

Klaudia WESOŁOWSKA
Instytut Metali Nieżelaznych w Gliwicach

BIOODZYSK METALI UŻYTECZNYCH Z NISKOJAKOŚCIOWYCH ODPADÓW PRZEMYSŁU METALI NIEŻELAZNYCH

Praca dotyczy bioługowania miedzi oraz innych metali użytecznych z rud i odpadów poflotacyjnych. W artykule dokonano przeglądu dostępnych metod odzysku metali przy wykorzystaniu odpowiednich szczepów mikroorganizmów. Dodatkowo wskazano zalety i wady tych procesów. Uwzględniono charakter odpadów poflotacyjnych, jak również koncepcję ich wykorzystania na drodze biologicznej (z zastosowaniem mikroflory grzybowej).

1. Wprowadzenie

W obecnych czasach, w dobie dynamicznego rozwoju gospodarczego istotnego znaczenia nabiera biohydrometalurgia. Umożliwia ona praktyczne wykorzystanie różnych szczepów mikroorganizmów do odzysku metali użytecznych z niskoprocentowych rud i odpadów metalonośnych.

Uwzględniając dobre perspektywy w krajowym przetwórstwie miedzi, a także wzrastające ilości odpadów poflotacyjnych, należy stosować skuteczne i ekonomiczne metody (bio)odzysku metali nieżelaznych.

Dotychczas w światowej skali przemysłowej powszechnie realizowane są procesy biometalurgiczne z wykorzystaniem acidofilnej mikroflory bakteryjnej. Możliwe jest również zastosowanie mikroflory grzybowej, zdolnej do bioługowania metali użytecznych, w szerokim zakresie pH. Ługowanie metali z udziałem grzybów mikroskopowych może stanowić korzystną alternatywę dla bioługowania acidofilnego, szczególnie w przypadku odpadów charakteryzujących się lekko kwaśnym i alkalicznym odczynem pH.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie, na podstawie aktualnej literatury, możliwości różnych szczepów mikroorganizmów w odzysku metali użytecznych z niskoprocentowych rud i odpadów metalonośnych.

2. Mikroorganizmy w procesach ługowania metali

2.1. Wiadomości wstępne

Doniesienia literaturowe [1, 3, 4, 22, 23, 30, 31, 34] wskazują na możliwość biologicznego ługowania metali z wykorzystaniem mikroorganizmów acidofilnych, jak również heterotroficznych, wytwarzających znaczne ilości kwasów organicznych. Mikroorganizmami zdolnymi do wytwarzania głównie kwasu cytrynowego, ale też glukonowego i szczawiowego są bakterie z rodzajów: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Acetobacter* oraz grzyby, np. *Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces*.

Niezależnie od formy prowadzonych procesów biologicznego ługowania metali oraz rodzaju zastosowanej mikroflory niezwykle ważne jest zapewnienie mikroorganizmom właściwych warunków rozwoju. Zastosowanie odpowiednich parametrów procesowych (temperatura, pH, skład mineralny płynów ługujących) zapewnia im optymalny wzrost i przyczynia się do zwiększenia dynamiki ługowania metali na drodze biologicznej. Odczyn środowiska determinuje charakter bioługowania (kwaśne czy alkaliczne), a zarazem wytycza rodzaj aplikowanej i adaptowanej mikroflory. Istotne jest także drobne uziarnienie materiałów poddawanych procesom bioługowania, zwiększające biodostępność do ługowanych metali [1, 3, 10, 16, 19, 27].

Prace poznawcze na temat bioodzysku metali użytecznych, prowadzone w licznych jednostkach naukowych na całym świecie, umożliwiają sprawdzenie badanych zjawisk w laboratoriach. Jednocześnie stają się podstawą oszacowania możliwości aplikacyjnych prowadzonych procesów w przemyśle.

W zależności od zawartości metalu i rodzaju surowca można stosować następujące technologie: bioługowanie na hałdzie (w zwałach, hałdach, kopcach-pryzmach, złożu) i bioługowanie w reaktorach (kolumnowych lub mieszalnikowych). Jak dotąd są to jednak głównie procesy z wykorzystaniem bakterii acidofilnych [1, 3, 12, 15, 19, 21]. Pomimo że zostały one sprawdzone w skali przemysłowej, niestety liczba ich zastosowań komercyjnych jest ciągle ograniczona, szczególnie w Europie.

