

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მამუკა ბაღნაშვილი

დავით გარეჯის საბაღოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების
გადამუშავების კომბინირებული ტექნოლოგიის შემუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2017 წელი

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

ხელმძღვანელები: პროფესორი დ. ტალახაძე
ტმკ ნ. შეყრილაძე

რეცენზენტები: პროფესორი ზ. არაბიძე
ასოც. პროფესორი ნ. ბუნუკური

დაცვა შედგება 2017 წლის „12“ ივლისს, 14:00 საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სადისერტაციო
საბჭოს კოლეგიის № 60 სხდომაზე,
კორპუსი III, აუდიტორია 326
მისამართი 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,
ასოცირებული პროფესორი

დ. თევზაძე

შესავალი

თემის აქტუალურობა. საქართველოს ეკონომიკის განვითარება მნიშვნელოვნად არის დაკავშირებული სასარგებლო წიაღისეულის ახალი საბადოების ათვისებასთან. მათ შორის არის დავით გარეჯის ბარიტ-ოქრო-პოლიმეტალური საბადო. საბადოს ზედა ჰორიზონტში გამოვლენილია ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნები, რომლებიც 100-150 მეტრის სიღრმემდე ვრცელდება და ხურავს უფრო მაღალი ღირებულების მქონე ოქრო-პოლიმეტალურ მადნებს, რომელთა ამოღება შეუძლებელია საბადოს ზედა ნაწილის მოხსნის გარეშე.

სამუშაოს მიზანი. სადისერტაციო სამუშაოს მიზანია დავით გარეჯის ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნის გამდიდრების ისეთი ტექნოლოგიის შემუშავება, რომელიც ვერცხლის და ბარიტის დამოუკიდებელ პროდუქტებად მიღების საშუალებას მოგვცემს.

კვლევის ძირითადი ამოცანები:

1. ვერცხლის და ბარიტის ნედლეულის გამდიდრების ტექნოლოგიის თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი და განვითარების პერსპექტივები;
2. საკვლევი ობიექტის დავით გარეჯის ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების ნივთიერებრივი შემადგენლობის შესწავლა (მინერალოგიური, გრანულომეტრიული, ქიმიური და ფაზური ანალიზები);
3. ფლოტირებადი ვერცხლის განსაზღვრა და ფლოტაციის ოპტიმალური პარამეტრების დადგენა;
4. ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული მეთოდებით ამოღების შესაძლებლობის დადგენა;
5. ბარიტის ფლოტაციური გამდიდრების სქემისა და რეაგენტული რეჟიმის დამუშავება;
6. გამდიდრების კომბინირებული ჰიდრომეტალურგიულ-ფლოტაციური ტექნოლოგიური სქემისა და რეაგენტული რეჟიმის

რეცეპტურის დამუშავება;

7. რეკომენდებული ტექნოლოგიური სქემის შერჩევა.

ნაშრომის მეცნიერული სიახლე. სადისერტაციო თემის კვლევის პროგრამის ფარგლებში პირველად: დავით გარეჯის ვერცხლის შემცველ ბარიტის მადნებში ფაზური ქიმიური ანალიზის მეთოდის გამოყენებით დადგენილია ვერცხლის არსებობის მინერალური ფორმები და შესწავლილია მათი ტექნოლოგიური თვისებები-ხსნადობა სხვადასხვა გამხსნელებში და ფლოტაციის უნარიანობა, ბარიტის ფლოტაციისთვის გამოცდილია და რეკომენდებულია ახალი ეფექტური შემკრები რეაგენტი, ცხიმოვანი მჟავების ალკიტრიმეთილენდიამინ დიაცეტატი MD20783. შესწავლილია მისი მოქმედების მექანიზმის ზოგიერთი ასპექტი, დადგენილია ოპტიმალური ხარჯი. სხვადასხვა ტექნოლოგიური სქემის და რეაგენტული რეჟიმების გამოცდების საფუძველზე შერჩეულია ამ მადნის გამდიდრების კომბინირებული ჰიდრომეტალურგიულ-ფლოტაციური ხერხი, დამუშავებულია ტექნოლოგიური სქემისა და რეაგენტული რეჟიმის რეცეპტურა, რომელიც იძლევა საკვლევი მადნების მაღალი ეფექტურობით გადამუშავების საშუალებას, კერძოდ; ვერცხლის ექსტრაქციის ხარისხი აჭარბებს 90 %-ს, მიღებული ბარიტის კონცენტრატი, რომელიც შეიცავს 98 %-ზე მეტ ბარიუმის სულფატს, მალიმიტირებელი კომპონენტების მინიმალურ რაოდენობას და აკმაყოფილებს სტანდარტის მოთხოვნებს მაღალი ხარისხის ბარიტის კონცენტრატებზე.

კვლევის მეთოდика. იმ მრავალ მეთოდთაგან, რომელთათვისაც შეიძლებოდა მიგვემართა ზემოაღნიშნული ნაკლებად შესწავლილი საბადოს მადნების დეტალური კვლევისათვის, ჩვენს მიერ გამოყენებული იქნა მიკროსკოპია, ანალიზის სველი ქიმიური მეთოდები, ატომურ-აბსორბციული სპექტომეტრია, pH-მეტრია, კონდუქტომეტრია, ფაზური და ფრაქციული ანალიზები, ფლოტაცია და ე.წ. „ბოთლის“ ტესტები.

შედეგების გამოყენების სფერო. ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების გადამუშავის კომბინირებული ჰიდრომეტალურგიულ-ფლოტაციური ტექნოლოგია, იძლევა დავით გარეჯის საბადოს მადნების კომპლექსური

ათვისების საშუალებას. მიღებული შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია საბადაოს ეკონომიკური პოტენციალის შეფასება, მისი ათვისების ბიზნეს გეგმის შედგენისათვის. რეკომენდებული ტექნოლოგიის რეალიზაცია ხელს შეუწყობს ქართული ბარიტის დაბრუნებას საერთაშორისო ბაზარზე.

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. დისერტაცია შედგება შესავლის, 2 თავის, დასკვნისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისგან. ნაშრომი წარმოდგენილია 101 ნაბეჭდ გვერდზე, მათ შორის 22 ნახაზი, 26 ცხრილი, 7 სურათი, 55 დასახელების ლიტერატურა.

თავი 1. ვერცხლის და ბარიტის მადნების გამდიდრების ტექნოლოგიის თანამედროვე მდგომარეობა

ვერცხლის შემცველი მადნების გადამუშავების პროცესში გამოიყენება გამდიდრების როგორც მექანიკური, ისე ჰიდრომეტალურგიული ხერხები.

მექანიკური გამდიდრების მეთოდებიდან უფრო გრავიტაციას მიმართავენ. ამ ხერხის გამოყენების შესაძლებლობა განისაზღვრება ვერცხლის მინერალების მაღალი სიმკვრივით.

მეორე მეთოდი, რომელიც ფართოდაა გავრცელებული ვერცხლის შემცველი მადნების გადამუშავებაში, არის ფლოტაცია. ვერცხლის შემცველი მინერალების უმრავლესობას საკმარისად მაღალი ფლოტაციური აქტიურობა ახასიათებს. მათი ამოკრეფისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი შემკრები საფლოტაციო რეაგენტები: კალიუმის და ნატრიუმის ქსანტოგენატები, დითიოფოსფატი, კრეოზოტის ზეთი, აგრეთვე სხვადასხვა შემკრების ნარევი, მაგრამ უნდა გავითვალისწინოთ ვერცხლის მინერალების თავისებურებანი. გარემოს რეგულატორად გამოიყენება სოდა, რადგან კირის გამოყენების შემთხვევაში ვერცხლის მინერალების უმეტესი ნაწილი დეპრესირდება.

ვერცხლის შემცველი მადნების ჰიდრომეტალურგიული გამდიდრებისას გამოიყენება სხვადასხვა ქიმიური გამხსნელი: ციანიდი, თიოშარდოვანა და სხვა. ციანიდება ყველაზე გავრცელებული ქიმიური გამდიდრების მეთოდია მადნიდან ვერცხლის ამოსაღებად. ამ მეთოდის თანახმად, მადანი მუშავდება ციანიდით განზავებული ხსნარით (NaCN , KCN). მყარის შეფარდება თხევადთან 1/1,5 1–3 დღე–ღამის განმავლობაში იტუტება ჰაერის, ჟანგბადის შებერვის პირობებში. ვერცხლის შემცველი ხსნარიდან ვერცხლი გამოიყოფა ცემენტაციით თუთიის ფხვნილზე.

