



POTENTIAL OF GEOBIOTECHNOLOGY FOR PROCESSING WASTE GENERATED BY THE MINING INDUSTRY OF GEORGIA TO OBTAIN ADDITIONAL MINERAL RESOURCES

Copyright © 2026 the Author/s

Peer review method: Double-Blind

Accepted: August 21, 2026

Published: September 17, 2026

Original scientific article

DOI suffix: 10.36962/NEC21032026-111

Shalva Malashkhia

Academic Doctor of Engineering, TSU,
Head of the Biotechnology Scientific Research
Department, Chief Research Scientist, Alexander
Tvalchrelidze Caucasian Institute of Mineral
Resources.

ORSID-ID-0009-0008-5493-5422

E-mail: shalvamalashkhia@gmail.com

Mob.(+995) 599 267 705



ABSTRACT

Using examples of major mining and industrial facilities in Georgia, including coal, manganese, copper-polymetallic, gold, barite and other deposits, the paper discusses waste generation during ore extraction and processing and the associated problems. The conditions determining the volumes of waste generated are assessed; among the principal factors are the technologies used, whose shortcomings lead to the rapid depletion of deposit resources, particularly their high-grade portions. It is noted that, in terms of adverse environmental impact, the use of technologies involving carcinogenic substances is particularly undesirable. Possible positive aspects are also identified, namely that opportunities have been established for the secondary processing of these wastes through the development and practical application of modern, innovative and environmentally safe technologies. The biotechnological method is considered one such approach. The results of studies conducted and continuing at the Biotechnology Research Department of the TSU Alexander Tvalchrelidze Caucasian Institute of Mineral Resources are analyzed. Parameters established through laboratory testing of technological schemes developed on the basis of these studies are presented. The quantitative parameters of mineral resources that may be obtained through their practical implementation are assessed, and the possibilities for generalizing the developed technological schemes are noted.

Keywords: mineral resource, waste, mining, biotechnology, industry, coal, barite, manganese, gold, copper, silver.

REFERENCES

1. Lomidze N., Totibadze V., Kakulia J., Malashkhia Sh., Kandelaki M., Kartvelishvili L., Chubinidze N., Guruli T. Study of the Possibilities for Obtaining Humate Preparations from Coal-Industry Waste. "Science and Technologies" No. 1-3, 2011:
2. Kvatashidze R., Totibadze V., Kartvelishvili L., Lomidze N., Kakulia J., Malashkhia Sh. Preliminary Biotreatment of Barite-Bearing Slurries for the Intensification of Flotation. "Mining Journal" 1(23), 2009, pp. 41-44;

3. Malashkhia Sh., Kandelaki M., Lomidze N., Kartvelishvili L. Biotransformation of Manganese-Industry Waste for Its Incorporation into Fertilizers as Microelements. "Mining Journal" No. 1(43), 2020, pp. 18-21:
4. Lomidze N., Kandelaki M., Malashkhia Sh., Chubinidze N., Guruli T., Chkhobadze N. Treatment of Sulfide Technogenic Waste Using the Biohydrometallurgical Method. "Annals of Agrarian Science" Vol. 18, No. 3, 2020.



გეობიოტექნოლოგიის შესაძლებლობები საქართველოს სამთო მრეწველობაში წარმოქმნილი ნარჩენების გადამუშავებისათვის დამატებითი მინერალური რესურსების მისაღებად

შალვა მალაშხია

ტექნიკის აკადემიური დოქტორი,
თსუ, ალექსანდრე თვალრელიძის სახელობის
კავკასიის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტის
ბიოტექნოლოგიური სამეცნიერო-კვლევითი განყოფილების ხელმძღვანელი,
მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი.
ORSID-ID-0009-0008-5493-5422
ელ.ფოსტა : shalvamalashkhia@gmail.com
Mob.(+995) 599 267 705