2.2. Bakterie

Od wielu lat najbardziej rozpowszechniony jest proces bakteryjnego ługowania metali przy użyciu szczepów kwasolubnych rodzaju *Acidithiobacillus thiooxidans* i *ferrooxidans*. Procesy bioługowania z użyciem bakterii acidofilnych wiążą się jednak z koniecznością wstępnego zakwaszenia środowiska, niezbędnego do wzrostu szczepów kwasolubnych [1, 3, 4, 8, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 27]. Bakteryjne ługowanie acydofilne, znane w światowych praktykach hydrometalurgicznych, opisano w wielu publikacjach naukowych.

W przypadku ługowania metali z materiałów o charakterze alkalicznym zdecydowanie korzystniejszą (pod względem aplikacyjno-ekonomicznym) byłaby technologia bioługowania w warunkach podwyższonego pH.

Bioługowanie z zastosowaniem bakterii rodzaju *Acidithiobacillus* polega na ekstrakcji metali z nierozpuszczalnych związków, np. siarczków lub tlenków. Utlenianie biologiczne prowadzi do przekształcenia minerałów w formy rozpuszczalne, np. w siarczany. Energię niezbędną w procesach wzrostu i rozmnażania bakterie te czerpią z procesów utleniania jonu żelazawego i/lub nieorganicznych związków siarki, w tym z minerałów siarczkowych [2, 4, 7, 10].

2.3. Mikroflora grzybowa

Do ługowania metali, szczególnie w miejscach, gdzie klasyczna metoda bakteryjnego bioługowania acidofilnego nie znajduje uzasadnienia, można wykorzystać grzyby strzępkowe [1, 2, 4, 5, 10, 11, 20].

Mechanizm grzybowego ługowania metali jest inny od bakteryjnego. Polega on na wydzieleniu przez grzyby mikroskopowe metabolitów zdolnych do wiązania metali. W procesach przemysłowych wykorzystuje się aktywność grzybów we wszystkich dziedzinach ich przemiany materii (reakcje rozkładu, uczestniczące w nich enzymy, metabolity pierwotne i wtórne) [1, 3, 16].

W procesach odzysku cynku z powodzeniem stosowano szczepy grzybów strzępkowych *Verticillium marquandii*, izolowane z odpadów poflotacyjnych ze Śląska. Najlepsze wyniki uzyskano po dobowej, w warunkach głodowych, inkubacji młodej, aktywnej metabolicznie grzybni z cynkiem i ołowiem. Stwierdzono, że ołów jest metalem najlepiej wiązany przez grzybnię żywą, a w proces wiązania cynku zaangażowany jest metabolizm komórkowy grzyba [29].

Przeprowadzone badania z udziałem *Paecilomyces variotii* wskazują na 80% usunięcie cynku oraz 0,5% ołowiu z odpadów hutniczych. Cynk jest najlepiej wiązany w grzybni różnych grzybów strzępkowych (*Rhizopus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus*) przy pH zbliżonym do neutralnego, a ołów przy pH 5. Optymalna wartość pH dla biosorpcji cynku i ołowiu przez szczep *Streptoverticillium cinnamomeum* wynosi odpowiednio: 5-6 i 3,4-4,5 [28]. A zatem, w przypadku jednoczesnego bioługowania różnych metali zastosowanie określonych parametrów procesowych wpływa w różnorodnym stopniu na efektywność tych procesów. Podczas gdy w wiązaniu metalu dominuje reakcja wymiany jonowej, to obecność innego metalu zwiększa wiązanie pierwszego. Przykładowo dodatek magnezu efektywnie zwiększa biosorpcję cynku przez grzyby strzępkowe: *Rhizopus arrhizus*, *Mucor miehei*, *Penicillium chrysogenum* oraz sinice *Oscillatoria angustissima* [28].

O możliwościach i efektywności procesów bioługowania w znacznym stopniu decyduje odporność mikroorganizmów na wysokie stężenia metali ciężkich, wchodzących w skład materiałów poddawanych tym procesom. Dlatego często prowadzone są, równolegle z badaniami kinetyki grzybowego ługowania metali

użytecznych, eksperymenty potwierdzające tolerancję mikroflory na te metale. Tolerancję grzybów na miedź określano na podstawie kontroli wzrostu wyizolowanej mikroflory, poddając ją działaniu roztworów miedzi (w postaci CuSO_4) o różnych stężeniach [26]. Stężenie progowe określano jako maksymalne stężenie miedzi, przy którym następował jeszcze wzrost grzybów. Przeprowadzono również badania, w których wykazano bardzo dobrą tolerancję grzybów strzępkowych (*Penicillium* i *Aspergillus*) na wysokie stężenia metali ciężkich (2000 ppm), np. Ni, Co [32].