ბუნებრივი სახით ბარიტის მადნები ხშირ შემთხვევაში ვერ აკმაყოფილებს მომხმარებელი დარგების მოთხოვნებს და ამიტომ მათ ამდიდრებენ. მდიდარი მადნები გადამუშავდება გარეცხვით და ხელით გადარჩევით, ზოგჯერ კი მოხმარება წინასწარი გამდიდრების გარეშე.

ყველაზე ადვილად მდიდრდება ქვიშიან-თიხიანი ბარიტის მადნები, რომლებიც ელივიურ ქვიშრობებშია: ბარიტი მიიღება გარეცხვა-დახარისხებით. არსებითად ბარიტის, კვარც და კალციტ-ბარიტის მადნები მდიდრდება გრავიტაციული მეთოდებით მძიმე სუსპენზიებში, დალექვით და კონცენტრაციით მაგიდაზე. გამდიდრების სქემები სტადიალურია, მადნის ტექსტურულ-სტრუქტურულ თავისებურებებზე დამოკიდებულებით.

წვრილად ჩაწინწყლული და კომპლექსური მადნებიდან ბარიტის ამოღება ხორციელდება ფლოტაციით. შემკრებ რეაგენტად გამოიყენება როგორც კარბონის მჟავები და ალკისულფატები, ასევე კატიონური რეაგენტები. ფლოტაციის სქემებში ჩართულია ოპერაციები: დაფქვა 65-90 % -0,074 მმ, ძირითადი ფლოტაცია, 2-4 გადაწმედითი და საკონტროლო ოპერაციებით, რომელთათვის დამახასიათებელია თავისი რეაგენტების ნაკრები და ხარჯი (ბარიტოლი, ოლეინის მჟავა, ტალის ზეთი, ოქსალ II-80, ფიჭვის ზეთი, თხევადი მინა, კალცინირებული სოდა, კირი). ფლოტაციის მეთოდით ბარიტულ მადნებიდან ყველაზე ძნელად გასამდიდრებლად ითვლება ბარიტ-კალციტურ წვრილად და წმინდად ჩაწინწყლული, რომლისგანაც მაღალხარისხიანი ბარიტის (შემცველობით >90) კონცენტრატის მიღება უშუალო ფლოტაციით შეუძლებელია. რკინა-ბარიტის მადნები გადამუშავდება გამდიდრების კომბინირებული მაგნიტურ-ფლოტაციური ტექნოლოგიით. საბოლოო პროდუქციის ხარისხის გაზრდა შესაძლებელია გადამუშავების დამატებითი მეთოდების გამოყენებით. მაგალითად, რკინის მოსაცილებლად ბარიტის კონცენტრატი მუშავდება გოგირდმჟავის ან მარილმჟავის სუსტი ხსნარით და მრავალჯერადად ირეცხება წყლით. ბარიტის გამდიდრება შესაძლებელია დეკრიპიტაციით: ბარიტი სკდება (იფშვნება) 400-450⁰C-ზე გახურებით და მინერალ მინარევებისგან განსხვავებით გადადის ფხვნილში, მომდევნო გაცხრილვის ოპერაციით მიიღება ხარისხიანი ბარიტის კონცენტრატი.

სამეცნიერო-ტექნიკური ლიტერატურის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბარიტის მადნებიდან ვერცხლის ფლოტაციური ან ჰიდრომეტალურგიული

ამოღების შესახებ მონაცემები მწირია, ვინაიდან ამ მეტალის მიღება სამრეწველო ხერხით ძირითადად ფერადი მეტალების მადნებიდან ხდება, ბარიტისთვის კი კვლევები მიმდინარეობს ახალი საფლოტაციო რეაგენტების, ძირითადად, კოლექტორების მიზანმიმართული სინთეზისათვის.

თავი 2. საკვლევი ობიექტის დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების კვლევა

თავი 2. 1. დავით გარეჯის საბადოს გეოლოგიური აგებულება და ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების ნივთიერებრივი შემადგენლობის შესწავლა

დავით გარეჯის საბადოზე, გამოვლენილია მადნების ორი ტიპი:

- 1) ზედა ჰორიზონტებზე და ზედაპირზე გამომავალი ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნები;
- 2) ოქრო-პოლიმეტალური მადნები, განლაგებული განმხოლოებულად ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების ქვეშ.

დავით გარეჯის საბადოს ბარიტის გამადნება ლოკალიზებულია ზედაპირიდან 150-170 მ, 800-970 მ აბსოლუტურ სიმაღლეებზე.

ბარიტული სხეულები ქმნიან ერთიან ბარიტშემცველ ზონას, რომელიც გავრცელებულია 400x250 მ ფართობზე. გამდიდრებული უბნების, როგორც მთლიანად ბარიტიზაციის ზონის სამრეწველო კონტური განისაზღვრება მხოლოდ დასინჯვით. დავით გარეჯის ბარიტიზირებულ ზონას აქვს ბუდობის ფორმა და შემცველ ქანებთან თანხმობითი ჩრდილო-აღმოსავლეთი დაქანება მცირე კუთხით. ბარიტიზაციის ზონა მარღვაკულ-ჩაწინწკლული, შტოკვერკული ტიპისაა, მის ფარგლებში შეინიშნება აგრეთვე ბუდეები, ცალკეული სხვადასხვა ორიენტაციის და უმეტესად ციცაბოდ დახრილი ბარიტული, კვარც-ბარიტული და კვარც-ბარიტ-ჰემატიტური მარღვაკები და მარღვები, რომელთა სიმძლავრე მერყეობს 2-3 სმ-დან 0.5-0.6 მ-მდე. ბარიტიზირებული ზონის სიმძლავრე 100-150მ-ია,

ხოლო მისი შემადგენელი ლინზების სიმძლავრე 10-დან 45 მ-მდეა. საბადოზე ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებში კომერციული თვალსაზრისით საინტერესოა მხოლოდ ვერცხლი და ბარიტი. BaSO₄-ის შემცველობა არის 28 %; ვერცხლის-50 გ /ტ-დან ასეულ გ/ტ-მდეა.

მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ აღნიშნული მადნები მიეკუთვნება კვარც-ბარიტულ მადნის სამრეწველო ტიპს. ბარიტიზირებული ზონის შემადგენელ მთავარ მინერალს ბარიტთან ერთად წარმოადგენს კვარცი, ხოლო მეორეხარისხოვანი მინერალებია: პირიტი, რკინის ოქსიდები და ჰიდროქსიდები, იშვიათად-ქალკოპირიტი, სფალერიტი, გალენიტი, ბარიტი და კვარცი ურთიერთშენაზარდების სახითაა. კვარცი, როგორც წვრილმარცვლოვანი, ასევე საშუალომარცვლოვანია.

ვერცხლის ფაზური ქიმიური ანალიზის საშუალებით გამოვლენილია, ვერცხლის არსებობის სამი მინერალური ფორმა: თავისუფალი-ხალასი, ვერცხლის მარტივი სულფიდი-არგენტიტი, ვერცხლის ქლორიდები.

ვერცხლის უმეტესი ნაწილი წარმოდგენილია საკუთარი მინერალებით. საბადოზე კვარცის და ბარიტის მასაში გვხვდება წვრილდისპერსიული არგენტიტი. აღნიშნული მინერალი ხშირად პირიტთანაა შეზრდილი. მისი გამონაყოფების ზომები 1-დან 180 მკ-მდეა.

ცხრილში 1 მოცემულია დავით გარეჯის ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების ქიმიური ანალიზის შედეგები.

ცხრილი 1.

დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების ტექნოლოგიური სინჯის ქიმიური ანალიზის შედეგები

კომპონენტების შემცველობა, %										
BaSO ₄	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	Pb	Zn	K ₂ O	წყალში ხსნადი მარილები	Au, გ/ტ	Ag, გ/ტ
28	66,9	1,02	2,63	0,22	<0,05	<0,05	1,85	0,17	<0,05	88

ქიმიური ანალიზის თანახმად მადანში ფასეული კომპონენტი არის ვერცხლი და ბარიტი, რომელთა მასური წილი, შესაბამისად, ტოლია 88 გ/ტ და 28 %.

