებისა და გადამუშავების მაღალეფექტური ტექნოლოგიების დანერგვაზე.

მადნეულის საბადო ამჟამად წარმოდგენილია სამი სამრეწველო ტიპის მადნით: ბარიტ-პოლიმეტალური (2 მლ. ტნ), ოქრო-სპილენძის (20 მლ. ტნ) და ოქროსშემცველი კვარციტები (10 მლ. ტნ).

ბარიტ-პოლიმეტალურ მადნებში გამოიყოფა: ბარიტული, ბარიტ-ოქროსშემცველი, ბარიტ-ტყვია-თუთიის და ბარიტ-სპილენძ-თუთიის ქვეტიპები. მადნები წარმოდგენილია მასიური, ზოლიან-კოლომორფული, ბრექჩიული, მარღვაკულ-ჩაწინწკლული და ჩაწინწკლული ტექსტურებით.

ბარიტ-პოლიმეტალურ მადნებში ძირითადი მადნეული მინერალებია: ბარიტი, სფალერიტი, პირიტი, გალენიტი; მეორეხარისხოვანი - ქალკოპირიტი, მარკაზიტი. მარღვული მინერალები წარმოადგენილია კვარცით, ქალცედონით, ოპალით, სერიციტით, ალუმინით, კაოლინით, ჰიდროქარსით და სხვა.

ბარიტ-პოლიმეტალურ მადნებს ქვემოთ განლაგებულია: სპილენძ-თუთიის, სპილენძ-კოლჩედანური და გოგირდ-კოლჩედანური მადნები. მათში მთავარი მადნეული მინერალებია ქალკოპირიტი, პირიტი; მეორეხარისხოვანი - სფალერიტი, ქალკოზინი. ქანშემქმნელი მინერალები წარმოდგენილია კვარცით, თაბაშირით, სერიციტით, ალუმინით, ქლორიტით, ანჰიდრიტით, ეპოდოტით. მადნების ტექსტურაა: ბრექჩისმსგავსი და მარღვაკულ ჩაწინწკლული.

**თემის აქტუალობა.** მადნეულის საბადოზე არსებული ზონალობის მიხედვით დათვლილია და დამტკიცებულია მადნის შემდეგი მარაგები:

სპილენძ-თუთიის მადნების მარაგი წიაღში და საწყობში  $C_2$  - კატეგორიით შეადგენს 2122960 ტნ. ეს მარაგი შეიცავს 84750 ტნ. სპილენძს, 443370 ტნ. თუთიას, 1229 კგ ოქროს და 31 ტნ. ვერცხლს. საბადოზე სპილენძის მადნების მოპოვების ფრონტის გაზრდა შესაბამისად იწვევს დასაწყობებული სპილენძ-თუთიის მადნების რაოდენობის მკვეთრ ზრდას რამოდენიმე ათეულ მილიონ ტონამდე.

რადგანაც აღნიშნული დასაწყობებული სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების ტექნოლოგია არასრულადაა შესწავლილი. ასეთი მადნების ფლოტაციური გამდიდრების ტექნოლოგიის სრულყოფა-ინტენსიფიკაცია

აქტუალურია და მისი განხორციელება საშუალებას მოგვცემს დამატებით მიღებული იქნეს ფერადი (სპილენძი, თუთია) და კეთილშობილი (ოქრო) ლითონების მნიშვნელოვანი რაოდენობა.

**სამუშაოს მიზანი:** სპილენძ-თუთიის მადნების გადამუშავების ტექნოლოგიის სრულყოფა-ინტენსიფიკაცია კონდიციური კონცენტრატების მიღებისა და შემდგომი გამოყენების მიზნით.

**კვლევის ძირითადი ამოცანები:**

1. სპილენძისა და თუთიის მინერალების ზედაპირზე მიმდინარე ძირითადი პროცესების კვლევა;
2. სპილენძისა და თუთიის მინერალების სელექციის ხელისშემშლელი მიზეზების კვლევა;
3. სპილენძისა და თუთიის მინერალების გახსნის ოპტიმალური სიმსხოს დადგენა;
4. სპილენძ-თუთიის მადნების ოპტიმალური გადამუშავების ტექნოლოგიური სქემისა და რეაგენტული რეჟიმების შემუშავება.

**კვლევის მეთოდები:** სპილენძ-თუთიის მადნებისა და კონცენტრატების შემადგენლობის განსაზღვრა ანალიზის ქიმიური, მინერალოგიური, მიკროსკოპული მეთოდებით. მინერალის ზედაპირზე მიმდინარე ძირითადი პროცესების კვლევა ელექტროდული პოტენციალის გაზომვებით. მადნის გამდიდრებადობის შესწავლა ფლოტაციური მეთოდით.

**მეცნიერული სიახლეები:** შემუშავებულია სპილენძის მეორადსულფიდური, თუთიასა და კოლჩედანური მადნების გამდიდრების ახალი ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს დაფქული მადნის კლასიფიცირებას 90-90% -74 მკმ ფრაქციის შემცველ შლამებად და სილებად. სილების 80-85% -74 მკმ ფრაქციამდე დაფქვას და მათ დამოუკიდებელ ფლოტაციას (პატენტი V 1624. 2010. 11. 09).

მადნეულის საბადოს პირობებში პირველად იქნა დადგენილი სპილენძ-თუთიის მადნების შემადგენელი მინერალების ოპტიმალური

გახსნის სიმსხო და ცალკეულ კლასებში მათი თავისუფალი და შენაზარდი მარცვლების პროცენტული რაოდენობა.

დამუშავებული და ათვისებულია სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების სელექციური და კოლექტიური ფლოტაციის ტექნოლოგიური სქემები და რეაგენტული რეჟიმი.

**სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა:** დისერტაციაში მიღებული შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია დასაწყობებული და წიაღში არსებული სპილენძ-თუთიის მადნების ს.ს. მადნეულის ფაბრიკის ერთ სექციაზე გადამუშავების შედეგად სასაქონლო პროდუქციის მიიღება:

- ლითონური სპილენძი - 5 429 ტნ
- ლითონური თუთია - 10 564 ტნ

აღნიშნული სასაქონლო პროდუქტის რეალიზაციის შედეგად წლიური ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 34 მილ. აშშ დოლარს.

**პუბლიკაციები:** სადისერტაციო თემაზე გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო სტატია საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალებში და მიღებულია ერთი პატენტი.

**სამუშაოს მოცულობა:** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: შესავალი, ოთხი თავი და დასკვნები. შეიცავს რეზიუმეს, შინაარსს, 12 ნახაზს, 25 ცხრილს, 74 ციტირებული ლიტერატურის ნუსხას წყაროს დასახელებით. დისერტაცია წარმოადგენილია 120 თაბახის ფურცელზე.

## თავი 1. სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების

### თანამედროვე მდგომარეობა

მადნეულის საბადო წარმოდგენილია სამი სამრეწველო ტიპის მადნით: ბარიტ-პოლიმეტალური, სპილენძ-კოლჩედანური და ოქროშემცველი კვარციტები.

მადნეულის საბადო ბოლნისის მადნიან რაიონში ყველაზე მსხვილ და მნიშვნელოვან ობიექტს წარმოადგენს, რომლის თავდაპირველი მარაგები 600 ათას ტონამდე სპილენძს შეადგენდა. დღეისათვის მადნეულის საბადოზე სპილენძის საბალანსო მარაგიდან მხოლოდ 157 ათასი ტონა დარჩა, მაგრამ სპილენძის არაბალანსური და პროგნოზული მარაგები აქ აღემატება 450 ათას ტონა სპილენძს და 36000 კგ. ოქროს. გარდა ამისა, მადნეულის საბადოზე დათვლილია (წიაღში) და დასაწყობებულია ბარიტის, ტყვიის, თუთიისა და ვერცხლის მნიშვნელოვანი მარაგი.

