

UDC 622.765(075), 625.75.4

SCOPUS CODE 2201

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2020-1-94-100>

ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნების წინასწარი გამდიდრების ტექნოლოგიის კვლევა

დემურ ტალახაძე	სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: d.talaxadze@gtu.ge
მიხეილ გამცემლიძე	გ. წულუკიძის სამთო ინსტიტუტი, საქართველო, 0186, თბილისი, ე. მინდელის 7 E-mail: omar_gamtsemlidze@yahoo.com
როინ ენაგელი	სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: enageli@mail.ru

რეცენზენტები:

ა. აბშილავა, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: a.abshilava@gtu.ge

ზ. არაბიძე, სტუ-ის სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის პროფესორი, ემერიტუსი

E-mail: z.arabidze@gtu.ge

ანოტაცია. ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნების წინასწარი გამდიდრების ტექნოლოგიის კვლევა ჩატარდა ბექთაქარის საბადოს ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნებიდან აღებული სინჯებით, რაშიც ოქროს შემცველობა იყო 5,61 გ/ტ, ტყვიის – 1,65%, თუთიის – 2,43%. წინასწარი გამდიდრებისათვის, რომლის მიზანია საბოლოო კუდების გამოყოფა, მსხვილმარცვლოვანი სახით მასალა დაიმსხვრა +8 მმ, 8–3 მმ და 3–0 მმ ზომის კლასებად. +8 მმ კლასი გამდიდრდა მძიმე გარემოში (ფრაქციული ანალიზი) გამყოფი 2870 კგ/მ³ სიმკვრივით, ხოლო 8–3 მმ ზომის კლასი –

მოდერნიზებულ სალექ მანქანაზე. ცდების შედეგად დადგინდა, რომ +8მმ კლასის მძიმე გარემოში გამდიდრებისას მიღებულ კუდებში თუთიისა და ტყვიის შემცველობები მინიმალურია, მაგრამ მაღალია ოქროს შემცველობა და 1,5–1,7გ/ტ აღწევს. ამის გათვალისწინებით, +8 მმ კლასის წინასწარი გამდიდრება რეკომენდებული არ არის. 8–3 მმ კლასის მოდერნიზებულ სალექ მანქანაზე დალექვის შედეგად მიღებულ კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობები დაბალია და, შესაბამისად, Pb=0,24%, Zn=0,32% და Au=0,4 გ/ტ შეადგენს. ამრიგად, წინასწარ გამდიდრებაზე ჩატარებული კვლევების საფუძველზე დადგინდა: 1. +8 მმ ზომის

კლასის წინასწარი გამდიდრება მიღებულ კუდებში, ოქროს მაღალი შემცველობის გამო, არაა რეკომენდებული; 2. 8–3 მმ ზომის კლასის მოდერნიზებულ სალექ მანქანაზე გამდიდრებით შესაძლებელია გამოიყოს 22,3% საბოლოო კუდები, ფასიანი კომპონენტების მინიმალური შემცველობით.

საკვანძო სიტყვები: ანალიზი; ბექთაქარის საბადო; გამდიდრება; დალექვის პროცესი; კუდები; მადანი; ოპტიმალური პარამეტრები; ოქროს შემცველი.

შესავალი

ბოლო წლებში მადნების გადამუშავების პროცესში დიდი ყურადღება ექცევა მის წინასწარ მომზადებას, რომლის მიზანია ძვირად ღირებული, საკუთრივ გამდიდრების ოპერაციის წინ მსხვილმარცვლოვანი ფორმით საერთო მასიდან გარკვეული რაოდენობის სასარგებლო კომპონენტების შემცველი პროდუქტიდან საბოლოო კუდების გამოყოფა. ამ შემთხვევაში მცირდება ძვირად ღირებულ ოპერაციებზე (დაფქვა, ფლოტაცია) მიწოდებული მასალის რაოდენობა, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მადნის გადამუშავების საერთო ხარჯებს. ასეთ ოპერაციებს მიეკუთვნება: რადიომეტრული დახარისხება, არჩევითი დამსხვრევა, გაცხრილვა, დაფქვა, გრავიტაციული გამდიდრება, მშრალი მაგნიტური სეპარაცია.