თავი 2.2. ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებში ფლოტირებადი ვერცხლის განსზღვრის შედეგები

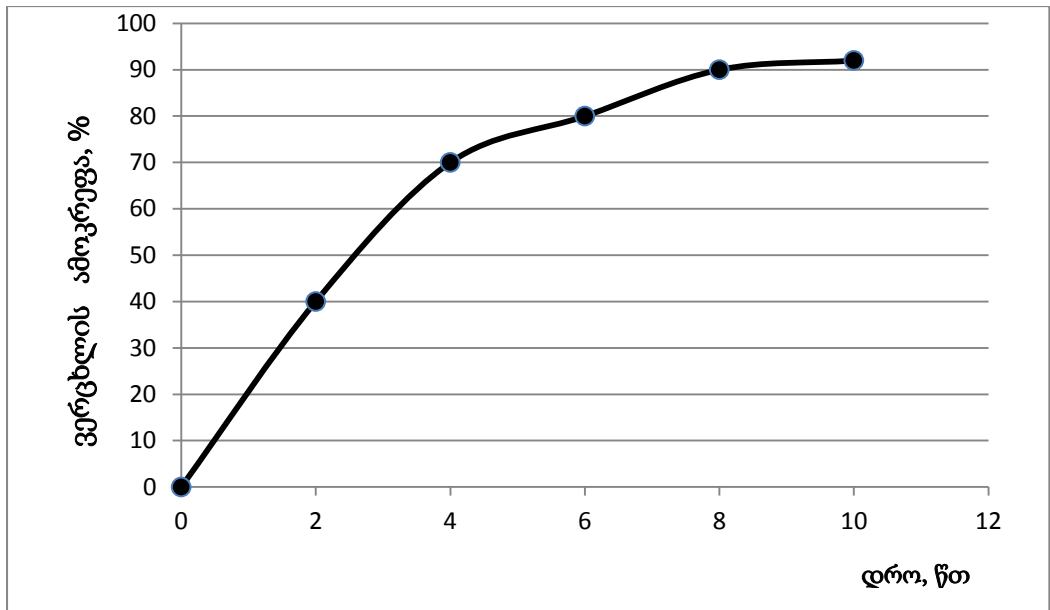
მადნის მინერალოგიული შედგენილობიდან და ტექსტურულ-სტრუქტურული თავისებურებებიდან გამომდინარე, გამდიდრებადობის კვლევა ორი მიმართულებით წარიმართა:

1. ვერცხლის და ბარიტის პირდაპირ სელექციური ფლოტაცია;
2. ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული დამუშავება-ბარიტის ფლოტაცია.

დავით გარეჯის საბადოს ბარიტის მადნებიდან ვერცხლის დამოუკიდებელ პროდუქტად გამოყოფისათვის შემუშავდა ფლოტაციის სქემა, წარმოდგენილია ნახაზზე 2.

ფლოტირებადი ვერცხლის განსაზღვრისათვის შემუშავებული იქნა ფლოტაციის ოპტიმალური რეჟიმული პარამეტრები- დაფქვის ხარისხი 82 % კლასი-0,074 მმ; საფლოტაციო რეაგენტების ხარჯი ძირითად ფლოტაციაში: გარემოს რეგულატორი-კალცინირებული სოდა-500 გ/ტ, შემკრები რეაგენტი-კალიუმის ბუთილქსანტოგენატი-100 გ/ტ, ამქაფებელი ფიჭვის ზეთი-50 გ/ტ. შემკრების დამატება ხდებოდა პორციებად, ქაფის პროდუქტის ნაწილ-ნაწილ მოხსნით. გადაწმენდითი ოპერაცია მიმდინარეობდა რეაგენტების დამატების გარეშე. ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.

ნახაზზე 1 წარმოდგენილია ვერცხლის ფლოტაციის სიჩქარის გრაფიკი.



ნახ. 1. კონცენტრატში ვერცხლის ამოკრეფის კინეტიკა

ნახაზის 1 თანახმად, ბარიტის მადნებიდან ვერცხლის ამოკრეფა ფლოტაციის პირველ ოთხ წუთში 70 %-ს აღწევს, შემდეგ ფლოტაციის სიჩქარე ეცემა და მომდევნო 6 წთ-ში ამოკრეფა 20 %-ით მატულობს. ვერცხლის ჯამური ამოკრეფა უდრის 92,26 %. ამ დროს ფლოტაციის კუდებში გვრჩება საწყისი ვერცხლის 7,74 % და ბარიტის 89,51 %. საწყისი ვერცხლის 8,9 % და ბარიტის 10,49 % ცირკულირებს შუალედურ პროდუქტში.

ფლოტაციის კუდებსა და შუალედურ პროდუქტში ვერცხლის დანაკარგებისა და პირიქით ბარიტის დანაკარგების შემცირებისთვის ყველაზე ემედიოთი ხერხი მის ქიმიურ გამოტუტვას ანუ ჰიდრომეტალურგიული მეთოდის გამოყენებას უკავშირდება.

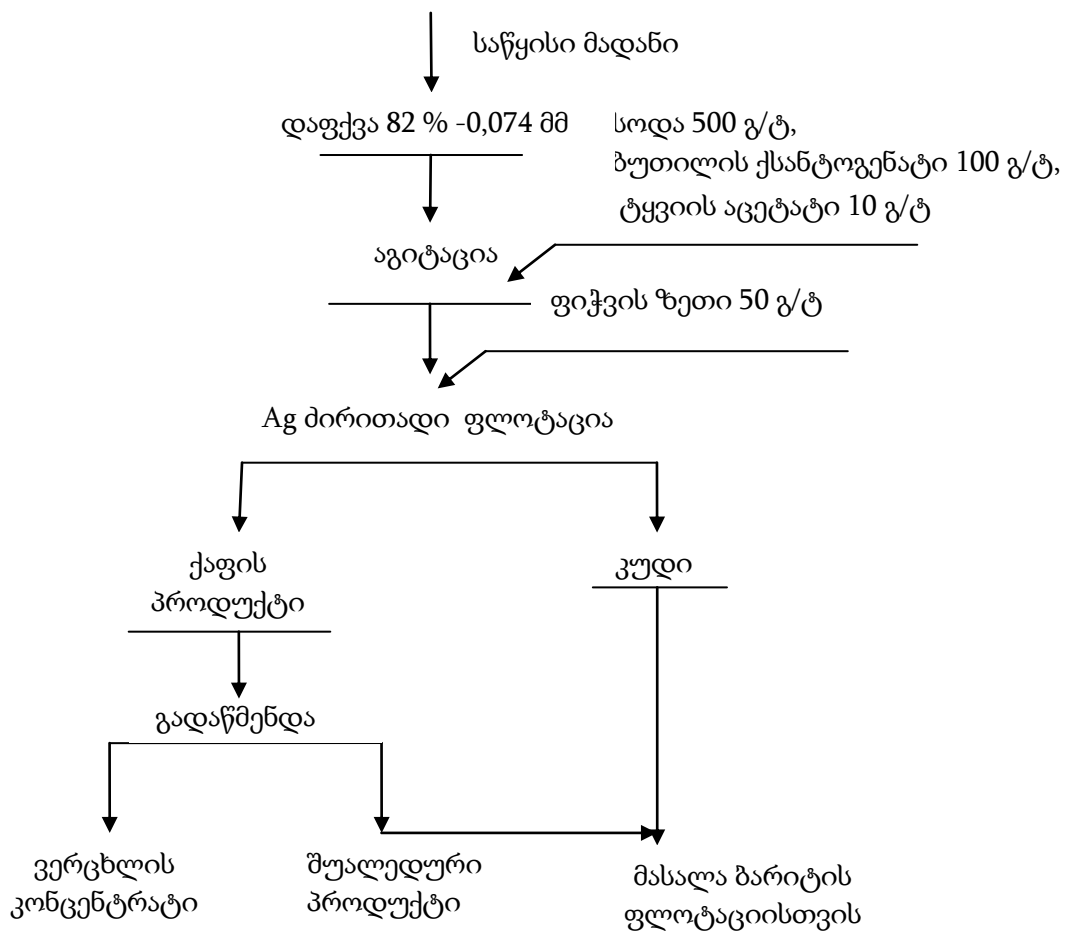
ცხრილში 2 მოცემულია ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებიდან ფლოტირებადი ვერცხლის განსაზღვრის შედეგები.

ამრიგად, დავით გარეჯის საბადოს ბარიტის მადნებში არსებული ვერცხლის ფლოტაცია წარმატებულად ხორციელდება: ძირითად ფლოტაციაში ამოიკრიფება მისი 92,26 %, ვერცხლის კონცენტრაციის კოეფიციენტი 27,7-დე აღწევს. გადაწმენდითი ოპერაციის შედეგად ვერცხლის შემცველობა კონცენტრატში 680 გ/ტ-დან 2437 გ/ტ-დე იზრდება.

ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებიდან ვერცხლის ფლოტაციის შედეგები

№	პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის მასური წილი, %	მასური წილი,		ამოკრეფა, %	
			Ag, გ/ტ	BaSO ₄ , %	Ag,	BaSO ₄ ,
1	კონცენტრატი	3,01	2437,1	13,95	83,36	1,5
2	შუალედური პროდუქტი	8,93	87,70	28,19	8,9	8,99
3	უხეში კონცენტრატი	11,94	680	24,6	92,26	10,49
4	კუდი	88,06	7,73	28,46	7,74	89,51
5	საწყისი მადანი	100	88	28	100	100

ნახაზზე 2 ნაჩვენებია ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებიდან ვერცხლის ფლოტაციური გამდიდრების სქემა.