სპილენძ-თუთიის სულფიდური მადნების სელექციური ფლოტაციის პრობლემები დღემდე გადაუჭრელი რჩება. ამ პრობლემის გადაწყვეტის სირთულეს განაპირობებს ისეთი ფაქტორები, როგორცაა: მინერალების გამადნების სიმსხო, დაჟანგვისა და მეორადი გამდიდრების პროცესების განვითარება საბადოზე.

სულფიდური მინერალების დაჟანგვის პროცესში მადნის სტრუქტურულ თავისებურებას დიდი მნიშვნელობა აქვს. სულფიდური მინერალები წყალში გახსნილ ჟანგბადთან ურთიერთქმედების შედეგად გადადიან გოგირდის ჟანგბადოვან ნაერთებში, ჰიდროჟანგებში და ა.შ. ამ პროცესების ძირითადი თავისებურება ის არის, რომ სულფიდებიდან წარმოიქმნება გოგორდმჟავა და რკინისა და სპილენძის სულფატები, რომლებთან ურთიერთქმედებისას სულფიდები განიცდიან რიგ ცვლილებებს. ცვლილებები მიმდინარეობს pH-ის დაბალ არეში.

მადნის რთული მინერალოგიური შემადგენლობა სელექციური ფლოტაციის ოპტიმალური რეჟიმის შერჩევის ერთ-ერთი ხელის შემშლელი ფაქტორია.

სპილენძის მინერალები ფლოტაციური თვისებების მიხედვით ჯგუფდება შემდეგნაირად: ქალკოპირიტი-ბორნიტი-კოველინი-ქალკოზინი. რადგან შემკრები რეაგენტების ადსორბციაზე გავლენას ახდენს სპილენძის კათიონები, ამიტომ რაც უფრო მეტია მათი რაოდენობა მინერალის ზედაპირზე, მით დიდია მისი ფლოტაციის აქტივობა. რადგან სპილენძის იონები ააქტიურებს თუთიის სულფიდური მინერალის ზედაპირს, ამიტომ სპილენძის სელექციური ფლოტაციისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს, არა მარტო მადანში სპილენძის შემცველობას, არამედ მის მინერალოგიურ შედგენილობას.

სპილენძ-თუთიის დაჟანგული მადნის სელექციური ფლოტაციის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს სულფიდების დეპრესირება სპილენძის ფლოტაციის ციკლში, რისთვისაც საჭიროა პულპის თხევად ფაზაში მადეპრესირებელი რეაგენტის იონების კონცენტრაციის ოპტიმალური წონასწორობის შენარჩუნება, რათა არ მოხდეს სპილენძის სულფიდური მინერალების დეპრესია.



## თავი 2. სპილენძ-თუთიის მინერალების ზედაპირზე

### მიმდინარე ძირითადი პროცესების კვლევა

პულპის თხევადი ფაზის იონურ-მოლეკულურ მდგომარეობას ძირითადად განსაზღვრავს pH-ის და ჟანგვა აღდგენითი პოტენციალის მნიშვნელობები.

სპილენძის იონებით გააქტიურებული სფალერიტი უფრო ინტენსიურად ფლოტირებს, ვიდრე სპილენძის მინერალები. მაშასადამე სპილენძისა და თუთიის მინერალების სელექციის მთავარ სირთულეს წარმოადგენს სპილენძის იონებით გააქტიურებული სფალერიტი.

ფლოტაციურ პროცესში პულპის ინტენსიური აერაციის პირობებში მიმდინარეობს სულფიდური იონების დაჟანგვა და მათი დესორბაცია მინერალების ზედაპირიდან, რაც უზრუნველყოფს სპილენძის იონებით სფალერიტის გააქტიურების პროცესს.

ცნობილია, სპილენძის იონებით სფალერიტის აქტივაციის ხარისხის განსაზღვრის რამდენიმე მეთოდი. ჩვენი არჩევანი შევაჩერეთ ორ მეთოდზე:

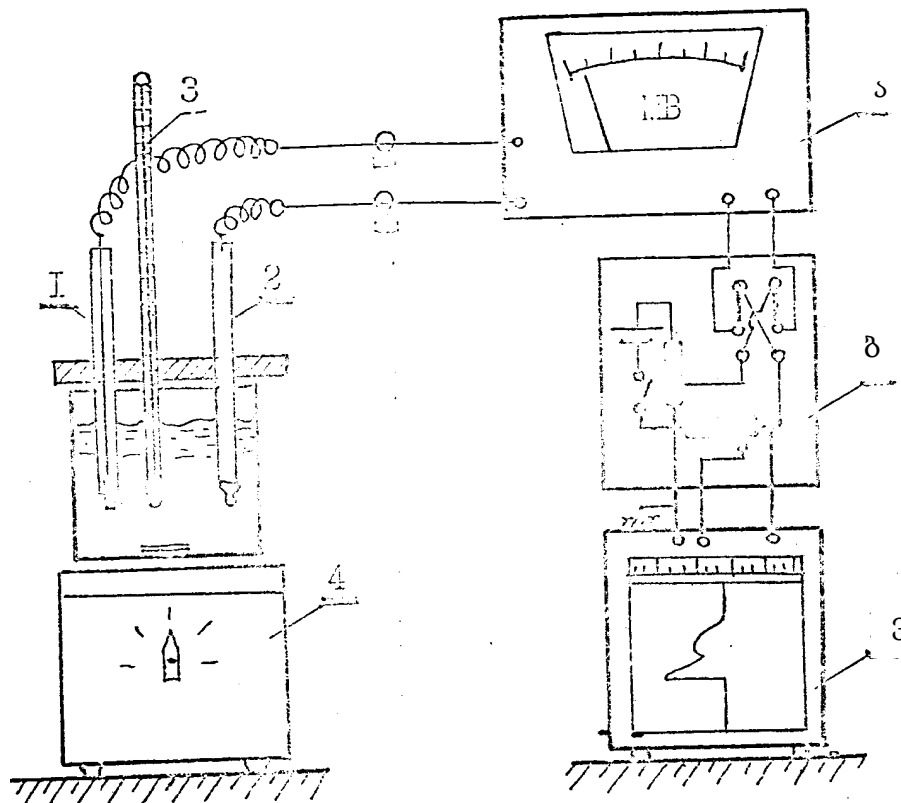
1. სფალერიტის ელექტროდული პოტენციალის გაზომვა;
2. მინერალის აქტივაციის შესწავლა ფლოტაციის მეთოდით.

ელექტრონული პოტენციალით განისაზღვრება პულპაში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენითი პროცესები.

თუ გაზომვისას ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი იცვლება დადებით მხარეს, მაშინ მიმდინარეობს დაჟანგვის პროცესი, ხოლო საწინააღმდეგო შემთხვევაში იძენს აღდგენით ხასიათს.

ელექტრონული პროცესის კვლევისათვის აწყობილი იქნა დანადგარი, რომლის სქემა მოცემულია ნახ. 1.

კვლევისათვის დამზადებული იქნა სფალერიტის ელექტროდი მიკროსკოპულად სუფთა ნიმუშებიდან. ცდების პირველ სერიაში განისაზღვრა ელექტროდული პოტენციალის ცვლილება, რომელსაც განაპირობებს ხსნარში სპილენძის იონების კონცენტრაცია.