აბსტრაქტი

განხილულია საქართველოში არსებული ისეთი ძირითადი მსხვილი სამთო სამრეწველო ობიექტების მაგალითებზე, როგორიცაა ქვანახშირის, მანგანუმის, სპილენძ-პოლიმეტალების, ოქროს, ბარიტისა და სხვა საბადოებზე მადნის მოპოვებისა და გადამუშავების პროცესში ნარჩენების წარმოქმნის და ამასთან დაკავშირებული პრობლემები. შეფასებულია ამ ნარჩენების წარმოქმნის მოცულობების განმაპირობებელი პირობები, რომელთა შორის ძირითადია გამოყენებული ტექნოლოგიები, რომელთა არასრულყოფილება იწვევს საბადოთა რესურსების სწრაფ მიღწევადობას, განსაკუთრებით მათ მალახხარისხოვან ნაწილებში. აღნიშნულია, რომ გარემოზე უარყოფითი გავლენების მხრივ განსაკუთრებით არასასურველია ისეთი ტექნოლოგიების გამოყენება, რომლებიც დაკავშირებულია კარცორეგენული ნივთიერებების გამოყენებასთან. აღნიშნულია შესაძლო დადებითი მხარეები, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ დადგენილია მათი მეორადი გადამუშავების შესაძლებლობები თანამედროვე ინოვაციური და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ტექნოლოგიების შემუშავებით და გამოყენებით პრაქტიკაში. ასეთად მიჩნეულია ბიოტექნოლოგიური მეთოდი. გაანალიზებულია კვლევების ის შედეგები, რაც ჩატარებულ იქნა და გრძელდება თსუ-ს კავკასიის თვალრელიძის სახ. მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტის ბიოტექნოლოგიური კვლევითი განყოფილებაში. აღნიშნულია კვლევების საფუძველზე შემუშავებული ტექნოლოგიური სქემების ლაბორატორიული გამოცდების საფუძველზე დადგენილი პარამეტრები. შეფასებულია მათი პრაქტიკაში დანერგვით შესაძლო მიღებული მინერალური რესურსების რაოდენობრივი პარამეტრები, აღნიშნულია შემუშავებული ტექნოლოგიური სქემების განზოგადების შესაძლებლობები.

საკვანძო სიტყვები: მინერალური რესურსი, ნარჩენები, სამთო, ბიოტექნოლოგია, მრეწველობა, ქვანახშირი, ბარიტი, მანგანუმი, ოქრო, სპილენძი, ვერცხლი.

შესავალი

ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების სააქმეში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მისი მინერალური რესურსების ეფექტური ათვისება და ჩართვა ეკონომიკაში. სამთო მრეწველობაში ნედლეულის მოპოვების და გადამუშავების პროცესის თანმდევი მოვლენაა ნარჩენების წარმონაქმნები, რომლებიც გარემოზე ზემოქმედების კუთხით წარმოადგენენ ეკოლოგიური პირობების დამამძიმებელ ფაქტორს, ვინაიდან იკავებენ გარკვეული ზომის გარემოს

სასარგებლო ფართობებს, ატმოსფერული მოვლენების ზემოქმედებით განიცდიან დესტრუქციას და ქიმიურ გარდაქმნებს, რომლის დროსაც შეიძლება წარმოიქმნან არასასურველი ნაერთები და ისინი გაიფანტონ გარემოში. მოძველებული და არასრულყოფილი ტექნოლოგიები, მდიდარი საბადოების მარაგების მოპოვების ინტენსიფიკაცია ზრდის სამთო-მომოვებელი და გადამამუშავებელი მრეწველობის ნარჩენების მოცულობებს, რაც თავის მხრივ ზრდის გარემოზე უარყოფით დატვირთვებს

და შესაბამისად ეკოლოგიური წონასწორობისათვის პრობლემების შექმნის შესაძლებლობებს. აღნიშნული ფაქტორები დღის წესრიგში აყენებს არსებული და მოსალოდნელი პრობლემების გადაწყვეტას ახალი, ინოვაციური ტექნოლოგიების შექმნის და პრაქტიკაში დანერგვით, რომელთა პრეცედიულობა განაპირობებენ იმას, რომ უზრუნველყოფენ არა მარტო ნარჩენების მოცულობის შემცირებას, არამედ ქმნიან პირობებს არსებული დანაგროვებების ხელმეორედ გადამუშავებისათვის, მათგან სასარგებლო კომპონენტების დამატებითი მოპოვებისათვის, რაც გაზრდის საბადოების რესურსებს და ეკონომიკურ პარამეტრებს.

ძირითადი ტიპსტი

საქართველოში სამთო-მომპოვებელ და გადამამუშავებელი მრეწველობის ძირითადი დარგებია: ქვანახშირის, ბარიტის, მანგანუმის, სპილენძ-პოლიმეტალების საწარმოები.

ქვანახშირის მრეწველობის რესურსები ამჟამად წარმოდგენილია ტყიბულ-შაორის საბადოთი. მისი ექსპლუატაციის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში მოპოვებული და გამდიდრებული იქნა ათეულობით მილიონი ტონა ქვანახშირი. გადამამუშავების პროცესში მოპოვებული მასის თითქმის მეოთხედი მიდის კუდებში და შლამებში, რომელთა ნაცრიანობა აღწევს 55-60 %-ს. მათი დასაწყობება ხდება კუდსაცავებში, ნაწილი გაედინება მდინარეში და ილექება ტყიბულის წყალსაცავში შლამის სახით. აღნიშნული ნარჩენები საწვავი ნაწილის გარდა შეიცავენ თიხამინებს-არგელიტებს, რომლებიც თავის მხრივ 30-32% ალუმინის ჟანგის შემცველია.