ნახ. 2. დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების ვერცხლის ფლოტაციური გამდიდრების ქემა

თავი 2.3. ბარიტის მადნებიდან ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული მეთოდით ამოღების შესაძლებლობის კვლევა

ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული ხერხით ამოღების შესაძლებლობის დასადგენად გამოცდილი იქნა კომერციულ ოპერაციებში გამოყენებული ორი გამხსნელი: ნატრიუმის ციანიდი და თიოშარდოვანა. ამასთან განიხილებოდა გამოტუტვის ორი ვარიანტი: გროვული და ჩანური. ამ საკითხის გადასაწყვეტად ექსპერიმენტები შესრულდა სხვადასხვა სისხოს სინჯებზე: $-10 +0$, $-5+0$, $-2,5 +0$ და $-0,074 +0$ მმ.

ვერცხლის გამოტუტვის ცდები ჩატარდა ბოთლის აგიტატორების გამოყენებით (ე.წ. „ბოთლის“ ტესტი), თითოეული ბოთლის მოცულობით 8 ლ. გამოტუტვის პროცესში კონტროლდებოდა პულპის pH, თავისუფალი ციანიდის და ვერცხლის კონცენტრაცია ხსნარში. ცდების პირობები შემდეგია: მყარის შეფარდება თხევადთან 1/1,5; ნატრიუმის ციანიდის კონცენტრაცია 0,2 %; გარემოს pH 10-11; ტუტე გარემოს შესაქმნელად გამოყენებული იქნა 98 % აქტიურობის მქონე კირი.

მე-3 ცხრილში მოცემულია ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების სხვადასხვა სისხოს სინჯებზე ჩატარებული ციანირებადი ვერცხლის განსაზღვრის შედეგები.

ცხრილი 3-ის მონაცემების თანახმად, ციანირებადი ვერცხლის შემცველობა მადანში 95.51 %-ია. ამასთან რაც მეტია მადნის დაწვრილმანების ხარისხი, მით მეტია ვერცხლის ამოკრეფა ხსნარში, რაც მადანში ვერცხლის წვრილად ჩაწინწკვლით არის განპირობებული. დავით გარეჯის საბადოს ბარიტის მადნებში ვერცხლი სწრაფად იხსნება, რაც კიდევ ერთხელ ადასტურებს ფაზური ანალიზის შედეგებს. მადანში ვერცხლის არსებობის მინერალური ფორმები მარტივია და ციანიდებში ხსნადი. კინეტიკა ვერცხლის გახსნის სიჩქარე მაღალია და პროცესი 36 სთ-ში მთავრდება.

ცხრილი 3.

სხვადასხვა სისხომდე დაწვრილმანებული მადნიდან ვერცხლის ციანხსნარით გამოტუტვის შედეგები

№	მადნის დაწვრილმანების ხარისხი,მმ	ვერცხლის მასურის წილი საწყის მადანში, გ/ტ	პროდუქტის დასახელება	ვერცხლის შემცველობა, გ/ტ	ვერცხლის ამოკრეფა, %
1	100 % კლასი -10+0	88	ხსნარი	31,56	35,87
			კუდი	56,44	64,13
			სულ:	88	100
2	90 % კლასი -5+0		ხსნარი	50,93	57,88
			კუდი	37,07	42,12
			სულ:	88	100
3	85 % კლასი -2,5+0		ხსნარი	56,54	64,25
			კუდი	31,46	35,64
			სულ:	100	100
4	82 % კლასი -0,074+0		ხსნარი	84,05	95,51
			კუდი	3,95	4,49
			სულ:	88	100

თიოშარდოვანაში ხსნადი ვერცხლის განსაზღვრისათვის სხვადასხვა სისხოს სინჯზე ჩატერებული იქნა ბოთლის ტესტები. ექსპერიმენტების საფუძველზე შერჩეულია გამხსნელის ოპტიმალური შედგენილობა და პროცესის მიმდინარეობის ხანგრძლივობა: 1 % თიოშარდოვანა, 0,5 % გოგირდმჟავა და 0.25 % ამონიუმის შაბი. გამოტუტვის ხანგრძლივობა 24 სთ.

მე-4 ცხრილში მოცემულია თიოშარდოვანაში ხსნადი ვერცხლის განსაზღვრის შედეგები.

ცხრილი 4.

ბარიტის მადანში არსებული ვერცხლის თიოშარდოვანის ხსნარით გამოტუტვის შედეგები

№	მადნის დაწვრილმანების ხარისხი, მმ	ვერცხლის მასური წილი საწყის მადანში, გ/ტ	პროდუქტის დასახელება	ვერცხლის შემცველობა, გ/ტ	ვერცხლის ამოკრევა, %
1	100 % კლასი -10+0	88	ხსნარი	33,44	38
			კუდი	54,56	62
			სულ:	88	100
2	90 % კლასი -5+0		ხსნარი	60,72	69
			კუდი	27,28	31
			სულ:	88	100
3	85 % კლასი -2,5+0		ხსნარი	67,16	76,32
			კუდი	20,84	23,68
			სულ:	100	100
4	82 % კლასი -0,074+0		ხსნარი	84,61	96,15
			კუდი	3,39	3,85
			სულ:	88	100

ცხრილი 4-ის მონაცემების თანახმად, თიოშარდოვანაში ხსნადი ვერცხლი დავით გარეჯის ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებში არის საწყისი ვერცხლის 96,15 %, ოდნავ მეტი ციანირებად ვერცხლზე.

სხვადასხვა სისხოს მქონე მასალაზე ჩატარებული ცდების შედეგებმა გვიჩვენეს, რომ ხსნარში ვერცხლის ექსტრაქციისთვის მაღალი ხარისხი მიიღწევა მადნის წვრილად დაფქვის დროს. ეს ნიშნავს, რომ გროვული გამოტუტვა, რომელიც მსხვილად დამსხვრეული მასალებისთვისაა რეკომენდებული, საკვლევი მადნებისთვის ეფექტური არ არის.

ამ ორი გამხსნელიდან პირველის უარყოფითი თვისებებია ნატრიუმის ციანიდის მაღალი ტოქსიკურობა და გამოტუტვის პროცესის ხანგრძლივობა, ხოლო მეორე-თიოშარდოვანა არის ნაკლებად ტოქსიკური და გამოტუტვა მიდის მაღალი სიჩქარით. პროცესი მთავრდება 24 საათში, ნაცვლად 36 საათისა პირველ შემთხვევაში პირველ შემთხვევაში, ამიტომ

ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული გზით ამოღებისთვის უფრო მისაღებად ჩაითვალა თიოშარდოვანა.

თავი 2.4. ბარიტის ფლოტაცია ვერცხლის გამოტუტვის კუდებიდან

კვლევები გაგრძელდა ბარიტის ფლოტაციის რეაგენტული რეჟიმისა და ტექნოლოგიური სქემის შერჩევის მიზნით.

ბარიტის ფლოტაციისთვის რეკომენდებული მრავალი შემკრები რეაგენტებიდან ყველაზე ეფექტურის შერჩევისათვის გამოცდილი იქნა რამდენიმე რეაგენტი: „ბარიტოლი“, ტალის ზეთი და სინთეზური ცხიმოვანი მჟავების წარმოების ნახევარპროდუქტი, სავაჭრო ნიშნით C-3 და ცხიმოვანი მჟავების ალკილტრიმეთილენდიამინდიაცეტატი, სავაჭრო ნიშნით MD 20783. ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია ცხრილში 5.

ცხრილი 5.

სხვადასხვა შემკრები რეაგენტით ბარიტის ფლოტაციის შედეგები

№	შემკრები რეაგენტი	პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის მასური წილი, %	$BaSO_4$ -ის მასური წილი, %	$BaSO_4$ -ის ამოკრეფა, %
1	„ბარიტოლი“	კონცენტრატი	30,7	81,98	90,3
		კუდი	69,3	3,90	9,7
		საწყისი მადანი	100,0	27,97	100
2	ტალის ზეთი	კონცენტრატი	50,7	52,42	95,9
		კუდი	49,3	2,32	4,1
		საწყისი მადანი	100,0	27,72	100
3	C-3	კონცენტრატი	20,9	73,34	56,0
		კუდი	79,1	15,12	44,0
		საწყისი მადანი	100,0	27,34	100
4	MD 20783	კონცენტრატი	31,27	82,98	92,67
		კუდი	68,73	2,98	7,33
		საწყისი მადანი	100	28	100

ცხრილის 5 მონაცემების თანახმად, ყველაზე ეფექტური შემკრები რეაგენტი დავით გარეჯის საბადოს ბარიტებისთვის არის „ბარიტოლი“ და MD 20783.