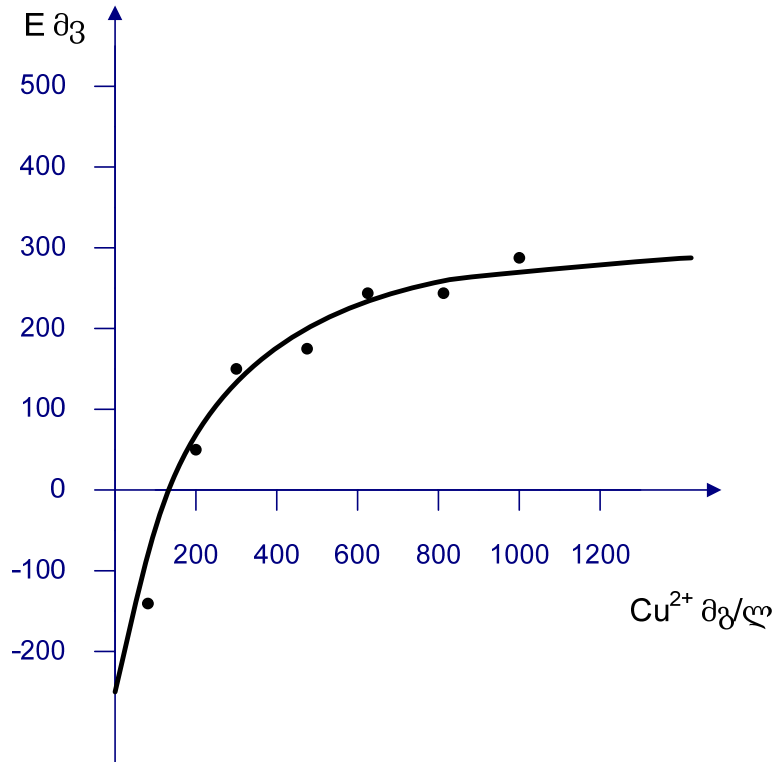


ნახ. 1. ელექტროდული პოტენციალის გამზომი პოტენციომეტრული დანადგარის სქემა

ა-მილივოლტმეტრი pH-673; ბ-კომუტაციური ბლოკი; ვ-მარეგისტრირებელი მილივოლტმეტრი. 1,2- ელექტროდები, 3-თერმომეტრი, 4- მაგნიტური აშრევი.

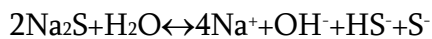
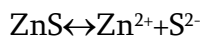
სფალერიტის ელექტროდული პოტენციალის ცვლილების დამოკიდებულება ხსნარში სპილენძის იონების კონცენტრაციასთან მოცემულია ნახ. 2. როგორც ნახაზიდან ჩანს, სფალერიტის პოტენციალი უარყოფითი სიდიდიდან გადადის დადებითში, რაც აიხსნება ხსნარში სპილენძის იონების კონცენტრაციის გაზრდით. ხსნარში ნატრიუმის ციანიდისა და ტუტის აჯასპის ერთობლივი დამატება იწვევს სფალერიტის პოტენციალის ცვლილებას უარყოფით მხარეს და უტოლდება - მინუს 490 მილივოლტს. ე.ი. სფალერიტის პოტენციალის ცვლილება უარყოფით მხარეს დაკავშირებულია მისი ფლოტაციური თვისებების შემცირებასთან.

შესწავლილია სფალერიტის ფლოტაციაში გოგირდოვანი ნატრიუმის ხარჯის გავლენა პულპის ჟანგვა-აღდგენით პოტენციალზე.



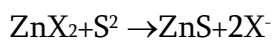
ნახ. 2. სფალერიტის ელექტროდული პოტენციალის ცვლილების დამოკიდებულება ხსნარში სპილენძის იონების კონცენტრაციასთან.

სფალერიტის ზედაპირზე მიმდინარე პროცესები გამოისახება შემდეგი რეაქციით:



სფალერიტის ფლოტაციისათვის გამოყენებული იქნა ქსანთოგენატი. ZnS ხსნადობის ნამრავლი რამდენჯერმე ნაკლებია თუთიის ქსანთოგენატის ხსნადობის ნამრავლზე.

$$\Pi\text{P}_{\text{ZnS}} = 7.4; \Pi\text{P}_{\text{ZnS}} = 4.9 \times 10^{-9}$$



რეაქციის წონასწორობის მუდმივა  $\lg k = \frac{(E_2 - E_1)n}{0.059}$  ტოლია

$$E_0\text{S}^{2-} = -0.51\text{V} \quad [\text{Me}^{2+}] = 1 \text{ გრ. იონი.}$$

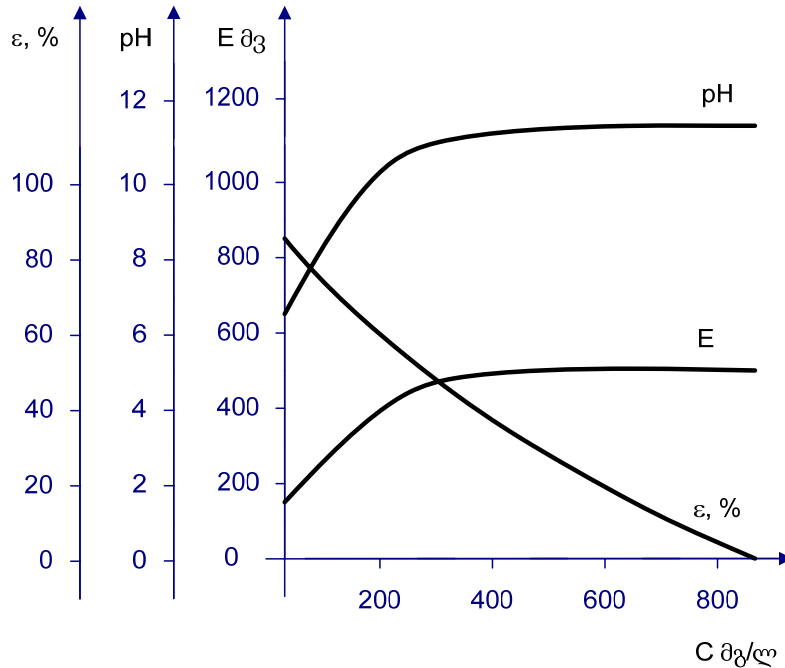
$$E_1 = -0.51 + 0.059/4 \cdot \lg 1/7.4 \cdot 10^{27} = -0.51 + 0.0148 \cdot 0.135 \cdot 10^{27} = -0.137$$

$$\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}^{2-}; \quad E_2 = -0.401 \text{ V}$$

$$\lg k = \frac{(E_2 - E_1)n}{0.059} = \frac{(0.401 + 0.137) \cdot 4}{0.059} = 29.69$$

$$K = 4.9 \cdot 10^{29}$$

გოგირდოვანი ნატრიუმის ხარჯის გაზრდა იწვევს პულპის ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის ზრდას. შესაბამისად სფალერიტის ამოკრეფა მცირდება ნახ. 3.



ნახ. 3. გოგირდოვანი ნატრიუმის ხარჯის გავლენა სფალერიტის ფლოტაციაზე.

პულპაში დამატებული აღმდგენელი წარმოადგენს თავისუფალი ელექტრონების დონორს, რის შედეგადაც მინერალის ზედაპირზე გროვდება თავისუფალი ელექტრონების ჭარბი რაოდენობა, რაც ამცირებს შემკრები რეაგენტის დამაგრების ალბათობას ე.ი. მინერალი განიცდის დეპრესიას.

როგორც ზემოთ ავლინებთ, სფალერიტისა და სპილენძის სულფიდების ერთდროული ფლოტაციისას, თხევადი ფაზის ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის მნიშვნელობა დიდ გავლენას ახდენს სფალერიტის ზედაპირის სპილენძის იონებით გააქტიურების პროცესზე. პულპის ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის რეგულირება შეიძლება, როგორც აღმდგენი

რეაგენტების დამატებით, ასევე ფლოტაციის წინ პულპის ელექტროქიმიური დამუშავებით.

როგორც უკვე ავლიშნეთ სპილენძის მადნის გამდიდრებისას სპილენძისა და თუთიის მინერალების დასაცილებლად, არაა საკმარისი საფლოტაციო პულპის თხევად ფაზიდან სპილენძის იონების მოცილება. ასევე მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს ქსანთოგენატის, როგორც შემკრები რეაგენტის მიწოდების რეჟიმი საფლოტაციო პულპის თხევადი ფაზის რთული იონური შემადგენლობის პირობებში.

სულფიდურ მინერალებზე ციანიდური მარილების მადეპრესირებელი მოქმედება ეფუძნება ციანიდისადმი შესაბამისი მძიმე ლითონების ქსანთოგენატების არამდგრად დამოკიდებულებას. მინერალის ზედაპირზე ქსანთოგენატის შრის დაშლისას წარმოებს ციანიდის იონების სორბცია და მისი ნაწილობრივი გახსნა რაც განაპირობებს სფალერიტისა და პირიტის ზედაპირიდან გამააქტივებელი სპილენძის აფსკის მოხსნას.