W przeprowadzanych badaniach ważna jest także kwestia wpływu parametrów procesowych na efektywność bioługowania. W ługowaniu miedzi z koncentratów poflotacyjnych, prowadzonym w reaktorze mieszalnikowym, zanotowano lepszą kinetykę przebiegu procesu w wyższej temperaturze. Badacze uzyskali 89 i 84% stopień wyługowania miedzi w temperaturze 35 i 30°C [8].

Próby grzybowego bioługowania miedzi z odpadów poflotacyjnych prowadzono również z wykorzystaniem biomasy *Aspergillus niger* spp., ze względu na zdolność tych grzybów do produkcji kwasów organicznych [9]. Trzydziestodniowy eksperyment rozpoczęto po wcześniejszym wyizolowaniu mikroorganizmów ze środowiska i namnożeniu czystych kultur *Aspergillus niger*. Badania prowadzono na podłożu Czapek–Doxa, w próbach 100 ml z 10% udziałem materiału poflotacyjnego. Efektywność bioługowania miedzi uzyskano na poziomie 81-88%. Analizy zawartości miedzi wykonano zarówno w płynie ługującym, jak i w micellach, co pozwoliło stwierdzić, że grzyby zakumulowały ok. 10% Cu. Przedstawione wyniki potwierdzają zatem możliwości aplikacyjne mikroflory grzybowej do bioługowania metali użytecznych z materiałów metalonośnych.

Przeprowadzono także badania sprawdzające skuteczność bioługowania, które wskazały wykorzystanie metabolitów produkowanych przez grzyby acidofilne (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*) do odzysku miedzi z niskojakościowych rud chalkopiryty. Autorzy prowadzili eksperymenty ługowalności miedzi dla 1% roztworów rud chalkopiryty w pożywce Czapek–Doxa w czasie 20 dni, w temperaturze pokojowej, w warunkach dynamicznych. Najlepszą efektywność ługowania (78 mg/l) uzyskano po zastosowaniu szczepów *A. flavus* (DSF-8) i *Aspergillus niger* (DOF-1) [18].

Wyniki badań porównawczych ługowania chemicznego z użyciem kwasów organicznych i nieorganicznych oraz bioługowania z udziałem mikroflory *Aspergillus niger* przedstawili autorzy w pracy [30] dotyczącej ekstrakcji metali, takich jak: Cu, Pb, Al, Zn, Mn. Przyjęto różne stężenia materiałów poddanych ługowaniu (1-8% wag./obj.). Na podstawie otrzymanych wyników za najkorzystniejsze uznano 1% wag./obj. stężenie materiału poddanego ługowaniu. Ekstrakcja metali kształtowała się na poziomie 60-70% dla Cu i Pb, 80-100% dla Al, Zn, Mn oraz 30% dla Fe. Porównanie efektywności procesów ługowania i bioługowania wskazuje na lepsze wyniki ekstrakcji grzybowej dla Mn i Zn, jednak ługowanie miedzi w procesie biologicznym okazało się mniej efektywne niż w chemicznym. W wyniku przeprowadzonych badań autorzy sugerują jed-

nak bioługowanie metali z udziałem szczepu *Aspergillus niger* jako alternatywę konwencjonalnego ługowania chemicznego [33].

Mulligan, Kamali i Gibb w pracy [13] przedstawili wyniki badań nad możliwością odzysku miedzi z niskojakościowych rud. Przeprowadzono bioługowanie metali ciężkich z użyciem mikroflory *Aspergillus niger* ATCC 6275 (*American Type Culture Collection*). Stężenie metali w rudzie poddanej badaniom kształtowało się na następujących poziomach: miedź – 7,2 mg/kg, żelazo – 26,5 mg/kg, cynk – 201 mg/kg, nikiel – 27 mg/kg. Eksperyment prowadzono w kolbach 500 ml, zawierających 150 ml przygotowanego medium. Materiał poddany ługowaniu stanowił 10% płynu ługującego. Innokulum grzybowe stanowił *Aspergillus niger* (10^7 sporów/1 ml). Testy wstępne obejmowały ługowanie chemiczne przy użyciu kwasów szczawowego i cytrynowego (o stężeniach 0,01-10%). Po zakończeniu prac przygotowawczych w celu podniesienia efektywności ługowania zaaplikowano mikroflorę. Ostatecznie otrzymano następujące maksymalne wyniki odzysku: 68% miedzi, 46% cynku, 34% niklu i jedynie 7% żelaza [13].