„ბარიტოლი“, რომლის სინთეზი განხორციელდა 1984წ. ე.წ. ცინგლერის სპირტების C₄-C₂₀-ის და მაღალმოლეკულური სპირტების C₁₆-C₂₀-ის ბაზაზე, ალკილსულფატების ჯგუფს მიეკუთვნება და მათგან განსხვავებით კენტი და ლუწი ნახშირბადის მქონე ნახშირწყალბადების გარკვეული თანაფარდობით გამოირჩევა. ეს მას ანიჭებს სელექციურობის და კოლექტორის მაღალ უნარს ბარიტის მიმართ და წარმატებით გამოიყენება 1986 წლიდან. ამდენად იგი კარგად აპრობირებული და შესწავლილი რეაგენტია, მაგრამ გააჩნია მომხმარებლისთვის უარყოფითი თვისება. იგი არის პასტა. ზოგადად პასტები ხასიათდება დაბალი თბოგამტარიანობით, რაც ართულებს მათ გადმოცლას ტარიდან, რომელშიც ის ცხლად ისხმება. როგორც წესი ფლოტაციის პროცესში იგი ხსნარის სახით მიეწოდება. ამ უკანასკნელის დამზადებისთვის აუცილებელია მისი გახსნა 60⁰-დე გაცხელებულ წყალში და ამ ტემპერატურის შენარჩუნება ცხელი ორთქლის საშუალებით გარკვეული დროის განმავლობაში.

რეაგენტი სავაჭრო ნიშნით MD 20783 წარმოადგენს ცხიმოვანი მჟავის ალკიტრიმეთილენდიამინდიაცეტატის ხსნარს ძმარმჟავაში. იგი არის წყალში ადვილად შერევადი სითხე და ამდენად მისი მოხმარება ბარიტოლისგან განსხვავებით გაადვილებულია.

აღნიშნული რეაგენტი სინთეზირებულია ჰოლანდიური ფირმა „აკზონობელის“ მიერ და განკუთვნილია არამეტალური მადნების ფლოტაციისთვის: აპატიტი, ფოსფორიტი, კალციტი, დოლომიტი, მინდვრის შპატები, გრაფიტი, შეელიტი, ვოლოსტონიტი და ა.შ. საქართველოს ბარიტებისთვის მისი გამოცდა ტარდება პირველად.

MD 20783 საინტერესოა იმ თვალსაზრისით, რომ მის ფორმულაში შედის ოთხი ფუნქციონალურად აქტიური ჯგუფი-2-ამინის და 2 აცეტატის ანუ აქვს კატიონურად და ანიონურად აქტიური ჯგუფები, რომელთა თვისებები გარემოს pH-ზე დამოკიდებულებით გამომჟღავნდება.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე დავით გარეჯის საბადოს ბარიტის ფლოტაციის რეაგენტული რეჟიმის რეცეპტურის შემუშავებისთვის კვლევები გაგრძელდა ახალი კოლექტორის MD 20783-ის გამოყენებით.

თავი 2.5. დავით გარეჯის საბადოს ბარიტის მადნის ფლოტაციის რეაგენტული რეჟიმისა და ტექნოლოგიური სქემის შემუშავება

ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული ამოღების შემდეგ მიღებული ნარჩენებიდან ბარიტის ფლოტაციის ოპტიმალური რეაგენტული რეჟიმის შერჩევასათვის ექსპერიმენტები ჩატარდა შედეგი პარამეტრების ოპტიმუმის დადგენის მიზნით:

- გარემოს pH და რეგულატორის ხარჯი;
- ფუჭი ქანის დეპრესორის-თხევადი მინის ხარჯი;
- კოლექტორის MD 20783-ის ხარჯი;
- ფლოტაციის დრო;
- ძირითადი ფლოტაციის უხეში კონცენტრატის გადაწმენდითი ოპერაციის რეჟიმი და ეფექტურობა;
- ტექნოლოგიური შედეგები: გამდიდრების პროდუქტების გამოსავლიანობა, კონცენტრატის ხარისხი და ამოკრევის მაჩვენებლების განსაზღვრა.

ფლოტაციის ძირითადი პარამეტრების მადნის დაწვრილმანების ხარისხის განსაზღვრისათვის ექსპერიმენტები ჩატარდა მადნის გამოტუტვის ტექნოლოგიური ციკლისთვის და მის ოპტიმალურ სიდიდედ ჩაითვალა 82 % -0,074 მმ-დე დაფქვა. სხვადასხვა რეჟიმში ჩატარებული ცდების მეშვეობით დადგენილია ოპტიმალური რეაგენტული რეჟიმი: გარემოს რეგულატორი- გოგირდმჟავა 10 გ/ტ (pH=5-6), ფუჭი ქანის დეპრესორი-თხევადი მინა 500 გ/ტ კოლექტორი-MD 20783-750 გ/ტ, 100 გ/ტ თხევადი მინდა გადაწმენდით ოპერაციაში. ფლოტაციის ხანგრძლივობა 18 წთ. გაგრძელდა 18 წთ.

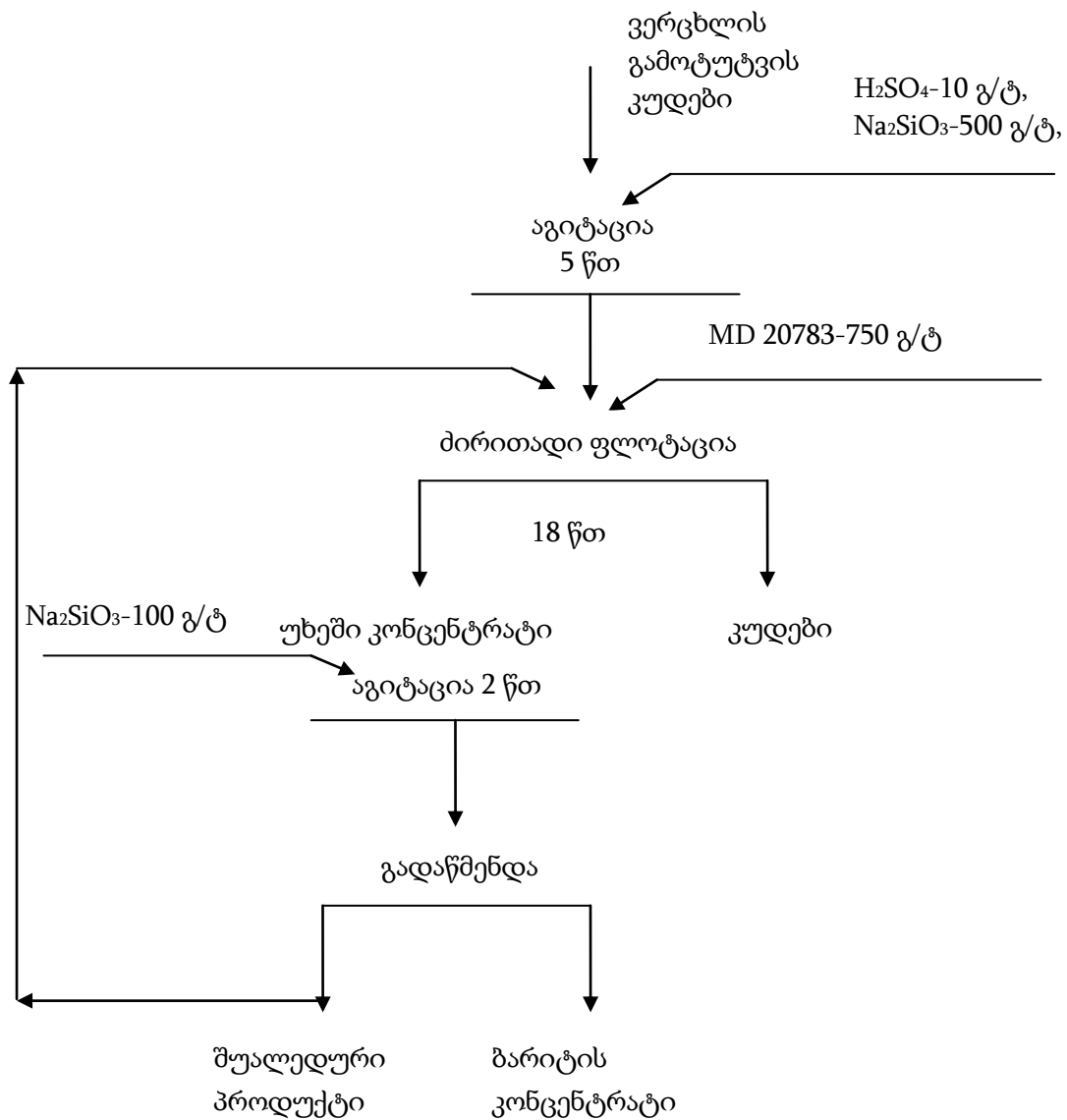
ცხრილში 6 მოცემულია ბარიტის ფლოტაციის საბოლოო შედეგები შემკრებად MD 20783-ის გამოყენებით.