ძირითადი ნაწილი

ბექთაქარის ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნების წინასწარი გამდიდრებისათვის, შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული №FR-18-3398 გრანტით გათვალისწინებული სამუშაოთა ფარგლებში, ბექთაქარის საბადოდან ამოღებულ იქნა 300კგ მახასიათებელი სინჯი, რომლის ნატეხის ზომა 250–0 მმ იყო.

ბექთაქარის საბადო მიეკუთვნება კოლჩედანურ-პოლიმეტალურ მადნებს ოქროს მაღალი შემცველობით. მადანში სასარგებლო კომპონენტების საშუალო შემცველობაა: Pb-1,5...1,8%; Zn-2,3...2,7%; Au-4,5...6,5გ/ტ. სპილენძის შემცველობა მადანში 0,14% არ აღემატება. ფაზური ანალიზის შედეგად დადგინდა, რომ ტყვიის 90% და თუთიის 88% არის სულფიდური სახით, ოქროს გარკვეული ნაწილი (15–20%) – თავისუფალი სახით, მადნის თანხმლები ფუჭი ქანი – სხვადასხვა სტრუქტურის მქონე კვარცმინდვრის შპატისა და კვარც-მინდვრის შპატსერიციდის ქანებით.

ყველა მადნეული მინერალი ერთმანეთში წმინდათაა ჩაწინწკული. ბექთაქარის კოლჩედანურ-პოლიმეტალური მადნების სტრუქტურული თვისებებიდან გამომდინარე, მადნის წინასწარი გამდიდრებისათვის შეირჩა გრავიტაციული მეთოდი. კვლევებისათვის აღებული სინჯი დაიმსხვრა 60 მმ-მდე და გაიცხრილა 8–3 მმ-იან ცხრილებში. შესაბამისად, მიღებულ იქნა 60–8, 8–3 და 3–0 მმ ზომის კლასები. გაცხრილვის შედეგები მოცემულია 1-ელ ცხრილში.

დამსხვრეული მადნის საერთო ანალიზი

კლასები მმ	გამოსა- ვალი γ%	შემცველობა			ამოკრეფა, %		
		Pb, %	Zn, %	Au, გრ/ტნ	Pb	Zn	Au
60-8	51,7	1.78	2.47	5.61	48.28	46.23	47.78
8-3	35,2	1.89	2.83	5.92	34.92	36.07	34.40
3-0	13,1	2.45	3.73	8.26	16.80	17.70	17.82
60-0	100	1.9	2.76	6.07	100	100	100

60–8 კლასზე ჩატარდა ფრაქციული ანალიზი. რივით. ფრაქციული ანალიზის შედეგები მოცემულია მე-2 ცხრილში. ანალიზისთვის მძიმე გარემოდ გამოყენებულ იქნა მულა მე-2 ცხრილში. ტულეს სიბრტე 3170კგ/მ³ მაქსიმალური სიმკვ-

60–8 მმ კლასის ფრაქციული ანალიზის შედეგები

ფრაქციის სიმკვრივე კგ/მ ³	გამოსავალი γ%		შემცველობა			ამოკრეფა, %		
	ოპერაც.	საერთო	Pb, %	Zn, %	Au, გრ/ტნ	Pb	Zn	Au
+3170	5,2	2,69	8,96	10,74	18,30	26,17	22,62	16,96
3170-2980	9,3	4,81	1,93	8,16	12,55	26,1	30,72	20,81
2980-2820	35,7	18,46	3,76	2,73	7,1	38,71	39,52	45,2
2820-2710	20,2	10,44	0,37	0,42	2,21	4,2	3,43	7,96
-2710	29,6	15,3	0,29	0,31	1,72	4,82	3,71	9,07
სულ	100	51,7	1,78	2,47	5,31	100	100	100

ფრაქციული ანალიზის შედეგების მიხედვით 2830 კგ/მ³. ამ შემთხვევაში მსუბუქი ფრაქციის გააიგო გამდიდრების მრუდები, რომლის მიხედვითაც განისაზღვრა მსუბუქი ფრაქციის (კუდების) ტექნოლოგიური მაჩვენებლები. ჩვენს შემთხვევაში, გამყოფი ფრაქციის სიმკვრივედ აღებულ იქნა 0,32%, თუთიის (Zn) – 0,35%, ოქროს – 1,91გ/ტ. შესაბამისი ამოკრეფებია:

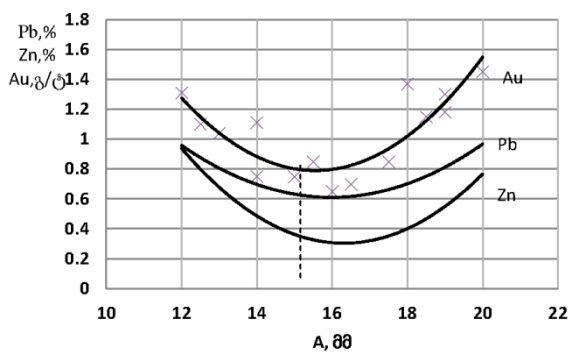
Pb-9,02%, Zn-7,14%, Au-17,03%. მიღებულ მსუბუქ ფრაქციაში (კუდებში) ტყვიისა და თუთიის შემცველობა და ამოკრეფა მინიმალურია. რაც შეეხება ოქროს, მისი შემცველობა და ამოკრეფა მაღალია და β -1,91გ/ტ, ε -17,03% შეადგენს.

ფრაქციული ანალიზის შედეგებიდან გამომდინარე, 60-8 მმ კლასისათვის ფლოტაციური მეთოდით წინასწარი გამდიდრება რეკომენდებული არ არის.

წინასწარი გამდიდრების შესაძლებლობის დასადგენად ცდები ჩატარდა მოდერნიზირებული კონსტრუქციის მაღალი სიხშირის სალექ მანქანაზე (იხ. პატენტი № GE U 1962). მიღებული მონაცემების უმცირეს კვადრატთა მეთოდით დამუშავების შედეგად განისაზღვრა კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობების დამოკიდებულება წყლის პულსაციის ამპლიტუდაზე A, ჩარჩოს რხევათა რიცხვსა n და სალექი მანქანის მოძრავი კონუსის ჩარჩოს გადაადგილების სიდიდეზე l. კერძოდ, კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობების დამოკიდებულებას წყლის პულსაციის ამპლიტუდაზე A აქვს სახე:

$$\begin{aligned} \theta_{Pb} &= 0.022A^2 - 0.701A + 6.212, \\ \theta_{Zn} &= 0.038A^2 - 1.192A + 10.06, \\ \theta_{Au} &= 0.034A^2 - 1.11A + 9.363. \end{aligned}$$

შესაბამისი გრაფიკები მოცემულია 1-ელ სურ-ზე.



სურ. 1

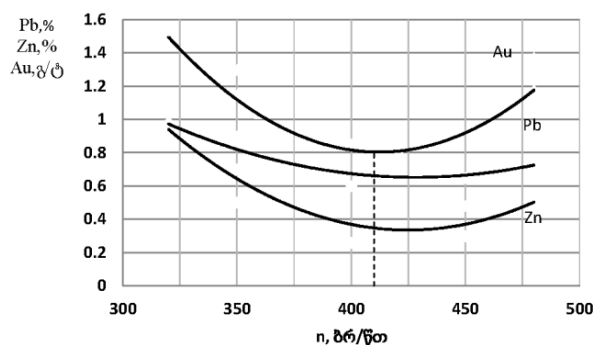
კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობების დამოკიდებულებას სალექ მანქანაში წყლის პულსაციის სიხშირეზე n აქვს შემდეგი სახე:

$$\begin{aligned} \theta_{Pb} &= 3 \cdot 10^{-5} n^2 - 0.023n + 5.649, \\ \theta_{Zn} &= 5 \cdot 10^{-5} n^2 - 0.046n + 10.24, \\ \theta_{Au} &= 8 \cdot 10^{-5} n^2 - 0.066n + 14.57. \end{aligned}$$

შესაბამისი გრაფიკები მოცემულია მე-2 სურ-ზე.

