ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990

Seria: GÓRNICTWO z. 190 Nr kol. 1080

Kazimierz SZTABA[x]
Elżbieta KONOPKA[x]
Ewa KISIELOWSKA[x]

O NIEKTÓRYCH ZASTOSOWANIACH BIOTECHNOLOGII W PRAKTYCE PRZERÓBCZEJ

Streszczenie. Na podstawie badań prowadzonych w ciągu ostatnich kilkunastu lat w laboratorium mikrobiologicznym Instytutu Przeróbki i Wykorzystania Surowców Mineralnych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie można stwierdzić, że zastosowanie metod biologicznych w praktyce przeróbczej może być bardzo różnorodne. W referacie zaprezentowane zostały tylko te problemy szczegółowe - w tym również uzyskane wyniki badań - które uznaliśmy za najbardziej reprezentatywne dla naszej działalności badawczej, a także oryginalne ze względu na rodzaj zaproponowanych rozwiązań.

1. WPROWADZENIE

Na podstawie doświadczeń kilkunastoletniej działalności pracowni mikrobiologicznej istniejącej w IPiWSM AGH w Krakowie można stwierdzić niewątpliwą przydatność w szeroko potraktowanej przeróbce surowców mineralnych metod biologicznych, mogących stanowić jeden z wielu procesów jednostkowych w technologii przetwarzania, jak również być w określonych przypadkach jedyną możliwą metodą podstawową, oczywiście przy uwzględnieniu kryterium ekonomicznego. Głównym - zgodnym z profilem Instytutu - celem prowadzonych przez nas w tym zakresie prac badawczych jest wykazanie, jakie mogą być utylitarne z przeróbczego punktu widzenia efekty zintensyfikowania zachodzących w mikroskali procesów biologicznych, oceniane na podstawie osiągniętego uzysku i stopnia segregacji poszczególnych składników.

Przedstawiamy tylko niektóre, niekonwencjonalne zastosowania praktyczne bezpośredniego wykorzystania biochemicznych uzdolnień mikroorganizmów w procesach szeroko rozumianej przeróbki surowców mineralnych - kopalin stałych i wód. Są to przypadki, które uznaliśmy za najbardziej reprezentatywne dla zakresu prowadzonych przez nas badań. Pominięta natomiast została cała grupa zagadnień związanych z konwencjonalnym wykorzystaniem

[x] Instytut Przeróbki i Wykorzystania Surowców Mineralnych Akademia Górniczo-Hutnicza - Kraków.

metod biologicznych, polegającym na traktowaniu czynników biologicznych, jako czułych wskaźników stopnia zanieczyszczenia środowiska, m.in. przez zakłady przeróbcze.

2. ODZYSK POZABILANSOWYCH ILOŚCI METALI PRZY WSPÓŁUDZIALE MIKROORGANIZMÓW[x)]

Znaczna ilość ubogich rud metali - określanych jako pozabilansowe - nie jest obecnie eksploatowana, gdyż zastosowanie klasycznych metod przeróbki czyniłoby to przedsięwzięcie nieopłacalne w istniejących realiach ekonomicznych. Podobne zastrzeżenie dotyczy i innych materiałów zawierających ważne gospodarczo metale - pierwotnych i wtórnych, w tym różnorodnych odpadów mineralnych i mineralnopodobnych, a także złóż, które niezależnie od kryterium bilansowości nie są wydobywane ze względu na skalę istniejących trudności technicznych. Wszystko to dotyczy również niektórych skał osadowych, zawierających w śladowych ilościach - 10^{-1}-10^{-4}% - liczne metale, które ponadto nie posiadają w nich jednoznacznie określonych form mineralnych i są bardzo nierównomiernie rozproszone w całej masie kopaliny. Ten właśnie rodzaj surowca - w szczególności łupek czarny - stał się przedmiotem naszego zainteresowania.

Wyniki prowadzonych w Polsce prac geologiczno-poszukiwawczych [1] świadczą, że posiadamy znaczące zasoby tego surowca. Łupki mogą więc stać się ubogim wprawdzie, ale rozpowszechnionym źródłem wielu cennych metali.

Różnorodne łupki o podwyższonych zawartościach substancji bitumicznych są traktowane w świecie jako surowiec do pozyskiwania z nich związków organicznych. Zawarte w nich śladowe ilości metalu nie mają podstawowego znaczenia przemysłowego, zwłaszcza w przypadku posiadania bogatszych ich źródeł, chociaż mogą stanowić perspektywiczną rezerwę surowcową [2].

Wobec tego, że w kraju nie posiadamy znaczących zasobów wielu cennych gospodarczo metali, m.in. U, V, Mo - interesująca może być właśnie metalonośność łupków.

Zakres naszych prac nie obejmował dostatecznie już rozpoznanego i wykorzystywanego łupku miedzionośnego, należącego również do formacji łupków czarnych.

Zastosowanie klasycznych metod hydrometalurgicznych dla samego tylko odzysku śladowych ilości metali, chociaż możliwe [3], nie jest jednak technologicznie i ekonomicznie uzasadnione. Postanowiliśmy więc sprawdzić, jakie są możliwości odzysku wspomnianych metali przy wykorzystaniu tanich metod niekonwencjonalnych, a za taką można uważać ługowanie chemiczne wspomagane działalnością mikroorganizmów.

---

x) Realizowano w CPBP 03.08.

Za przedmiot badań nad opracowaniem technologii odzysku metali występujących w łupkach w ilościach śladowych, przy zastosowaniu metod biologicznych, przyjęliśmy łupek czarny, będący najbardziej metalonośną odmianą mikrolitofacjalną łupków dictyomenowych, występujących w Polsce na obszarze obniżenia podlaskiego.