ბარიტის ფლოტაციის საბოლოო შედეგები შემკრებად MD 20783
გამოყენებით

№	პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის მასური წილი, %	BaSO ₄ -ის მასური წილი, %	BaSO ₄ -ის ამოკრეფა, %
1	კონცენტრატი	22,6	98,50	79,5
2	შუალედური პროდუქტი	9,1	40,52	13,17
3	უხეში კონცენტრატი	31,27	82,98	92,67
4	კუდი	68,73	2,98	7,33
5	საწყისი მადანი	100,0	28	100,0

ცხრილის 6 მონაცემების თანახმად, ბარიტის უხეში კონცენტრატის ერთჯერადი გადაწმენდით შესაძლებელია ბარიტის კონცენტრატის მიღება 98,5 % შემცველობით, ამოკრეფით 79,5 %.

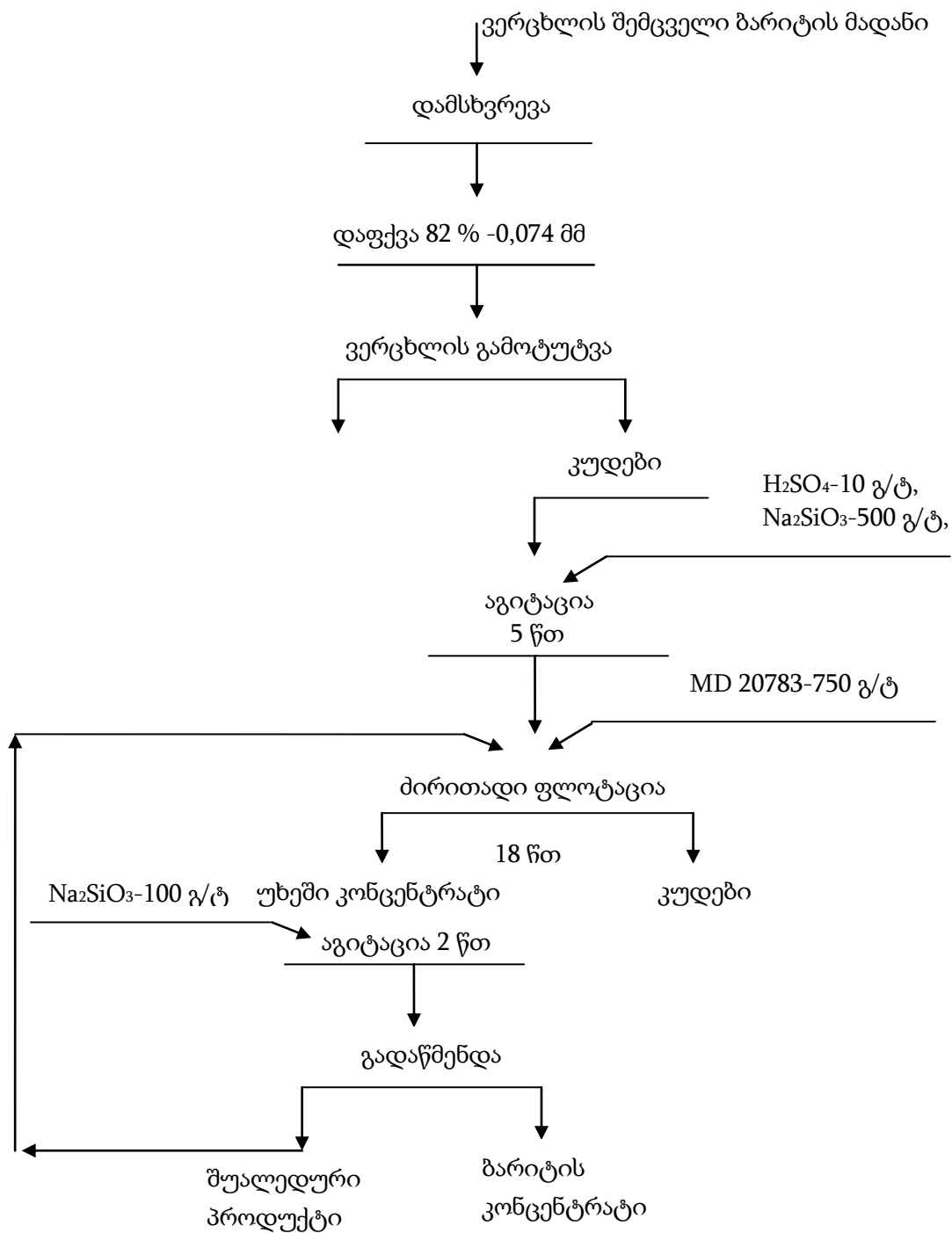
ნახაზზე 3 მოცემულია ვერცხლის გამოტუტვის კუდებიდან ბარიტის ფლოტაციის ტექნოლოგიური სქემა.



ნახ.3. ვერცხლის გამოტუტვის კუდებიდან ბარიტის ფლოტაციის ტექნოლოგიური სქემა

2.6. დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის გადამუშავების რეკომენდებული ტექნოლოგიური სქემა

ვერცხლის გამოტუტვისა და ამ პროცესის კუდებიდან ბარიტის ფლოტაციის სქემების გაერთიანებით მიღებული ტექნოლოგიური სქემა წარმოდგენილია ნახაზზე 4, ხოლო მისი განხორციელებს შედეგად გამდიდრების მოსალოდნელი მონაცემები-ცხრილში 7.



ნახ.4. დავით გარეჯის ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების გადამუშავების რეკომენდებული ტექნოლოგიური სქემა

მადნის გადამუშავების მოსალოდნელი შედეგები მოცემულია ცხრილში 7.

ცხრილი 7.

დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების გადამუშავების მოსალოდნელი შედეგები

№	პროდუქტის დასახელება	პროდუქტის მასური წილი	შემცველობა,		ამოკრეფა, %
			გადავიდა Ag ხსნარში, გ/ტ	BaSO ₄	
1	ვერცხლის შემცველი ხსნარი	-	84,61	-	96,15
2	ბარიტის კონცენტრატი	22,6	-	98,5	79,5
3	შუალედური პროდუქტი	9,1	-	40,52	13,17
4	კუდი	68,73	-	2,8	7,33
5	საწყისი მადანი	100	-	28	100

ამრიგად, დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი მადნებიდან ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული მეთოდით ამოღება უზრუნველყოფს საწყისი ვერცხლის 96 %-ზე მეტის გადასვლას თიოზარდოვანას ხსნარში. გამოტუტვის კუდებში ვერცხლის შემცველობა შეადგენს 3,39 %, ხოლო ბარიტის, როგორც ქიმიურად ინერტული მინერალისა, რჩება უცვლელი. გამოტუტვის კუდებიდან ბარიტის ფლოტაცია სუსტ მჟავა გარემოში, ახალი შემკრები რეაგენტის-ცხიმოვანი მჟავების ალკიტრიმეთილენდიამინდიაცეტატის მეშვეობით, იძლევა კონცენტრატს, რომლის გამოსავალი შეადგენს 22,6 %-ს, BaSO₄-ის შემცველობა-95,5 %.

მიღებული კონცენტრატი აკმაყოფილებს ქიმიური მრეწველობის მოთხოვნებს A კლასის კბ-1-ის პროდუქციაზე, რომლისთვისაც სტანდარტით გათვალისწინებულია შემდეგი მოთხოვნები: BaSO₄-ის შემცველობა არანაკლები 95 %-სა, SiO₂ არაუმეტეს 1,5 %; Fe₂O₃ არა უმეტეს 0,5 %, კალციუმის და მაგნიუმის ჯამი, გადათვლილი CaO-ზე არა უმეტეს 0,5 % წყალში ხსნადი მარილები არა უმეტეს 0,25 %.

ზემოთ აღწერილი ტექნოლოგიით მიღებულ კონცენტრატში მინარევების ჯამური შემცველობა არ აღემატება 1,5 %-ს.