ამგვარად ციანიდის მადეპრესირებელი მოქმედების მექანიზმია მინერალების ზედაპირზე შემკრები რეაგენტის მძიმე ლითონების იონებთან წარმოქმნილი ნაერთის გახსნა ან ასეთი ნაერთების წარმოქმნის ხელისშემშლელი პირობების შექმნა.

ექსპერიმენტით დადგინდა, რომ სპილენძის სულფიდების ფლოტაციის უნარის გაზრდისთვის, სფალერიტის და პირიტის ერთდროულად დეპრესიის დროს ეფექტურია ფლოტაციის წინ კირის მიწოდება. ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია კოლექტიური კონცენტრატის დაფქვა. ტუტე არეში (pH=9) კონცენტრატის დაფქვის შემდეგ pH-ის ოპტიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა კირის ნარჩენი იონების დაბრუნებით სპილენძის ფლოტაციაში შუალედ პროდუქტებთან ერთად, რაც ქმნის ხელსაყრელ პირობებს სპილენძისა და თუთიის სელექციური ფლოტაციისთვის.

### თავი 3. სპილენძ-თუთიის მადნების ნივთიერი შემადგენლობის შესწავლა

განისაზღვრა სპილენძ-თუთიის მადნების მინერალოგიური და ქიმიური შედგენილობა, სასარგებლო კომპონენტების გამოვლინების ფორმა, მადნის ტექსტურული და სტრუქტურული ფორმები, გრანულომეტრიული შედგენილობა და სხვადასხვა სიმსხოს კლასებში თავისუფალი და შენაზარდი მინერალების რაოდენობა.

მადნეულის საბადოზე დასაწყობებული სპილენძ-თუთიის მადნებიდან კვლევებისათვის აღებული იქნა სამი სხვადასხვა ტექნოლოგიური სინჯი:

- სულფიდური სპილენძ-თუთიის კონდიციური მადნების სინჯი №1;
- სულფიდური და დაჟანგული სპილენძ-თუთიის მადნების სინჯი №2;
- სულფიდური სპილენძ-თუთიის არაკონდიციური მადნების სინჯი №3.

ცალკეული სინჯების ქიმიური, ფაზური და მინერალოგიური ანალიზის შედეგების მიხედვით: სულფიდური სპილენძ-თუთიის კონდიციური მადნები (სინჯი №1) შეიცავს სპილენძს 1,08%, თუთიას 2,0% გოგირდს 20,03%, რკინას 15,50%, რაც უდაოდ მიუთითებს სელექტიური ფლოტაციის ხელსაყრელ პირობებზე. ფაზური ანალიზის მიხედვით: სპილენძის 32,41% წარმოდგენილია პირველადი, 38,89%-მეორადი სულფიდებით, 11,11% ტენანტიტით, ხოლო 17,59% დაჟანგული მინერალებით. თუთიის 89% წარმოდგენილია სულფიდური ფორმით, დანარჩენი რაოდენობა კი შეადგენს თუთიის დაჟანგული და წყალში ხსნადი მინერალებს.

ძირითადი მადნეული მინერალებია: პირიტი, ქალკოპირიტი, სფალერიტი, კოველინი და ქალკოზინი.

- სულფიდური და დაჟანგული სპილენძ-თუთიის მადნები (სინჯი №2) შეიცავს სპილენძს 0,725%, თუთიას 0,59%, გოგირდს 7,51%, რკინას 7,5%. აღნიშნულ სინჯში სპილენძის თუთიასთან ფარდობა, ასევე ლითონთა შემცველობის სიმცირე მიუთითებს აღნიშნული მადნის შედარებით რთულ ხასიათზე. აღნიშნული სინჯის ფაზური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სპილენძის მხოლოდ 23,15% წარმოდგენილია პირველადი სულფიდებით, 12,03% ტენანტიტით, 49,65% სპილენძის დაკავშირებულია მეორად

სულფიდებთან, ხოლო 15,17% სპილენძისა დაჯანგული ფორმით გვევლინება. სპილენძის მინერალების დაჯანგული ფორმები ხელსაყრელ წინაპირობებს ქმნიან თუთიის მინერალების აქტივიზაციისათვის რაც ართულებს მათი სელექციის პროცესს. თუთია აღნიშნულ სინჯში 88,13%-ით წარმოდგენილია სულფიდური, 1,70 % სულფატური და 10,17% დაჯანგული მინერალებით. ძირითადი მადნეული მინერალებია: პირიტი, ქალკოპირიტი, სფალერიტი, კოველინი და ქალკოზინი.

- სულფიდური სპილენძ-თუთის არაკონდიციური მადნები (სინჯი №3) სპილენძის (1,26), თუთიისა (1,48) და გოგირდის (17,29) შემცველობის მიხედვით ახლოსაა №1 სინჯთან. ფაზური ანალიზის მონაცემებით სპილენძის მხოლოდ 34,13% წარმოდგენილია პირველადი სულფიდების სახით, 41,27% მეორადი სულფიდების, 7,14 % ტენანტიტით, ხოლო 17,46 % დაჯანგული ფორმით. თუთიის მინერალები ძირითადად წარმოდგენილია სულფიდური ფორმით 91,22 % თუთიის დაჯანგული და წყალში ხსნადი ფორმები შეადგენენ 8,88 %, აღნიშნული სინჯის ფაზური ანალიზის შედეგები ცხადყოფს, რომ სპილენძის და თუთიის მინერალების დაჯანგვის ხარისხი ართულებს მათი გაყოფის შესაძლებლობას. მადნის შემადგენელი ძირითადი მინერალებია პირიტი, ქალკოპირიტი, სფალერიტი, ქალკოზინი და კოველინი, იშვიათად გვხვდება ტენანტიტი, გალენიტი, მაგნეტიტი.

ამრიგად მადნეულის საბადოს სპილენძ-თუთიის მადნები მიეკუთვნება იშვიათ ჩაწინწკლულობის და ჩაწინწკლული ტექსტურის მადნებს, ძლიერ რთული მინერალოგიური შემადგენლობითა და სულფიდური მინერალების წვრილად ჩაწინწკლულობით, რაც განაპირობებს მათი გახსნისათვის წვრილად დაფქვის აუცილებლობას. მადანი ადვილად დაშლამებადია. აქედან გამომდინარე მადნის ნივთიერი შემადგენლობა განაპირობებს მადნის ძნელად გამდიდრების უნარს, ამავე დროს გამდიდრების პროცესში ძირითადი სირთულეები განპირობებულია დაჯანგვის პროცესის განვითარებით, სფალერიტის სპილენძის მინერალების ჩანაცვლებით, სფალერიტის და სულფიდური სპილენძის პირველადი და მეორადი მინერალების მჭიდრო შეზრდით.

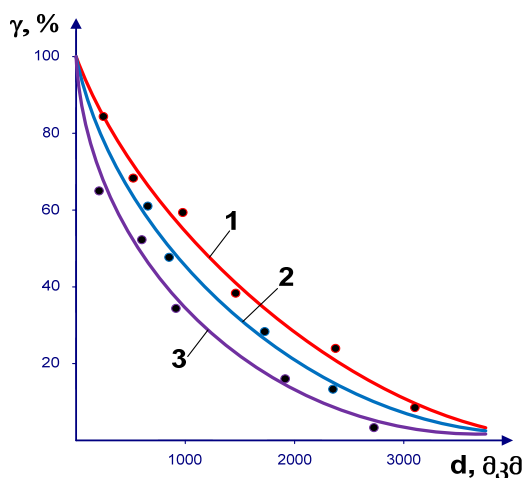
#### თავი 4. მადნეულის საბადოს სპილენძ-თუთიის მადნების გადამუშავების ტექნოლოგიის შემუშავება

სპილენძ-თუთიის მადნების სელექციური ფლოტაციით გამდიდრება ციანიდის გარეშე, როგორც წესი რთულდება ტექნოლოგიური პროცესის არამდგრადობით, რომლებიც დაკავშირებულია სპილენძის ფლოტაციის ფრონტზე დეპრესორის მოქმედების ეფექტურობის შემცირებით.