კუდებში ტყვიის, თუთიისა და ოქროს შემცველობების დამოკიდებულებას სალექი მანქანის მოძრავი კონუსის ჩარჩოს გადაადგილების სიდიდეზე l აქვს შემდეგი სახე:

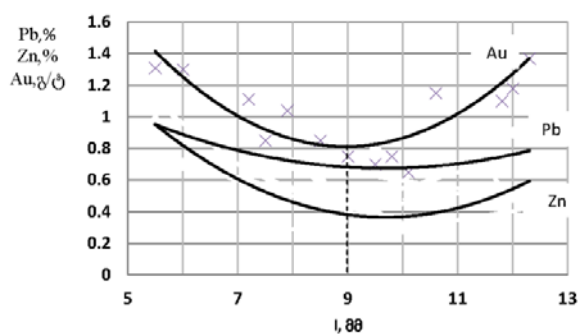
$$\begin{aligned} \theta_{Pb} &= 0.015 \cdot l^2 - 0.307 \cdot l + 2.163, \\ \theta_{Zn} &= 0.033 \cdot l^2 - 0.648 \cdot l + 3.505, \\ \theta_{Au} &= 0.05 \cdot l^2 - 0.898 \cdot l + 4.843. \end{aligned}$$



სურ. 2

შესაბამისი გრაფიკები მოცემულია მე-3 სურ-ზე.

მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით, დალექვის პროცესის სხვადასხვა ტექნოლოგიური პარამეტრის დროს განისაზღვრა წყლის პულსაციის ამპლიტუდის ოპტიმალური სიდიდე ტყვიის, თუთიისა და ოქროსთვის A=15,5მმ (სურ. 1); სალექი მანქანის ჩარჩოს ოპტიმალური რხევათა რიცხვი ტყვიის, თუთიისა და ოქროსთვის n=412ბრ/წთ (სურ.2); სალექი მანქანის მოძრავი კონუსის ჩარჩოს გადაადგილების ოპტიმალური სიდიდე ტყვიის, თუთიისა და ოქროსთვის l=9მმ შეადგენს (სურ. 3).



სურ. 3

დადგენილი ოპტიმალური და (წყლის პულსაციის ამპლიტუდა – 15,5მმ, წყლის პულსაციის სიხშირე 412 – ბრ/წთ და მოძრავი კონუსის ჩარჩოს გადაადგილება – 9მმ) აღნიშნული ტექნოლოგიური პარამეტრებით დალექვის პროცესით 8–3 მმ კლასიდან საბოლოო კუდები შეიძლება მივიღოთ რაოდენობით 20–25% გამოსავლით ტყვის, თუთიისა და ოქროს შემცველობით: Pb=0.25–0,27%, Zn=0,3–0,35%, Au= 0,3–0,5გ/ტ.

დასკვნა

ამრიგად, ბექთაქარის ოქროს შემცველი პოლიმეტალური მადნის წინასწარ გამდიდრებაზე ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ გამდიდრებას (საბოლოო კუდების მოცილებას) ექვემდებარება კლასი 8–3. რაც შეეხება 60–8 და 3–0 კლასებს, დალექვის შედეგად მიღებულ პროდუქტში მაღალია ოქროს შემცველობა – 1–1.5 გ/ტ, რის გამოც ამ მეთოდის გამოყენება არაა მიზანშეწონილი.

აღნიშნული სტატია შესრულებულია შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის (საგრანტო ხელშეკრულება №FR-18-3398) ფარგლებში. პუბლიკაციაში გამოქვეყნებული მოსაზრებები კვლევის ავტორებს და შესაძლოა არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ლიტერატურა

1. Gamtsemlidze M., Enageli R., Rukhadze T. et al. Method for diaphragm jig autocontrol. National Intellectual Property Center of Georgia "SAKPATENTI". GE U 1962, 03.12.2018. (in Georgian).
2. Tarasov A.V., Bocharov V.A. Combined technologies of nonferrous metallurgy. Moscow. Institute Gintsvetmet. 2001. (in Russian).
3. Tarasov A.V., Paretskii V. M. Newest technologies of “Gintsvetmet” in the field of nonferrous metals production and opportunities of their usage in the world. Proceedings of conference metallurgy East-West’97. High Tatras. 1997, 32–36 pp. (in Russian).