დასკვნა

1. დავით-გარეჯის საბადო წარმოდგენილია მადნის ორი ტიპით: ვერცხლის შემცველი ბარიტები საბადოს ზედაპირზე და ზედა ჰორიზონტებში, მის ქვეშ განმხოლოებულად განლაგებული ოქრო-პოლიმეტალური მადნები, რომელთა ღირებულება გაცილებით აჭარბებს პირველს.
2. ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებიდან აღებული ტექნოლოგიური სინჯის მინერალოგიური და პეტროგრაფიული ანალიზების შედეგებით დადგენილია, რომ საკვლევი მადანი მიეკუთვნება კვარც-ბარიტულ სამრეწველო ტიპს. ბარიტიზირებული ზონის შემადგენელ მთავარ მინერალს, ბარიტთან ერთად, წარმოადგენს კვარცი. ხოლო მეორეხარისხოვანი მინერალებია: პირიტი, რკინის ოქსიდები და ჰიდროოქსიდები, იშვიათად-ქალკოპირიტი, სფალერიტი, გალენიტი. ბარიტი და კვარცი ურთიერთშენაზარდების სახითაა. კვარცი, როგორც წვრილმარცვლოვანი, ასევე საშუალომარცვლოვანია.
3. ვერცხლის ფაზური ქიმიური ანალიზის შედეგების თანახმად, მადანში ვერცხლი არსებობს სამი ფორმით: თავისუფალი-ხალასი, ვერცხლის მარტივი სულფიდი-არგენტიტი და ვერცხლის ქლორიდები.
4. მადანში ფასეული კომპონენტები ვერცხლი და ბარიტია. ვერცხლის შემცველობა არის 88 გ/ტ, ხოლო-ბარიტის 28 %. ფერადი მეტალების შემცველობით (< 0,05%) მადანი ეკონომიკურად საინტერესო არ არის; ვერცხლის შემცველობის თვალსაზრისით მადანი მიეკუთვნება მეორე ტექნოლოგიურ კლასს, რომელშიც წამყვანი ფასეული კომპონენტი არის ბარიტი, ვერცხლი კი თანამგზავრი ელემენტია. ამ კლასის მადნების გამდიდრების მეთოდი და სქემა ისე უნდა შეირჩეს, რომ უზრუნველყოფილი იყოს ბარიტის სრული ამოკრეფა, როგორც ვერცხლზე მეტი ღირებულების მქონე კომპონენტი. ეს მიზანი კომბინირებული ტექნოლოგიების გამოყენებით მიიღწევა.
5. მადნის ტექსტურულ-სტრუქტურული თავისებურებიდან (სასარგებლო კომპონენტების წვრილად ჩაწინწკვლა და ფუჭი ქანის მინერალებთან წვრილი თანაზრდა) გამომდინარე, საკვლევი მადნის გამდიდრება შესაძლებელია ორი ხერხით:

- ვერცხლის და ბარიტის პირდაპირი სელექციური ფლოტაცია;
- ვერცხლის დამუშავება ჰიდრომეტალურგიული მეთოდით და გამოტუტვის კუდების ფლოტაცია.

6. საწყისი მადნიდან ვერცხლის ამოღებისთვის შემუშავდა ფლოტაციის ოპტიმალური პირობები: მადნის დაწვრილმანების ხარისხის -82 % კლასი-0,074მმ, შემკრები რეაგენტის-კალიუმის ბუტილქსანტოგენატის ხარჯი - 100გ/ტ, ამქაფებლის -ფიჭვის ზეთის ხარჯი -50 გ/ტ. შედეგად მიღებული ქაფის პროდუქტი შეიცავდა 680 გ/ტ ვერცხლს, რომლის ერთი გადაწმენდით მიღებული იქნა ვერცხლის კონცენტრატი, 2337,1 გ/ტ ვერცხლის შემცველობით, ამოკრეფით 83,36 %.

ბარიტის შემცველ კუდებში იკარგება საწყისი ვერცხლის 16,64 %, ხოლო ვერცხლის კონცენტრატში-ბარიტის 10,49 %.

7. ვერცხლის და ბარიტის ურთიერთდანიკარგების შესამცირებლად დამუშავებულია ვერცხლის ამოღების ჰიდრომეტალურგიული მეთოდის ორი ვარიანტი: გამოტუტვა ნატრიუმის ციანიდის და თიოზარდოვანის ხსნარებით.

8. სხვადასხვა სისხოს მასალიდან ნატრიუმის ციანიდის ხსნარით გამოტუტვის შედეგებით დადგენილია, რომ საკვლევი მადნებისთვის გამოტუტვის გროვული მეთოდის გამოყენება არ იქნება მიზანშეწონილი ვერცხლის დაბალი ამოკრეფის გამო. წვრილად

დაფქული მასალიდან, რომლის სისხო არის 82 %-0,074 მმ, ციანირებით შესაძლებელია საწყისი ვერცხლის 95,51 %-ის ექსტრაქცია ხსნარში. ვერცხლის ციანხსნარში გახსნის სიჩქარის შესწავლის საფუძველზე დადგენილია, რომ იგი იზრდება მასალის სისხოზე დამოკიდებულებით 11,96 %-დან 31,84 % დღე-ღამეში. უკანასკნელი შეესაბამება მადნის დაფქვის ხარისხის 82 % - 0,074მმ;

9. ვერცხლის ციანირების დაბალი სიჩქარისა და გამხსნელის მაღალი ტოქსიკურობის გამო, იგი უნდა შეიცვალოს ალტერნატიული გამხსნელით თიოზარდოვანის მჟავე ხსნარით, რომელიც დამატებული იქნა რომელიმე ორვალენტური რკინის მარილი ვერცხლის დაჟანგვისთვის;

10. სხვადასხვა კონცენტრაციის თიოშარდოვანის ხსნარით ვერცხლის გამოტუტვის ექსპერიმენტებით შერჩეულია გამხსნელის ოპტიმალური შედგენილობა: თიოშარდოვანა - 1%, გოგირდმჟავა- 0,5 % და რკინა-ამონიუმის შაბი ან მისი შემცველი -2%. შესასწავლია ვერცხლის გამოტუტვის ეფექტურობა მასალის სისხოზე დამოკიდებულებით. ოპტიმალური დაფქვის ხარისხი ამ შემთხვევაში უდრის 82 % კლასი -0,074 მმ, რაც მადანში ვერცხლის წვრილი ჩანაწინწკლების არსებობის გამო;
11. ვერცხლის გამოტუტვის საშუალო სიჩქარე საწყისი მასალის სისხოზე დამოკიდებულებით იცვლება 19 %-დან 48,08 %-დე დღე-ღამეში, რაც ციანხსნარში გახსნის საშუალო სიჩქარის 33,77%-ით აჭარბებს. თიოშარდოვანის ხსნარში ვერცხლის ექსტრაქციის ხარისხი შეადგენს 96,15 %, რაც ასევე მეტია ციანირებასთან შედარებით.
12. ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული ამოღების შემდეგ, გამოტუტვის პროცესის კუდებიდან ბარიტის ამოღების ფლოტაციურ მეთოდს ალტერნატივა არ გააჩნია;
13. ბარიტის ფლოტაციისთვის შემკრებ რეაგენტად „ბარიტოლის“, ტალის ზეთის, და ცხიმოვანი მჟავების სინთეზის ნახევარ-პროდუქტის C-3 და ცხიმოვანი მჟავების ალკილტრიმეთილენდიამინდიაცეტატის - MD 20783-ის გამოცდის საფუძველზე ბარიტის ფლოტაციისთვის შერჩეულია რეაგენტი MD 20783, როგორც ყველაზე ეფექტური კოლექტორი, მას გააჩნია ოთხი ფუნქციონალურად აქტიური ჯგუფი: 2 ამინის და 2 აცეტატის, რის გამოც მის შემკრებ უნარს მართავს გარემოს pH;
14. ბუნებრივად სუფთა მინერალებს კვარცის და ბარიტის მონომინერალური ფრაქციების ფლოტაციით, შემკრებად ცხიმოვანი მჟავების ალკილტრიმეთილენდიამინდიაცეტატის გამოყენების შემთხვევისთვის, დადგენილია, რომ პირველი ფლოტაციურად აქტიურია pH 6,5-7,5-ის, ხოლო ბარიტი pH 5-6-ის პირობებში. ნეიტრალურ გარემოში კვარცის ფლოტაცია ჩამორჩება ბარიტის ფლოტაციას. ამასთან კვარცის ფლოტაცია აქტიურდება თხევადი ფაზის მინერალიზაციის ზრდით, მაშინ როცა ბარიტის-უცვლელი რჩება;

15. შემუშავებულია ვერცხლის ჰიდრომეტალურგიული ამოღების კუდებიდან ბარიტის ფლოტაციის ოპტიმალური რეაგენტული რეჟიმი და ტექნოლოგიური სქემა. რეაგენტების ხარჯი ძირითად ფლოტაციაში: გოგირდმჟავა-10გ/ტ, ნატრიუმის სილიკატი - 500გ/ტ, ცხიმოვანი მჟავების ალკილტრიმეთილენდიამინდი აცეტატის (MD 20783)-750გ/ტ; გადაწმენდით ოპერაციაში-ნატრიუმის სილიკატი-100 გ/ტ. ფლოტაციის სქემა გამოირჩევა თავისი სიმარტივით. ოპტიმალურ პირობებში ფლოტაციით მიღებული ბარიტის კონცენტრატის გამოსავალი არის 22,6 %, ბარიუმის სულფატის შემცველობა -98,5 %, ამოკრეფა - 79,5 %-ფლოტაციის კუდებში ბარიტის დანაკარგი შეადგენს 7,33 %, შემცველობა 2,8 %.
16. დავით გარეჯის ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებისათვის შემუშავებულია კომბინირებული ჰიდრომეტალურგიულ-ფლოტაციური სქემა და რეაგენტული რეჟიმის რეცეპტურა ახალი შემკრები რეაგენტის MD 20783-ის გამოყენებით, რომელიც საკვლევ მიმართულებით მადნების ღრმა გამდიდრებას უზრუნველყოფს: გამოტუტვის კუდების ფლოტაციით მიღებული ბარიტის კონცენტრატი გამოირჩევა მაღალი ხარისხით და ვარგისია ქიმიური მრეწველობისთვის.