მადნეულის საბადოს სპილენძ-თუთიის მადნების ფლოტაციისას ციანიდის გამოყენება აუცილებლად გამოიწვევს გარემოს ეკოლოგიის მკვეთრ გაუარესებას.

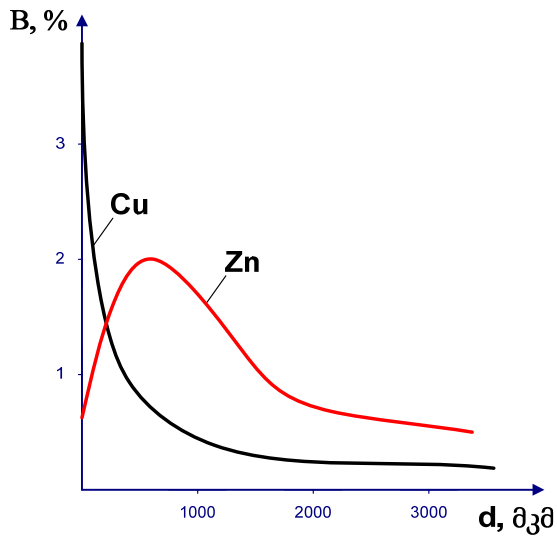
ყოველივე ამის გათვალისწინებით კვლევების მიზანს წარმოადგენდა დასაწყობებული სპილენძ-თუთიის მადნებისათვის შეგვერჩია ტექნოლოგია ციანიდის გამოყენების გარეშე, რომლის მიღწევის სირთულე განპირობებულია დასაწყობებული სფალერიტის მინერალების სპილენძის იონებით წინასწარი აქტივაციით, ასევე გასათვალისწინებელია ცალკეულ მადნებში სპილენძისა და თუთიის ფარდობის ფართო ზღვრებში ცვალებადობა. ასეთი ცვლილება განაპირობებს ფლოტაციის უნივერსალური ტექნოლოგიის შემუშავების აუცილებლობას.

სპილენძ-თუთიის 3 მმ დამსხვრეული მადნის გრანულომეტრიული შედგენლობა მოცემულია ნახ. 4, ხოლო ცალკეულ კლასებში სპილენძისა და თუთიის პროცენტული განაწილება ნახ. 5.



ნახ. 4. 3 მმ დამსხვრეული მადნის გრანულომეტრიული შედგენილობა  
1 - სინჯი; 2- სინჯი; 3- სინჯი;

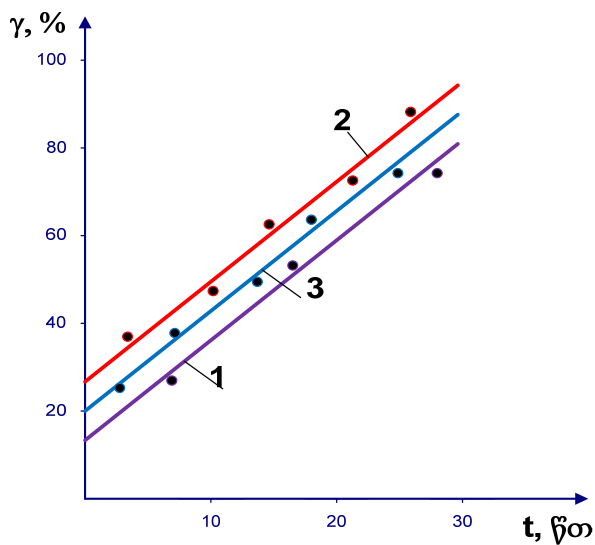




ნახ. 5. ცალკეულ კლასებში Cu და Zn განაწილება

როგორც მე-5 ნახაზიდან ჩანს სპილენძი და თუთია, რომლებიც ძირითადად განაწილებულია -74 მკმ კლასში, მადანი მათი მინერალების გახსნისათვის საჭიროებს წმინდათ დაფქვას.

მადნეულის საბადოს სპილენძ-თუთიის მადნების დაფქვის ოპტიმალური სიმსხოს დასადგენად კვლევები ტარდებოდა სტანდარტული მეთოდით. დაფქულ მადანში -74 მკმ კლასის შემცველობის დამოკიდებულება დაფქვის ხანგრძლივობაზე მოცემულია ნახ. 6.



ნახ. 6. -74 მკმ კლასის შემცველობის დამოკიდებულება დაფქვის ხანგრძლივობაზე  
 1 - სინჯი; 2- სინჯი; 3- სინჯი;

საწყის ეტაპზე ცდებით დადგინდა დაფქვის ოპტიმალური სიმსხო, რომელიც კოლექტიურ-სელექციური ფლოტაციის კოლექტიურ ციკლში შეადგენს 70-72% მინუს -74 მკმ., ხოლო პირდაპირი სელექციური ფლოტაციისას 80-82% -74 მკმ.

მიღებული შედეგები გამოყენებული იქნა სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემების შემუშავებისათვის.

უცინადო რეაგენტული რეჟიმით სპილენძ-თუთიის სელექციური ფლოტაციის ტექნოლოგიის შემუშავება ძირითადად დაკავშირებულია ისეთი სულფიდური ნაერთების გამოყენებასთან, როგორცაა გოგირდმჟავა და მისი მარილები, თიოსულფატი, ნატრიუმის სულფიდი და ჰიდროსულფიდი. ჩამოთვლილი ნაერთებიდან ყველაზე ძლიერ დეპრესორს გოგირდოვანი ნატრიუმი წარმოადგენს.

სულფიდური მინერალების სელექცია ძირითადათ ტუტე არეში მიმდინარეობს, რომელშიც დაჟანგვის პროცესი ინტენსიფიცირებულია.