ერთ-ერთი უმსხვილესი და მნიშვნელოვანი მინერალური რესურსული წყაროა მანგანუმის საბადო, რომელიც განლაგებულია ჭიათურის რეგიონში. მისი ექსპლუატაცია საუკუნეზე მეტია რაც წარმოებს. ამ ხნის განმავლობაში მოპოვებული იქნა 250 მილიონ ტონაზე მეტი ნედლეული. ამასთან, ძირითადად ადგილი ჰქონდა მდიდარი ოქსიდური მადნების მოპოვებას. ჭიათურის საბადო წარმოდგენილია ოქსიდური (25%), დაჟანგული (15%), შერეული (13%), ლარიბი და კარბონატული (47%) მადნებით.

მანგანუმის მოპოვების და გადამამუშავების შედეგად ორი ტიპის ნარჩენი წარმოიქმნება; მყარი ქანები (წიდა და კუდები) და შლამები. მყარი ნარჩენების განთავსება ხდება მუნიციპალიტეტის სოფლების მიდამოებში არსებულ სანაყაროებზე, რაც ქმნის პრობლემებს გარემოს დაბინძურების

კუთხით. მოპოვებული მადნების გამდიდრების საწარმოების თანმდევი ნარჩენებია შლამები, რომელთა ნაწილი პულპის სახით ჩაედინება მდინარეში და ინვესტის მის დაბინძურებას.

სამთო მრეწველობის აღსანიშნავი მიმართულებაა ბარიტის მოპოვება. რომლის ძირითადი წყარო საქართველოში არის ჩორდი საბადო რაჭაში. აღნიშნული ობიექტი თავისი პარამეტრებით ითვლება მაღალხარისხიან საბადოდ. ბარიტის საბადოზე მოპოვებული მადნის გადამამუშავება-გამდიდრება ხდებოდა ირის სამთო-მამდიდრებელ ფაბრიკაში გრავიტაციული და ფლოტაციური მეთოდებით. გამდიდრების პროცესში ნარჩენებს წარმოადგენს გამდიდრების კუდები, რომელიც გროვდებოდა სპეციალურ ტერიტორიაზე. მიღებული დანაგროვების მოცულობამ შეადგინა თითქმის 350 ათასი ტონა. აღნიშნულ დანაგროვებში ბარიტის შემცველობა 35-42%-ია, კალციტის-40-42%, პირიტის-1,2%, წყალში ხსნადი მარილები-0,2%, მძიმე ლითონები-0,3%, რკინა-0,9%.

სამთო მოპოვებელი და გადამამუშავებელი მრეწველობის ერთ-ერთი უმსხვილესი და მნიშვნელოვანი მიმართულებაა სილენძ-პოლიმეტალური საბადოები, რომლის ფლაგმანია საქართველოში ბოლნისის საბადო, რომელიც წარმოდგენილია ხუთი ძირითადი სამრეწველო სახეობით: სილენძის, სპილენძ-თუთიის, ბარიტ-პოლიმეტალური მადნები, ბარიტ-ოქროსშემცველი კვარციტებით და ოქროსშემცველი მეორადი კვარციტებით.

თავისი არსებობის ნახევარსაუკუნოვანი პერიოდის განმავლობაში წარმოებს სპილენძის მადნებიდან ფლოტაციის მეთოდით სპილენძის კონცენტრატის მიღება, რომლის დროსაც ადგილი აქვს მადნის შემადგენლობაში არსებული ოქროს ნაწილობრივი ამოკრეფას, ნაწილი კი რჩება პირიტულ კუდებში, რომელთა დასაწყობება ხდება კუდსაცავებში.

ეკოლოგიური თვალსაზრისით სულფიდების შემცველი ნარჩენები საფრთხის შემცველი სახეობაა, ისინი დროთა განმავლობაში ატმოსფერული ნალექების ზეგავლენით იჟანგებიან, მძიმე ლითონები გარდაიქნებიან წყალში ხსნად მარილებად და ჟონავენ გარემოში.