აპრობაცია

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი საკითხები მოხსენების სახით გაშუქდა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე, მათ შორის სტუ-ს სტუდენტთა მე-83 და მე-84 ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე, თბილისი 2015-2016; ასევე კოლოქვიუმებსა და თემატურ სემინარებზე.

პუბლიკაციები

1. მ. ბაღნაშვილი. დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლ-ბარიტის მადნის ნივთიერებრივი შემადგენლობის დადგენა. სტუ-ს სტუდენტთა 83-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, თბილისი, 2015, გვ. 119.
2. მ.ბაღნაშვილი, ო.კავთელაშვილი, ა. შეყილაძე, ნ.ადეიშვილი, ნ. მაისურაძე. დავით-გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნებში ვერცხლის არსებობის ფორმების დადგენა. სსიპ გრ.წულიკიძის სამთო ინსტიტუტი მე-2 სამეცნიერო კონფერენცია, „სამთო საქმის და გეოლოგიის აქტუალური პრობლემები“ თბილისი, 2015, გვ.22.
3. მ. ბაღნაშვილი 2016 დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების ფლოტაციის რეჟიმის დადგენა. სტუ-ს 84-ე სტუდენტთა ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, თბილისი, 2016 წ.
4. მ. ბაღნაშვილი, ნ. შეყრილაძე, დ. ტალახაძე, მ. ჭოხონელიძე, ნ. ადეიშვილი. დავით-გარეჯის ბარიტ-ოქრო-პოლიმეტალური საბადოს ბარიტის მადნების კვლევა გამდიდრებადობაზე. სსიპ გრიგოლ წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, მე-3 სამეცნიერო კონფერენცია „სამთო საქმის და გეოლოგიის აქტუალური პრობლემები“ თბილისი, 2016, გვ 18.
5. A. Shekiladze, O. Kavtashvili, M. Bagnashvili. Development of technology for beneficiation of silver containing ores. World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium WMESS 2016. 5-9 september, 2016. prague (Czech republic).WWW. MESS-EARTH.ORG.
6. მ. ბაღნაშვილი, ო.კავთელაშვილი, ნ.ადეიშვილი, ნ.მაისურაძე, ა.შეყილაძე, მ.ჩუბუნძე. ვერცხლის არსებობის ფორმები დავით-გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველ ბარიტის მადნებში. "სამთო ჟურნალი" თბილისი, 2016, №1(36). გვ. 115-118 .
7. A. Shekiladze, O. Kavtashvili, M. Bagnashvili. Development of technology for beneficiation of silver containing ores. iopscience.iop.org 2016, № 44.

8. მ. ბაღნაშვილი. დავით გარეჯის საბადოს ვერცხლის შემცველი ბარიტის მადნების ფლოტაციით გამდიდრების კვლევის შედეგები. "სამთო ჟურნალი", თბილისი, 2016. №2 (37), გვ. 28 –31.
9. მ. ბაღნაშვილი, ნ. შეყრილაძე, დ. ტალახაძე, მ. ჭოხონელიძე, ნ. ადგიშვილი, ო. კავთლაშვილი. დავით გარეჯის ბარიტ-ოქრო-პოლიმეტალური საბადოს ვერცხლ-ბარიტის მადნების კვლევა გამდიდრებადობაზე. "სამთო ჟურნალი" თბილისი, 2017, №1(38). გვ.

Abstract

Elaboration of combined technology for processing of silver-containing barite ores of David Gareji deposit

In the dissertation the results of the research of material composition and of technological properties of silver-containing barite ores of David Gareji deposit are given. The results underlied the foundations for elaboration of combined hydrometallurgical flotation technological schemes of their processing as well as for formulation of reagent regime.

Investigated ores by their mineralogical composition and by textural-structural peculiarities fall into quartz-barite industrial type which is characterized by a minor propagation of sulfide minerals. Ore minerals (chalcopyrite, galenite, sphalerite and pyrite) and silver occur in the form of fine and very fine impregnations in the barite as well as in the quartz mass and in the cracked cavities. Barite and quartz are in mutual aggregates in the form of fine-grained as well as in medium-grained form.

From the viewpoint of silver the ore presents the technological type of 2-nd class where the total cost of leading valuable component barite exceeds the similar index for silver. Therefore at the selection of the technology for processing of mentioned ores the preference is given to the enrichment method which provides the maximum extraction of leading valuable component.

The researches were carried out on technological sample containing 28% of BaSO₄ and 80-88 g/ton of silver. From the viewpoint of non-ferrous metals the considered type of the ore is of no economic interest because of their very low content (<0.05%).

On the basis of phase analysis the three mineral forms of silver existing in the ore were established: pure, simple-sulfide argentite and silver chlorides.

Research of silver technological properties was carried out in two directions: leaching by the use of various solvents (so-called "bottle" tests) and determination of flotation ability. It was established that by aqueous solution of sodium cyanide more than 90% of silver extraction is possible. Similar result was attained at leaching by thiourea and in the case of flotation enrichment. As to barite extraction, on the basis of ore textural-structural peculiarities the flotation is the sole method for enrichment of the ore under study.

The investigations for selection-elaboration of the technology for enrichment of silver-containing barite ores of David Gareji deposit were performed in two directions:

1. Direct selective flotation for preparation of independent concentrates of silver and barite;
2. Silver leaching and barite flotation from the tails of the first operation.

Potassium butylxanthogenate was used as the collecting reagent for silver flotation, pine oil-as the foaming agent and calcined soda-as medium regulator.

In barite flotation calcined soda was used as medium regulator; baritol, silicon oil, semiproduct of synthetic fatty acids of trade mark C-3 and alkyl-methylendiamine

acetate of fatty acid of trade mark MD20783 was used as the collecting reagent. Along with it, the effect of medium pH, liquid glass and etc. on barite flotation was studied.

It was established that in optimal conditions (milling degree – 80-85%; class – 0,074mm; reagent consumption in silver flotation: calcined soda – 500g/ton, butylxanthogenate – 100g/ton, lead acetate – 10g/ton) the silver concentrate, containing 680g/ton of silver. Silver extraction comprises 92,21%. After one-fold repurification of silver concentrate the fourfold increase of silver content is possible up to 2437,1 g/ton by extraction of 83,36%.

To avoid the mutual losses of silver and barium (in the silver-barite concentrate and vice versa) the experiments were performed for silver extraction from initial ore by the use of some kind of solvent. In spite of the fact that by the use of aqueous solutions of sodium cyanide and thiourea as the solvents in bottle tests the similar results were obtained, the latter was chosen as the less toxic compound.

Silver leaching in thiourea occurs in acid medium which is remained after silver extraction. Therefore in barite flotation the new flotation agent MD 20783 was used as the collecting reagent, which similarly to the amines of other fatty acids acts efficiently in weak acid medium (pH-5). At leaching by 1% solution of thiourea the 96,15% of silver initial content passes into the solution or 84,61g/ton. For barite flotation after first operation or from solid residues of leaching the following conditions were determined: medium regulator: sulphuric acid – 50g/ton, depressant – 500g/ton collector MD 20783 – 750g/ton. The product, obtained after one-fold repurification of barite rough concentrate, contains 98,5% of BaSO₄ and its extraction comprises 79,5%.

The concentrate with a content of barite sulfite no less than 95% and with limited indexes: Fe₂O₃-0,3% (norm.0,5%), SiO₂ – 1,1% (norm. 1,5%) and CaO – 0,25% (norm. 0,5%) satisfies the requirements of the standards ГOCT 4682-84 on the production of first quality.

The recommended technology allows the complex development of silver-containing barite ores of David Gareji deposit. The obtained results may form the basis for estimation of economic potential of mentioned deposit.