UDC 622.765(075), 625.75.4

SCOPUS CODE 2201

Study of a pre-enrichment technology for gold-containing polymetallic ores

Demur Talakhadze Department of Mining Technology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: d.talaxadze@gtu.ge

Mikheil Gamtsemlidze G.Tsulukidze Mining Institute, 7 E. Mindeli str, 0186 Tbilisi, Georgia

E-mail: omar_gamtsemlidze@yahoo.com

Roin Enageli Department of Mining Technology, Georgian Technical University, 75 M. Kostava str, 0160 Tbilisi, Georgia

E-mail: omar_gamtsemlidze@yahoo.com

Reviewers:

A. Abshilava, Professor, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: a.abshilava@gtu.ge

Z. Arabidze, Emeritus, Faculty of Mining and Geology, GTU

E-mail: z.arabidze@gtu.ge

Abstract. The article presents the results of research of the gold-containing polymetallic ores pre-enrichment technology. The samples were taken from gold-containing polymetallic ores of the Bektakari deposit. In the sample the gold content was 5.61 g / t, the lead - 1.65% and the zinc - 2.43%. The material was crushed into +8 mm, 8-3 mm and 3-0 mm classes for large-grain pre-enrichment in order to pre-separate the cleaner tailings. The +8 mm class was enriched in a heavy medium (fractional analysis) with a separating density of 2870 kg/m³, and the 8-3 mm class - on a modernized jigging machine. Tests have shown that zinc and lead contents in the tails obtained during the enrichment of +8 mm class in a hard medium are minimal, but gold content is high and reaches 1.5-1.7 g/t. With this in mind, the pre-enrichment of the +8mm class is not recommended. In the tails obtained in the result of jigging of 8-3mm class on a modernized jigging machine, the lead, zinc and gold contents are low, and reach Pb = 0.24%, Zn = 0.32% and Au = 0.4 g/t, respectively. Thus, based on pre-enrichment studies, it was found that: 1. Pre-enrichment of the +8 mm class is not recommended due to the high content of gold in the tails; 2. By enrichment of the 8-3 mm class on a modernized jigging machine, 22.3% of the cleaner tailings with a low grade can be separated.

Key words: Analysis; Bektakari deposit; enrichability; gold-containing; jigging process; optimal parameters; ore; tails.

UDC 622.765(075), 625.75.4

SCOPUS CODE 2201

Исследование технологии предварительного обогащения золотосодержащих полиметаллических руд

Демур Талахадзе	Департамент горных технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: d.talaxadze@gtu.ge
Михаил Гамтсемлидзе	Горный институт им. Г. Цулукидзе, Грузия, 0186, Тбилиси, ул. Миндели, 7 E-mail: omar_gamtsemlidze@yahoo.com
Роин Энагели	Департамент горных технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0160, Тбилиси, ул. М. Костава, 75 E-mail: enageli@mail.ru

Рецензенты:

А. Абшилава, профессор горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: a.abshilava@gtu.ge

З. Арабидзе, профессор эмеритус горно-геологического факультета ГТУ

E-mail: z.arabidze@gtu.ge

Аннотация. В статье приведены результаты исследований технологии предварительного обогащения золотосодержащих полиметаллических руд. Для исследований взяты пробы из золотосодержащих полиметаллических руд Бектакарского месторождения. В пробе содержание золота было 5,61 гр/т, свинца 1,65%, цинка 2,43%. Для предварительного обогащения в крупнокусковом виде (целью которого являлось предварительное выделение окончательных хвостов) проба руды измельчена и разделена на классы +8мм, 8-3мм и 3-0мм. Класс крупностью +8мм обогащен в тяжелой среде (фракционный анализ) с плотностью разделения 2870 кг/м³, а класс крупностью 8-3мм обогащен на модернизированной отсадочной машине. На основе данных опытов установлено, что при обогащении в тяжелой среде класса крупности +8 мм, в полученных хвостах содержание цинка и свинца минимальны, а содержание золота высокое и достигает 1,5-1,7 гр/т. Поэтому предварительное обогащение класса крупностью +8 мм не рекомендуется. В результате обогащения класса 8-3 мм на модернизированной отсадочной машине содержание свинца, цинка и золота низкое и соответственно составляет Pb=0,24%, Zn=0,32% и Au=0,4 гр/т. Таким образом, на основе проведенных исследований установлено: 1. Из-за высокого содержания золота в хвостах предварительное обогащение класса крупности +8 мм не рекомендуется. 2. При обогащении класса крупностью 8-3 мм на модернизированной отсадочной машине возможно выделение 22,3% окончательных хвостов с минимальным содержанием ценных компонентов.

Ключевые слова: анализ; бектакарское месторождение; руда; золотосодержащий; обогатимость; процесс отсадки; оптимальные параметры; хвосты.

განხილვის თარიღი 24.10.2019

შემოსვლის თარიღი 28.10.2019

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.03.2020