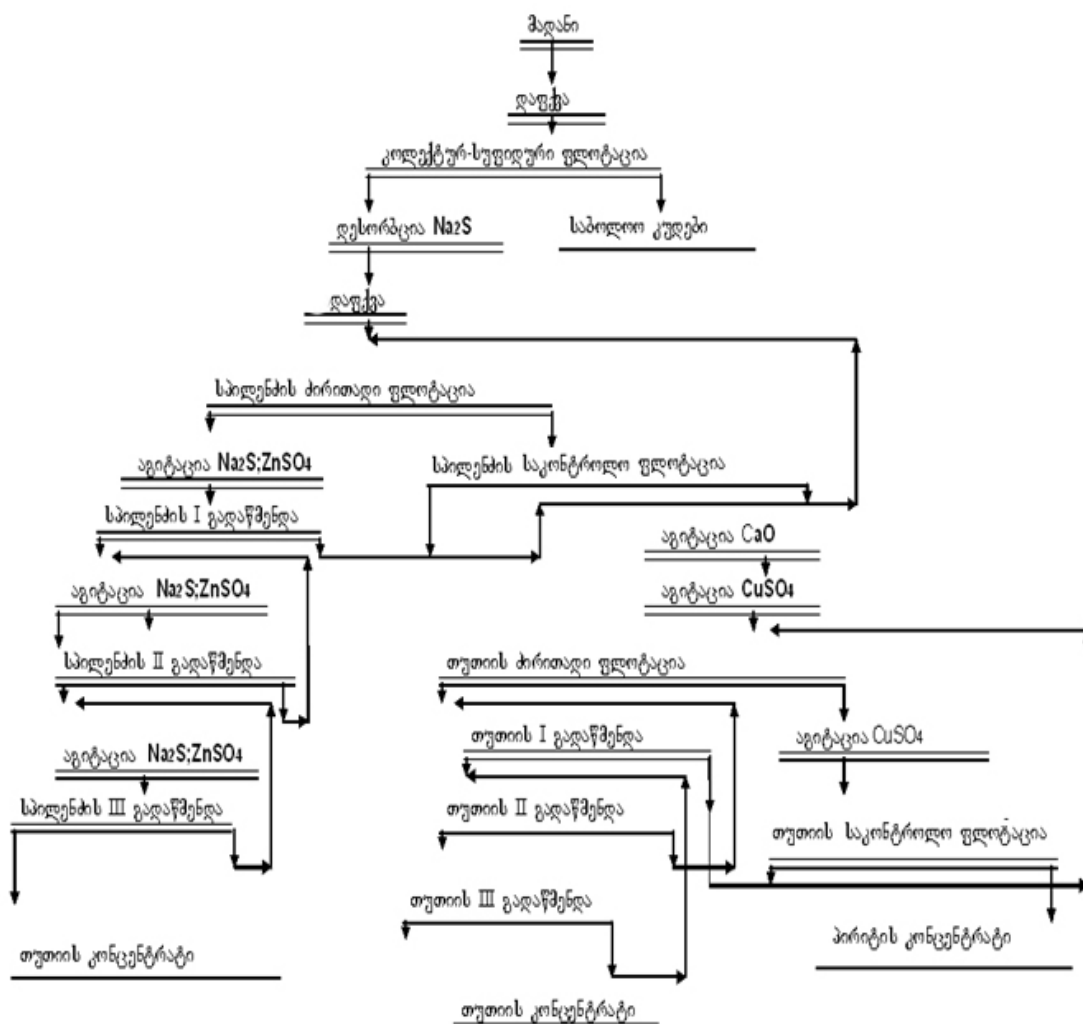
სულფიდური სპილენძ-თუთიის კონდიციური მადნების გამდიდრების ლაბორატორიული კვლევების პროცესში გამოცდილი იქნა ორი ტექნოლოგიური სქემა: კოლექტიურ-სელექციური და პირდაპირი სელექციური. ფლოტაციის კოლექტიურ-სელექციური სქემის შემუშავებისას შესწავლილი იქნა ტუტიანობის გავლენა გამდიდრების მაჩვენებლებზე. დადგენილია, რომ ტუტიანობის გაზრდით (pH-დან 6.2-11.0-მდე) იზრდება სელექციური სულფიდური კონცენტრატის გამოსავალი 29.10%-დან -50.7%-მდე. კოლექტიური სულფიდური კონცენტრატი სელექციამდე საჭიროებს დაფქვას სპილენძის მინერალების შენაზარდებიდან სფალერიტის გამოსათავისუფლებლად. გამოკვლეული იქნა დაფქვის ხარისხის გავლენა სელექციაზე. დადგინდა, რომ სპილენძის უხეში კონცენტრატის 66-69% -74 მკმ ფრაქციებამდე დაფქვისას თუთიის დანაკარგი კლებულობს 63.20%-დან 40.49%-მდე, ხოლო 94.06% -74 მკმ ფრაქციებამდე დაფქვისას სელექციურობის ინდექსი იზრდება 1.33-დან

3.25-მდე. შემდგომი კვლევებისათვის დაფქვის ოპტიმალური რეჟიმად მიღებულია -94.06% -74 მკმ ფრაქციამდე დაფქვა.

სპილენძისა და თუთიის მინერალების სელექციის გაუმჯობესებისათვის დაფქვის წინ მინერალის ზედაპირიდან რეაგენტის დესორბციისათვის გამოყენებულია გოგირდოვანი ნატრიუმი გააქტივებული ნახშირის არეში. დესორბენტების ხარჯი და პულპასთან მათი კონტაქტის ხანგრძლივობა დადგინდა ცდების შედეგად.

დესორბციის ოპერაციის შემოღებამ 6-8% შეამცირა თუთიის კარგვა სპილენძის უხეშ კონცენტრატში.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შედგენილი რეკომენდებული ტექნოლოგიური სქემა და რეაგენტული რეჟიმი მოცემულია ნახ. 7.



ნახ. 7. სულფიდური სპილენძ-თუთიის კონდიციური მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა

შემუშავებული ტექნოლოგიით მიიღება:

ა) სპილენძის კონცენტრატი სპილენძის შემცველობით -19.03%, ამოკრეფით -66.03%, ოქროს ამოკრეფა სპილენძის კონცენტრატში შეადგენს 10.14%, ვერცხლის 16.23%.

ბ) თუთიის კონცენტრატი თუთიის შემცველობით 49.80% ამოკრეფით 69.06%; ოქროს ამოკრეფა თუთიის კონცენტრატში შეადგენს 2.5%-ს, ვერცხლის კი 7.49%-ს.

გ) პირიტის კონცენტრატი გოგირდის შემცველობით 42.31% ამოკრეფით 35.10%. ოქროს ამოკრეფა პირიტის კონცენტრატში შეადგენს 73.48%-ს, ვერცხლის კი 45.37%-ს.

სულფიდური და დაჟანგული სპილენძ-თუთიის მადნების ნივთიერი შემადგენლობის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ მოცემული სინჯი მიეკუთვნება ძნელად გასამდიდრებელ ნედლეულს. ლოთონების დაბალი შემცველობა სპილენძის და თუთიის დაჟანგული და მეორადი სულფიდების ფორმით არსებობა ასევე სპილენძის და თუთიის არასასურველი თანაფარდობა განაპირობებს ასეთი მადნების გამდიდრების დაბალ ეფექტურობას. კვლევის პროცესში გამოცდილი იქნა კოლექტიურ-სელექციური და პირდაპირ სელექციური სქემები, შესაბამისი რეაგენტული რეჟიმებით.

როგორც კვლევებმა გვიჩვენა დაჟანგული სპილენძ-თუთიის მადნებიდან ფლოტაციური მეთოდით თუთიის კონდიციური კონცენტრატის მიღება შეუძლებელია.

სულფიდური სპილენძ-თუთიის არაკონდიციური მადნების გამდიდრებისათვის გამოყენებული იქნა ნივთიერი შემადგენლობის მიხედვით ანალოგიური სინჯის (სინჯი 3) გამდიდრების ტექნოლოგიური სქემა (ნახ. 7), რომელიც ითვალისწინებს მადნის წინასწარ დაფქვას 70-75% 74 მკმ - მდე და კოლექტიურ-სელექციურ ფლოტაციას.

ფლოტაციური ტექნოლოგიის შემუშავებისას გამოყენებული იქნა ფლოტაციური რეაგენტები: გოგირდოვანი ნატრიუმი, თუთიის და სპილენძის აჯასპი-10%-იანი წყალხსნარის სახით, კალიუმის ბუთილის

ქსანთოგენატი, ბუთილის დითიოფოსფატი 1%-იანი წყალხსნარის სახით, ამქაფებელი T-80; კირი ემულსიის სახით და გააქტივებული ნახშირი.

სულფიდური კოლექტიური კონცენტრატი შემკრების დესორბციის შემდეგ იფქვება 95% -74 მკმ-მდე გოგირდოვანი ნატრიუმის (1500 გრ/ტნ), თუთიის აჯასპის (4500 გრ/ტნ) და კირის (70-96 გრ/მ<sup>3</sup>) არეში. რის შემდეგ მიეწოდება სპილენძის ძირითად ფლოტაციას. მიიღება სპილენძის უხეში კონცენტრატი სპილენძის შემცველობით-8,94% ამოკრეფით-66,08%; თუთიის შემცველობით 6,06%; ამოკრეფით 35,87%; ტუტთანობის გაზრდა (თავისუფალი კალციუმის ჟანგი 200-250 გრ-მ<sup>3</sup> პულპაში) ასევე სპილენძის ძირითადი ფლოტაციის წინ დეპრესორის ხარჯის შემცირება ზრდის თუთიის კარგვას სპილენძის კონცენტრატში 40-46%-ით.