Schinner i Burgstaller przeprowadzili badania odpłukiwania cynku z odpadów przemysłowych z użyciem grzybów *Penicillium spp.* Jako czynnik ługujący zidentyfikowali kwas cytrynowy (wytworzany przez te grzyby) w obecności cynku. Badacze zaobserwowali zahamowanie biosyntezy tego metalu po odpłukaniu 80-90% cynku, pomimo obecności w podłożu cukrów pozwalających na wytworzenie cytrynianu. Po trzynastu dniach procesu uzyskano 93% odzysk cynku [10, 25].

Inni naukowcy wykazali możliwość zastosowania mikroflory grzybowej w procesie ługowania aluminium [6], wykonując testy efektywności produkcji kwasów organicznych przez grzyby z rodzaju *Aspergillus niger* i *Penicillium notatum*. Zaobserwowali oni także wyższe stężenie kwasu cytrynowego (14g/l) produkowanego przez *Aspergillus*, w porównaniu z *Penicillium* (10g/l), oraz niższe stężenie kwasu szczawowego (0,2g/l) produkowanego przez *Aspergillus*, w porównaniu z *Penicillium* (7g/l). Jednocześnie potwierdzili możliwość ługowania aluminium na drodze biologicznej, uzyskując 7080 mg Al_2O_3 /l w 15% zawiesinie ługowanego materiału (niskojakościowego boksytu). W badaniach bioługowania metali ze zużytych katalizatorów odzyskano 58% Al, 63% Ni, 79% Mo. Wyniki te dotyczą procesu 60-dniowego ługowania metali z udziałem *Aspergillus niger* o 1% stężeniu zawiesiny ługowanego materiału [24].

Reasumując, należy zauważyć, że przedstawione przykłady bioługowania z aplikacją mikroflory grzybowej świadczą o możliwości wykorzystania tych mikroorganizmów w procesach odzysku metali.

3. Charakterystyka odpadów poflotacyjnych

Odpady powstające w wyniku chemiczno-flotacyjnej technologii wzbogacania węglanowych rud miedzi charakteryzują się odczynem pH zbliżonym do

neutralnego. Dlatego zastosowanie bioługowania acidofilnego wymaga wstępnego przygotowania materiału poprzez zakwaszenie próbki materiałów przeznaczonych do badań. Wymogi procesowe uzyskuje się zazwyczaj na drodze chemicznej, poprzez aplikację kwasu lub w procesach biologicznych, przez zastosowanie odpowiedniej mikroflory zdolnej do zakwaszenia środowiska [1, 16].

Na podstawie wyników prac wykonanych w Instytucie Metali Nieżelaznych w Gliwicach stwierdzono, że autochtoniczna mikroflora grzybowa posiada zdolność do skutecznego bioługowania metali zawartych w odpadach poflotacyjnych.

4. Zalety i wady biometalurgii

Podstawowym argumentem przemawiającym za wykorzystaniem metod biologicznych do zwiększenia rezerw surowców metalonośnych są stosunkowo niskie nakłady inwestycyjne, ponieważ w metodzie tej nie ma konieczności stosowania skomplikowanej i drogiej aparatury technologicznej. Prowadzenie procesów biologicznych w skali przemysłowej może się odbywać bezpośrednio w środowisku, na hałdzie lub w złożu, bez negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne. Do wstępnych badań laboratoryjnych stosuje się zazwyczaj bioreaktory lub perkolatory. Dodatkowo w bioługowaniu notuje się niską energochłonność i pracochłonność oraz przydatność w przypadku płytkich czy niedostępnych złóż metalonośnych.

Procesy mikrobiologiczne wykazują niestety również wady. Należą do nich przede wszystkim uwarunkowania fizyczne i chemiczne materiałów poddawanych tym procesom, wpływające na ograniczenie stopnia odzysku bioługowanych metali.