აღნიშნული სამრეწველო ნარჩენები, მიუხედავად იმისა, რომ წარმოადგენენ გარემოზე უარყოფითად მომქმედ ფაქტორს, სათანადო ეფექტური, ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენების პირობებში შეიძლება იქცნენ სასარგებლო ელემენტების მოპოვების დამატებით ტექნოგენურ წყაროებად. ასე მაგალითად, ქვანახშირის ნარჩენებიდან შეი-

ძლება დარჩენილი სანვავი ორგანიკის, ალუმინის შემცველი თიხამინის და სხვა ელემენტების ამოღება, მანგანუმის მრეწველობის ნარჩენებიდან დამატებით სხვადასხვა ხარისხის მანგანუმის ფორმაციების მიღებაა შესაძლებელი. ბარიტის ნარმოების ნარჩენებიდან კი როგორც ბარიტისა და კალციტის მონო ასევე კოლექტიური კონცენტრატების, ხოლო სპილენძ-პოლიმეტალური ნარჩენებიდან სპილენძის, თუთიის, ოქროს და ვერცხლის დამატებითი რადენობების მიღება. აღნიშნული ნარჩენების ხელმეორე გადამუშავება მოითხოვს ახალი, ინოვაციური, ეკოლოგიურად უსაფრთხო ტექნოლოგიების შემუშავებას და პრაქტიკაში გამოყენებას. ამ მხრივ ეფექტურ მიმართულებად ითვლება გეობიოტექნოლოგია, რაც გულისხმობს ბიოტექნოლოგიის მეთოდის გამოყენებას მინერალი რესურსების გადამუშავებაში მათგან სასარგებლო ელემენტების ამოღების მიზნით.

ტექნოგენური ნარჩენების და მასთან ერთად ღარიბი მადნების ათვისება განიხილება როგორც დამატებითი წყარო მინერალური ნედლეულისა. ამასთან, ფაქტობრივად ადგილი აქვს მათ უტილიზაციას, სანაყაროების გამონათავისუფლებას და ქმნის მათი რეკულტივაციის შესაძლებლობას. იქმნება კომპლექსური ეკონომიკური ეფექტი.

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის, ალექსანდრე თვალჭრელიძის კავკასიის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტის ბიოტექნოლოგიური კვლევით განყოფილებაში წლების განმავლობაში წარმოებს სამეცნიერო-ტექნოლოგიური კვლევები ბიოლოგიური მეთოდის გამოყენების მიმართულებით მინერალური ნედლეულის გადამუშავებაში.

კვლევების საფუძველზე შემუშავებული იქნა ტექნოლოგიები ქვანახშირის ნარჩენების ბაზაზე სხვადასხვა სასარგებლო პროდუქციის მისაღებად. კერძოდ სოფლის მეურნეობისათვის საჭირო ჰუმუსური პრეპარატების მიღების ტექნოლოგია, რაც ითვალისწინებს ქვანახშირის შლამებიდან ჰუმუსის ექსტრაქციას ნატრიუმის ტუტის ხსნარების მეშვეობით [1].

ალუმინის ჟანგის შემცველი ქვანახშირის გაერთიანებული კუდების სილიკატური მიკროორგანიზმებით დამუშავების შედეგად მიღებული იქნა თიხამინის კონცენტრატი რაც წარმოადგენს ალუმინის ნარმოების ნედლეულს.

ბარიტის ნარჩენების უტილიზაციის ტექნოლოგიური სქემის შესამუშავებლად გამოცდილი იქნა გრავიტაციული, დალექვის, მძიმე სუსპენ-

ზიებში გამდიდრების მაგნიტური სეპარაციის და ფლოტაციის მეთოდები, ასევე მათი სილიკატური მიკროორგანიზმებით გადამუშავების სქემა [2]. კვლევების საფუძველზე დადგენილ იქნა, რომ ბარიტის არსებული ნარჩენების შემუშავებული სქემების კომპლექსური გამოყენებით მათი მეორადი გადამუშავებით შესაძლებელია 100 ათასი ტონა მაღალხარისხოვანი ბარიტის და ამდენივე კალციტის კონცენტრატის მიღება.

ჭიათურაში გამამდიდრებელი ფაბრიკები მოპოვებული მადნების გადამუშავებით 250 ათას ტონამდე კონცენტრატს აწარმოებს. როგორც აღინიშნა, გამდიდრების პროცესში წარმოიქმნება ორი სახის ნარჩენი, მყარი სახით წიდა და კუდები, თხევადი სახით შლამური პულპა, რომლის დიდი ნაწილი მდინარის კალაპოტში იღექება. როგორც ყველა ნარჩენი, აღნიშნული სახეობებიც წარმოადგენენ გარკვეულ პრობლემას ეკოლოგიური კუთხით, მაგრამ მათი მეორადი გადამუშავებისათვის სათანადო ტექნოლოგიების შემუშავების პირობებში წარმოადგენენ ნედლეულის დამატებით წყაროს. ამ მიზნით ჩატარებულ იქნა გარკვეული ტექნოლოგიური კვლევები, ამასთან აქცენტი გაკეთდა ბიოტექნოლოგიის მეთოდზე [3].

ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებული კომპლექსური კვლევებით დადგენილ იქნა, რომ გარკვეული სახის მიკროორგანიზმებს გააჩნიათ უნარი რომ მანგანუმის ჟანგეულის იონები გადაიყვანოს ხსნარში, რაც საფუძვლად დაედო ტექნოლოგიური სქემის შემუშავებას, რომლის პრაქტიკაში დანერგვა შესაძლებელს გახდის ნარჩენების შემცირებისათვის და შესაბამისად დამატებითი ნედლეულის მიღებას.

თავისი არსებობის პერიოდში მადნეულის საბადოდან ამოღებული იქნა დაახლოებით 60 ათას ტონა სპილენძ-კოლჩედანური მადანი და 100 ათას ტონა მეორადი კვარციტი. არსებული ტექნოლოგიებით მადნების გადამუშავებისას მადნიდან ხდება ოქროს ნაწილის ამოღება, დანარჩენი კი რჩება კუდებში, რომელიც სანყობდება კუდსაცავში.

სამთო მრეწველობის ინტენსიფიკაციის პირობებში სულ უფრო მცირდება მაღალხარისხიანი სპილენძის და ძვირფასი ლითონების შემცველი მადნების მარაგები და ადგილი აქვს საბადოების გაღარიბებას, რაც დღის წესრიგში აქვს იურებს საკითხს ღარიბი მადნების და ნარჩენების კომპლექსური გადამუშავების მიმართულებით. ამ მიმართულებით ჩატარებულმა კვლევებმა უჩვენეს,



რომ დასაწყობებულ ფლოტაციის კუდებში ოქროს შემცველობა 0,6 გ/ტ-ს აღწევს, ხოლო ვერცხლი - 3,2 გ/ტ, სპილენძი - 0,22 %-ს. კვლევებმა უჩვენეს, რომ ბაქტერიულ დაჟანგვა-გამოტუტვის გროვითი მეთოდით შესაძლებელი აღნიშნული ნარჩენებიდან კომპონენტების 80-90%-ის ამოღება. ასევე, მნიშვნელოვანია ის, რომ ნარჩენების მეორადი გადამუშავების შედეგად სასარგებლო კომპონენტების ამოღების შემდეგ დარჩენილი ბალასტური ქანები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას, როგორც სამშენებლო მასალა - ინერტული შემავსებელი ბეტონის წარმოებისათვის [4].

დასკვნები

1. ქვანახშირის მრეწველობის ნარჩენები შეიძლება განხილულ იქნეს, როგორც ტექნოგენური საბადო საწვავი მასალის დამატებით მიღებისათვის. ასევე სოფლის მეურნეობისათვის აუცილებელი ჰუმუსური ნაერთების წარმოების და სტრატეგიული პროდუქტის, ალუმინის წარმოებისათვის ნედლეულის, თიხამინის მისაღებად;

2. ბარიტის წარმოების ნარჩენების გადამუშავებით შესაძლებელია 100 ათას ტონამდე ბარიტის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მიღება რაც

ღირებული პროდუქტია ნავთობმომპოვებელი მრეწველობისათვის ბურღვითი სამუშაოსათვის როგორც დამამძიმებელი სუსპენზიის ძირითადი კომპონენტი, ასევე იგივე რაოდენობის კალციტის წარმოება, რომელიც ასევე მნიშვნელოვანი კომპონენტია საღებავების წარმოებაში;

3. ბიოტექნოლოგიის მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელია მანგანუმის ძნელადგამდიდრებადი კარბონატული მადნების და მრეწველობის ნარჩენების და შლამების გადამუშავებით კონდიციური კონცენტრატების მიღება;

4. ბოლნისის სპილენძ-პოლიმეტალური საბადოზე ბიოტექნოლოგიური მეთოდის გამოყენებით შემუშავებული ინოვაციური ტექნოლოგიების გამოყენებით შესაძლებელია წარმოქმნილი ნიარჩენები განხილულ იქნას როგორც ტექნოგენური საბადო მეორადი გადამუშავებისათვის და მათგან სპილენძის, ოქროს და ვერცხლის დამატებით ამოღებისათვის;

5. სპილენძ-პოლიმეტალური საბადოს სამთო-მომპოვებითი და გადამუშავების ნარჩენების მეორადი გადამუშავების კუდები, შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც სამშენებლო ინერტული მასალა.