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე, სპილენძის ძირითადი ფლოტაციის ციკლში დადგენილია შემდეგი ტექნოლოგიური რეჟიმი: სპილენძის ძირითადი ფლოტაციის წინ დაფქვის სიმსხო 92-95% მინუს 74 მკმ; თავისუფალი კალციუმის ჟანგის რაოდენობა 70-96 გრ/მ<sup>3</sup> პულპაში; გააქტიურებული ნახშირი - 600 გრ/ტნ; ბუთილის ქსანტატი - 3,5 გრ/ტნ; ბუთილის დითიოფოსფატი - 5 გრ/ტნ; ფლოტაციის ხანგრძლივობა - 21წთ,

სპილენძის საკონტროლო ფლოტაციის კუდები კირის რძის გარემოში აგიტაციის შემდეგ (CaO 1000გ/მ<sup>3</sup>) განიცდის ფლოტაციას. სფალერიტის აქტივაციისათვის გამოიყენება სპილენძის აჯასპი ხარჯით 600 გრ/ტნ, აქტივაციის ხანგრძლივობა შეადგენს 5 წთ. პირიტის დეპრესორად იქმნება ტუტე არე (თავისუფალი CaO 1000გრ/მ<sup>3</sup>). შემუშავებული ტექნოლოგიით მიიღება:

- სპილენძის კონცენტრატი სპილენძის შემცველობით 21,03%; ამოკრეფით 69,51%;
- თუთიის კონცენტრატი თუთიის შემცველობით 48,13%; ამოკრეფით 58,21%;
- პირიტული კონცენტრატი გოგირდის შემცველობით 36,61%; ამოკრეფით 76,78 %.

## მადნეულის სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების

### ეკონომიკური ეფექტურობის გაანგარიშება

მადნეულის საბდოს სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების რეკომენდირებული ტექნოლოგიური სქემა ითვალისწინებს საწყისი მადნის (1200-0 მმ) სამ სტადიურ დამსხვრევას (20 მმ), ორ სტადიურ დაქვას (65-70% -74 მკმ) და კოლექტიურ-სელექციურ ფლოტაციას. სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლები მოცემულია ცხრ. 1.

ცხრ. 1.

სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლები

პროდუქტები	გამოსავალი, %	შემცველობა,%		ამოკრეფა, %	
		სპილენძი	თუთია	სპილენძი	თუთია
სპილენძის კონცენტრატი	3.76	19.03	5.27	66.05	9.88
თუთიის კონცენტრატი	2.78	3.48	49.80	8.93	69.06
პირიტის პროდუქტი	40.29	0.37	0.85	13.76	17.08
კუდები	53.17	0.23	0.15	11.28	3.98
მადანი	100	1.08	2.0	100.0	100.0

სპილენძისა და თუთიის კონცენტრატების ელემენტარული შედგენილობის შესწავლის შედეგები გვიჩვენებს, რომ აღნიშნული პროდუქტები აკმაყოფილებს სტანდარტით გათვალისწინებულ მოთხოვნებს.

წელიწადში 760 000 ტონა გადამუშავებული მადნიდან მიიღება:

- ლითონური სპილენძი რაოდენობით 5429 ტნ.
- ლითონური თუთია რაოდენობით 10564 ტნ.

ს.ს. მადნეულის მონაცემებით - 1 ტნ. მადნის მოპოვებისა და ტრანსპორტირების ღირებულება შეადგენს 12.5 \$ (აშშ დოლარი).

- 1 ტონა მადნის გამდიდრებისას ღირებულება შეადგენს 6.7 \$;
- 1 ტონა კონცენტრატის თვითღირებულება შეადგენს 1630 \$;
- 1 ტონა ლითონური სპილენძის სარეალიზაციო ფასი შეადგენს 8200 \$;
- 1 ტონა ლითონური თუთიის სარეალიზაციო ფასი შეადგენს 2000 \$;
- 1 ტონა სასაქონლო პროდუქციის საშუალო სარეალიზაციო ღირებულება შეადგენს 4062 \$.

მიღებული მეთოდის მიხედვით ახალი სასაქონლო პროდუქციის წარმოების წლიური ეკონომიკური ეფექტი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\Xi = (\Pi - E_{\sigma}K)A$$

$\Xi$  - წლიური ეკონომიკური ეფექტი, \$

$\Pi$  - სასაქონლო პროდუქტის რეალიზაციის შედეგად მიღებული თანხა, \$

$K$  - ხვედრითი კაპიტალური დაბანდება, \$

$E_{\sigma}$  - კაპიტალური დაბანდების ეფექტურობის კოეფიციენტი  $E_{\sigma} = 0,15$ ,

$A$  - სასაქონლო პროდუქტის წლიური რაოდენობა.

სასაქონლო პროდუქტის რეალიზაციის შედეგად მიღებული თანხა განისაზღვრება გასაყიდი ფასისა ( $O$ ) და თვითღირებულების ( $C$ ) სხვაობით

$$\Pi = O - C = 4062 - 1630 = 2432 \text{ \$}$$

ხვედრითი კაპიტალური დაბანდება ტოლია საერთო კაპიტალური დაბანდებისა ( $K$ ) და წლიური სასაქონლო პროდუქტის რაოდენობის ( $A$ ) ფარდობის

$$K = \frac{K}{A} = \frac{30000000}{16000} = 1875 \text{ \$}$$

$$\Xi = (2432 - 0.15 \cdot 1875)16000 = 34 \text{ მლ. \$}$$

ამრიგად შემუშავებული ტექნოლოგიის დანერგვის შედეგად მიღებული მოსალოდნელი ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს **34 მლ. \$**.

## საერთო დასკვნები

- სპილენძ-თუთიის მადნების გამდიდრებადობაზე ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა მადნების ჩაწინწკლულობა იშვიათი ჩაწინწკლული ტექსტურითაა წარმოდგენილი. მადნის სტრუქტურა ძირითადად წმინდა-წვრილმარცვლოვანია.
- ძირითადი მადნეული მინერალებია: ქალკოპირიტი; სფალერიტი; ქალკოზინი; კოველინი; პირიტი.  
პირიტი-ძირითადად წარმოდგენილია სამი სახესხვაობით: არამადნეულ მინერალებში გაბნეული ჩაწინწკლულობით; მსხვილი ნაკვეთებით; ერთეული კარგად გამოკრისტალებული კრისტალებით.  
ქალკოპირიტი - ძირითადად გავრცელებულია პირიტში და წარმოქმნის მასთან ქსენომორფულ დაკუთხულ აგრეგატებს. ქალკოპირიტის ზედაპირი დაფარულია კოველინისა და ქალკოზინის აფსკით. ასეთი აფსკები აგრეთვე გვხვდება სფალერიტის ზედაპირზე. საერთოდ მინერალოგიური ანალიზით დადგენილია მადნეულ ნაწილაკებზე მეორადი დაჟანგვის პროცესების მიმდინარეობა. მადნებში სპილენძის ამაღლებული შემცველობა დაკავშირებული ტენანტიტისა (7,14 – 12,03%) და მეორად სულფიდების ( 38, 89 – 49,65%) არსებობით.  
თუთიის მინერალები ძირითადად წარმოდგენილია სულფიდური ფორმით (88,13 – 91, 22%).
- მადნებისათვის დამახასიათებელია სულფიდური მინერალების ძლიერ რთული ურთიერთჩაწინწკლულობა და შესაბამისად მათი გახსნისათვის აუცილებელია მასალის წმინდად დაფქვა.  
გრანულომეტრიული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მადანი ადვილად დაშლამებადია: -74 მკმ კლასის გამოსავალი მასში შეადგენს 15,88 – 27,78%, წმინდა კლასებში შეიმჩნევა თუთიისა და სპილენძის კონცენტრაცია.
- სპილენძ-თუთიის მადნების ნივთიერი შემადგენლობის შესწავლით დადგინდა, რომ მადნები ძნელადგასამდიდრებელია, რაც



განპირობებულია დაჟანგვის პროცესის ღრმა განვითარებით, სფალერიტის სპილენძის მინერალებით ჩანაცვლებით, სპილენძის მეორადი სულფიდების სფალერიტთან მჭიდრო ჩაწინწკულობით.