5. Wnioski

1. Bioługowanie z wykorzystaniem bakterii acidofilnych jest procesem obecnie najlepiej poznanym i z powodzeniem stosowanym w światowej biohydrometalurgii.
2. Ługowanie metali z udziałem grzybów mikroskopowych może stanowić korzystną alternatywę dla bioługowania acidofilnego, szczególnie w przypadku odpadów charakteryzujących się lekko kwaśnym i alkalicznym odczynem pH.
3. Na obecnym etapie badań ważny jest jednak odpowiedni dobór warunków procesowych, dlatego wszelkie aplikacje przemysłowe wymagają jeszcze wielu testów optymalizacji procesów bioługowania.

Literatura

1. Antoniuk A. (red.): Perspektywy zastosowania technologii bioługowania do przerobu rud miedzi zawierających łupki. Mat. konf. BIOPROCOP'06. KGHM Cuprum sp. z o.o., Wrocław 2006.
2. Burgstaller W., Schinner F.: Leaching of metals with fungi. J. Biotech., 1993, 27, 91-116.
3. Charewicz W.: Biometalurgia metali nieżelaznych, podstawy i zastosowanie. CBPM „Cuprum”, Wrocław 2002.
4. Chmiel A.: Biotechnologia. Podstawy mikrobiologiczne i biotechnologiczne. PWN, Warszawa 1994.
5. Franz A., Burgstaller W., Franz S.: Leaching with *Penicillium simplicissimum*: Influence of metals and buffers on proton extrusion and citric acid production. Appl. Environ. Microbiology, 1991, 57(3), 769-774.
6. Ghorbani Y., Oliazadeh M., Shahvedi A., Roohi R., Pirayehgar A.: Use of some isolated fungi in biological leaching of aluminum from low grade bauxite. African Journal of Biotechnology, 2007, 6(11), 1284-1288.
7. Janda K., Ulf K.: Porównanie wzrostu szczepów *Aspergillus Niger* Var. wyodrębnionych z suszów roślin leczniczych na oleju biodiesel, oleju napędowym i oleju rzepakowym. Mat. konf. „Biotechnologia Środowiskowa”, Wisła Jarzębata 2005.
8. Jażdżyk E., Sadowski Z., Polowczyk I., Uryga A.: Wpływ temperatury na kinetykę procesu bioługowania odpadów flotacyjnych z Zakładu Wzbogacania Rud Lubin. Rudy Metale, 2005, 50(2), 77-81.
9. Kisielowska E., Kasińska-Pilut E.: Copper bioleaching from after-flotation waste using microfungi. Acta Montanistica Slovaca, 2005, 10(1), 156-160.
10. Klimiuk E., Łebkowska M.: Biotechnologia w ochronie środowiska. PWN, Warszawa 2005.
11. Le L., Tang J.: Bioleaching nickel laterite ores using multi-metal tolerant *Aspergillus foetidus* organism. Minerals Engineering, 2006, 19, 1259-1265.
12. Mousavi S.M., Jafari A.: Bioleaching of low-grade sphalerite using a column reactor. Hydrometallurgy, 2006, 82, 75-82.
13. Mulligan C.N., Kamali M., Gibb B.F.: Bioleaching of heavy metals from a low-grade mining ore using *Aspergillus Niger*. Journal of Hazardous Materials, 2004, 110(1-3), 77-84.
14. Orłowska B., Gołąb Z.: *Thiobacillus Ferrooxidans* – jako czynnik biologicznego ługowania metali. Postępy Mikrobiologii, 1990, 3-4, 185-207.
15. Pacholewska M., Botor J.: Metody biotechnologii w metalurgii. Rudy Metale, 1998, 12, 709-720.
16. Pacholewska M., Cabała J., Cwalina B., Sozańska M.: Środowiskowe uwarunkowania procesów (bio)ługowania metali z odpadów poflotacyjnych rud cynkowo-ołowiowych. Rudy Metale, 2007, 52(6), 337-342.
17. Quatrini R. et al.: Insights into the iron and sulfur energetic metabolism of *Acidithiobacillus ferrooxidans* by microarray transcriptome profiling. Hydrometallurgy, 2006, 83, 263-272.

18. Rao D.V., Shivannavar C.T., Gaddad S.M.: Bioleaching of copper from chalcopyrite ore by fungi. *Indian J. Exp. Biol.*, 2002, 40(3), 319-24.
19. Rawlings D.E., Johnson D.B.(ed.): *Biomining*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2007.
20. Rohwerder T., Gehrke T., Kindler K., Sand W.: Bioleaching review part A. Progress in bioleaching: fundamentals and mechanisms of bacteria metal sulfide oxidation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 2003, 63, 239-248.
21. Ruan R., Wen J., Chen J.: Bacterial heap-leaching: Practice in Zijinshan copper mine. *Hydrometallurgy*, 2006, 83, 77-82.
22. Rymowicz W., Lenart D.: Wpływ natlenienia na wzrost i produkcję kwasu cytrynowego przez mutanta octanowego *Yarrowia lipolytica*. *Acta Scientiarum Polonorum. Biotechnologia*, 2004, 3, 1-2.
23. Rymowicz W., Żarowska B., Robak M., Rywińska A., Musiał I.: Biosynteza kwasu cytrynowego z syropu glukozowego przez mutanta octanowego *Yarrowia lipolytica* w warunkach zróżnicowanego pH. *Inżynieria i aparatura chemiczna*, 2005, 4.
24. Santhiya D., Ting Y.P.: Bioleaching of spent refinery processing catalyst using *Aspergillus niger* with – yield oxalic acid. *Journal of Biotechnology*, 2005, 116, 171-184.
25. Schinner F., Burgstaller W.: Extraction of zinc industrial waste by *Penicillium* sp. *App. Environ. Microbiol.*, 1989, 55, 1153-1156.
26. Sierra-Alvarez R.: Fungal bioleaching of metals in preservative-treated wood. *Process Biochemistry*, 2007, 42, 798-804.
27. Skłodowska A.: Biologiczne metody ługowania metali ciężkich – biohydrometalurgia. *Postępy Mikrobiologii*, 2000, 39, 73-89.
28. Słaba M., Długoński J.: Mikrobiologiczne usuwanie i odzyskiwanie metali ciężkich. *Postępy Mikrobiologii*, 2002, 41, 2, 167-183.
29. Słaba M., Długoński J.: Wiązanie metali ciężkich przez grzyby mikroskopowe. *Biotechnologia*, 2003, 4(63), 101-109.
30. Słaba M., Bizukojć M., Pałecz B., Długoński J.: Kinetic study of the toxicity of zinc and lead ions to the heavy metals accumulating fungus *Paecilomyces marquandii*. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 2005, 28, 185-197.
31. Szymańska M., Słaba M., Długoński J.: Bioługowanie metali ciężkich przez szczep grzyba strzępkowego *Paecilomyces marquandi*. *Acta Hydrochim. Hydrobiology*, 2005.
32. Valix M., Tang J.Y., Malik R.: Heavy metal tolerance of fungi. *Minerals Engineering*, 2001, 14, 5, 499-505.
33. Wu H.Y., Ting Y.P.: Metal extraction from municipal solid waste (MSW) incinerator ely ash: Chemical leaching and fungal bioleaching. *Enzyme Microbial Technology*, 2006, 38(6), 839-847.
34. Żarowska B., Rymowicz W., Rywińska A., Musiał I.: Charakterystyka ciągłej biosyntezy kwasu cytrynowego z syropu fruktozowego przez mutanty octanowe *Yarrowia lipolytica*. *Acta Scientiarum Polonorum. Biotechnologia*, 2004, 3(1-2).

Niniejszą publikację zrealizowano na podstawie prac statutowych IMN nr 6335/06 i 6468/07.

BIORECOVERY OF METAL VALUE FROM LOW-QUALITY WASTE MATERIAL OF NON-FERROUS INDUSTRY

Abstract

The paper addresses problems related to bioleaching of usable metals from flotation tailings. So far application of acidophilic bacterial microflora is widely used in biometallurgical processes around the world.

The waste, which is generated in chemical flotation technology for carbonate copper ores enrichment, has pH close to neutral. Therefore, application of acidophilic bioleaching requires initial preparation of the material by acidification of the samples used in investigations. Process conditions are usually established by chemical method – by acid addition, or in biological processes – using appropriate microflora able to acidify the environment.

It is also possible to use fungal microflora, capable of bioleaching usable metals in a wide pH range. Process of metals leaching with microscopic fungi can present an advantageous alternative to acidophilic bioleaching, especially when working with waste of slightly acid and alkaline pH.

Wpłynęło do Oficyny Wydawniczej w marcu 2009 r.