- მადნების რთული ნივთიერი შემადგენლობის მიუხედავად კვლევების შედეგად შემუშავებული ტექნოლოგიური სქემა (ციანიდის გამოყენების გარეშე) საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ კონდიციური სპილენძისა და თუთიის კონცენტრატები.
- კვლევების დაყრდნობით სპილენძ-თუთიის მადნებისათვის, შემუშავებულია კოლექტიურ-სელექციური ფლოტაციის სქემა, რომელიც ითვალისწინებს მადნის დაფქვას 65-70% -74 მკმ-მდე, სპილენძ-თუთია-პირიტის კოლექტიურ ფლოტაციას, რეაგენტების დესორბციას, კოლექტიური კონცენტრატის დაფქვას 94-95% - 74 მკმ-მდე და სპილენძისა და თუთიის სელექციურ ფლოტაციას.
- სულფიდური სპილენძ-თუთიის კონდიციური მადნებიდან მიიღება:
  - სპილენძის კონცენტრატი სპილენძის შემცველობით 19,03%; ამოკრეფით 66,03%;
  - თუთიის კონცენტრატი თუთიის შემცველობით 49,08%; ამოკრეფით 69,06%;
  - პირიტული კონცენტრატი გოგირდის შემცველობით 42,31%; ამოკრეფით 85,10%;
- სულფიდური სპილენძ-თუთიის არაკონდიციური მადნებიდან მიიღება სპილენძის კონცენტრატი სპილენძის შემცველობით 21,03%; ამოკრეფით 69,51%; თუთიის კონცენტრატი თუთიის შემცველობით 48,13%; ამოკრეფით 58,21%;
- სულფიდური და დაჟანგული სპილენძ-თუთიის მადნებიდან პირდაპირი სელექციური ფლოტაციით (90% - 74 მკმ-მდე დაფქვა) მიიღება:

სპილენძის კონცენტრატი სპილენძის შემცველობით 15%; ამოკრეფით 75,98%; თუთიის კონცენტრატი ასეთი მადნებიდან ფლოტაციური მეთოდით ვერ იქნა მიღებული ასეთი მადნებიდან თუთიის პროდუქტი

შეიძლება მიღებული იქნას მხოლოდ ჰიდრომეტალურგიული მეთოდით, რომელიც დამატებით კვლევის საგანია.

- შემუშავებული ტექნოლოგიის დანერგვით შესაძლებელია დასაწყობებულ და წიაღში არსებული სპილენძ-თუთიის მადნების ს.ს. მადნეულის ფაბრიკის ერთ სექციაზე გადამუშავების შედეგად სასაქონლო პროდუქციის მიიღება:

- ლითონური სპილენძი- 5 429 ტნ

- ლითონური თუთია - 10 564 ტნ

აღნიშნული სასაქონლო პროდუქტის რეალიზაციის შედეგად მიღებული წლიური ეკონომიკური ეფექტი შეადგენს 34 მილ. აშშ დოლარს.

**აპრობაცია:** სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენდა და განხილული იქნა თემატურ სემინარებზე, სტუ-ს სტუდენტურ და ე. მინდელის 100 წ. მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციებზე.

## დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ

### შრომებში:

1. კ. კველიძე, ა. აბშილავა, ზ. არაბიძე, დ. ტალახაძე, სპილენძ-თუთიის მინერალების სელექციის საკითხები - საქართველოს ნავთობი და გაზი №22 თბილისი 2008 წ.
2. კ. კველიძე, რ. სტურუა, ა. აბშილავა, ზ. არაბიძე, დ. ტალახაძე, ჯ. შერაზადიშვილი - მინერალთა მსხვილი და წვრილი ნაწილაკების ურთიერთქმედების გავლენა სპილენძის სულფიდური მადნების ფლოტაციის პროცესზე. „სამთო ჟურნალი“ №2 (27). 2011 წ.
3. კ. კველიძე, ზ. არაბიძე, ა. აბშილავა - მადნეულის საბადოს სპილენძ-თუთიის მადნების ნივთიერი შედგენილობის შესწავლა. „სამთო ჟურნალი“ №1 (26). 2011 წ.
4. კ. კველიძე, ზ. არაბიძე, ა. აბშილავა - მადნეულის საბადოს სპილენძ-თუთიის მადნების დაფქვის სიმსხოს დადგენა. „სამთო ჟურნალი“ №1 (26). 2011 წ.
5. კ. კველიძე, დ. ტალახაძე; ა. აბშილავა; ზ. არაბიძე - სპილენძის მეორადსულფიდური და კოლჩედანური მადნების გამდიდრების ხერხი - U 1624. 2010-11-09

## Summary

In Georgia, the biggest copper resources are in Madneuli copper-pyrite deposit. More the 30 years on its base in Madneuli ore-dressing complex produces copper-pyrite concentrate. The polymetallic deposit of Madneuli endured essential changes. Namely, in ores subjected to development decreased percentage content of useful components caused worsening of marketable produce's quality and accordingly decreasing of realization costs. In these conditions, improvement of industry's technological indexes is possible by intensification of ore-dressing technological processes.

Analysis of ore-dressing complex and its row base shows that the future (nearest years) perspectives of "Madneuli" effective function connects with mineral row's complex use and revaluation of enterprise's ore base. At first there is implicates the possibility of realization's increasing of subjected to development ore wholly processing of outputted product, use of bases, and ore-dressing industry's waste, revealing of additional resources of industrial ores etc. Solving of this task successfully depends on implementation of geological study's modern technologies, ore development and processing high effective technologies.

Three types of of industrial ores represent "Madneuli" deposit: barite – polymetallic, copper-pyrite and gold bearing quartzite.

In barite-polymetallic ores, following subtypes distinguishes barite, barite gold bearing, barite-lead-zinc and barite-copper-zinc. Ores are represented by massive streaky- colomorphic, brecciaed, vein-impregnated and impregnated textures.

In barite-polymetallic ores, the main ore minerals are barite, sphalerite, pyrite, galenite. Secondary minerals are chalcopyrite, marcasite, gray copper ores, hematite, wurtzite. Vein minerals represent quartz, chalcedony, opal, sericite, kaolin, hydromica etc.

Under the barite-polymetallic ores, the copper-pyrite ores lays with copper-zinc, copper-pyrite and sulfur-pyrite subtypes. Here the main ore minerals are chalcopyrite, pyrite. Secondary minerals are sphalerite, chalcosite, gray copper ores; rare minerals are hematite, galenite; nonmetallic minerals are quartz, gypsum, sericite, aluminum, chlorites, anhydrite, epidote. Ores have massive, brecciaed and vein-impregnated textures.

**Currency of theme.** According to the existed in "Madneuli" deposit zonality the ore resources are calculated and approved.

Resources of copper-zinc ores in earth interior and storage, category C<sub>2</sub> contain 2122960 tones. This resource includes 84750 tones copper, 443370-tone zinc, and 1229 tone gold and 31 tones silver.

Mentioned storage copper-zinc ores dressing's technology is not studied insufficient. Therefore, flotation dressing of these ores represents very active question.

**Goal of work** is perfection and intensification of copper-zinc ores processing technology for the purpose to get conditioned concentrate and its further development.

**The main tasks of investigation are:**

1. Study of main processes on the surfaces of copper and zinc minerals;
2. Search of interfering processes of copper and zinc minerals selection;
3. Identification of copper and zinc minerals solution optimum sizes;
4. The fourth goal is development of copper and zinc ores optimal reprocessing technological scheme and development of reagent regimes also.

**Methods of investigation.** The composition of copper-zinc ores and concentrates is determined using the methods of chemical, mineralogical and microscopic methods. Processes current on mineral's surface are studied by means of electrode potential measurement. Dressing of ore carried out on the laboratory flotation machine.

**Scientific news.** The new technology of dressing of copper secondary sulfides and zinc-pyrite ores is developed which foresee classification of milled ore 90 % to the 74-micrometer size slime, grinding to 74-micrometer size fraction of 80-85 % slims and their independent flotation (patent V 1624, 2010.11.09).

Optimal solution size of composite minerals of copper-zinc ores and percent quantity of spliced grains in separate classes has been determined for the first time.

The selective and collective flotation technological schemes and reagent regimes of copper-zinc ores dressing are developed and implemented.

**Practical significance of work.** Based on received in dissertation results it is possible to get conditioned concentrates from storage copper-zinc ores with the content of Cu – 19-20 % and extraction 68-70 %, with content of zinc 48-49 % and extraction 66-68 %.