Badania rentgenostrukturalne i termiczne próbek łupków czarnych wykazały, że głównymi ich składnikami są: kwarc i minerały ilaste, co potwierdziły wyniki badań chemicznych. Nieznaczne ilości CaO i MgO oraz CO_2 świadczą o niskiej zawartości minerałów węglanowych. Stwierdzono natomiast podwyższone (śr. 3,5%) zawartości pirytu. Udział substancji organicznej oceniano jako niski [4]. Łupek przeznaczony do badań zawierał średnio U - 130 g/t (p.p.m), V - 1050 g/t, Mo - 200 g/t, Zn - 7160 g/t, Pb - 700 g/t. Analiza mikrobiologiczna mikroflory autochtonicznej badanego łupku [5] wykazała, że w jego środowisku obserwuje się intensywny rozwój bakterii tionowych Th. ferrooxidans i Th. thiooxidans.

W badaniach nad bakteryjnym ługowaniem metali zastosowano bakterie Th. ferrooxidans. Wyniki badań nad efektywnością ługowania prowadzonego w ciągu 7 miesięcy w zmiennych warunkach środowiska pozwoliły stwierdzić ogólne prawidłowości występujące w tym procesie.

Analizując zachowanie się poszczególnych metali w warunkach prowadzonych doświadczeń, można stwierdzić występowanie zasadniczych różnic w ich reagowaniu na zachodzące procesy biologiczne i zmiany własności fizykochemicznych badanego środowiska.

Ogólnie można powiedzieć, że najlepiej ługuje się Zn - uzysk 97% oraz U - 75%, pozostałe metale ługują się gorzej: 40-60%. Wysoka ługowalność Zn została stwierdzona już w początkowym etapie ługowania i utrzymywała się również przy maksymalnym - sprowadzonym do warunków naturalnych - spowolnieniem procesów biologicznych. Pozostałe metale a zwłaszcza U - charakteryzuje wysoki stopień współzależności między stopniem wyługowania, a zachodzeniem procesów biologicznych [6]. Stwierdzono, że istnieje znaczna możliwość uaktywnienia autochtonicznej mikroflory badanego łupku, w kierunku wykorzystania jej w procesie ługowania [7]. Otrzymane wyniki dobrze rokują dla rozwoju metod biotechnicznych do pozyskiwania niektórych metali rozproszonych w utworach typu łupków czarnych.

3. BADANIA NAD ADAPTACJĄ MIKROORGANIZMÓW DO WARUNKÓW PODWYŻSZONEJ ZAWARTOŚCI Zn i Pb

W licznych przypadkach stosowania metod biotechnicznych, istotną przeszkodą stają się występujące w środowisku związki toksyczne, a w każdym razie unieczynniające czynnik biologiczny: do takich należą m.in. związki niektórych metali ciężkich, w tym cynku i ołowiu.

Podjęliśmy badania nad możliwością adaptowania interesujących - z punktu widzenia zastosowań biotechnicznych - szczepów mikroorganizmów do takich niesprzyjających warunków.

Bezpośrednim celem badań było uaktywnienie mikroorganizmów z rodzaju bakterii żelazistych oraz bakterii tionowych z gat. Thiobacillus thioparus do sprawdzenia ew. możliwości ługowania z ich udziałem cynku i ołowiu. Próbowaliśmy to osiągnąć poprzez wprowadzenie do środowiska siarczkowych form cynku i ołowiu, przy równoczesnym zmniejszeniu udziału głównego składnika pożywki wybiórczej.
Do badań użyto próbki blendy cynkowej i galeny, wyizolowane z rudy cynkowo-ołowiowej okręgu olkuskiego, charakteryzujące się minimalną zawartością form utlenionych badanych metali.

Przeprowadzono serię doświadczeń, w których ośrodkiem były pożywki wybiórcze dla poszczególnych grup mikroorganizmów (Winogradskiego i Beijerinckia), sporządzone z użyciem wody kopalnianej i wody ze stawu osadowego odpadów, z dodatkiem różnych ilości blendy i galeny, przy różnych dawkach podstawowego składnika określonej pożywki. Inkubację bakterii prowadzono aż do całkowitego zaniku ich aktywności życiowej. Dynamikę aktywności życiowej bakterii określano na podstawie poziomu kwasu edenozynotrójfosforowego (ATP), w określonej objętości zawiesiny bakteryjnej. Zmiany ilościowe ATP, wynikające ze zmian aktywności życiowej bakterii oraz ich ilości w związku z działalnością biochemiczną w rozpatrywanym środowisku, śledzono, wykorzystując zjawisko bioluminescencji wywołane działaniem lucyferazy.

Zaproponowanie poziomu ATP, jako precyzyjnego wskaźnika informującego o aktywności życiowej bakterii, wynika z obecności tego związku w żywych komórkach i wzrostu jego ilości, towarzyszącego zmianom aktywności życiowych komórek. Zastosowanie powyższego wskaźnika, w odniesieniu do przedstawionej problematyki, jest zagadnieniem w pełni oryginalnym w praktyce przeróbczej.

Porównując dane [8] o w ten sposób określonej aktywności życiowej testowanych bakterii, rozwijających się w środowisku zawierającym blendę i galenę, zaobserwowano istotne różnice w możliwościach adaptacyjnych użytych rodzajów mikroorganizmów - korzystniejsze warunki rozwoju znalazły bakterie tionowe z gat. Th. thioparus w środowisku zawierającym ZnS. Stwierdzono postępujący proces adaptacji w przedziale od 0-9 dni, po tym czasie występowała już tendencja spadkowa. Znalazło to również odzwierciedlenie w dodatkowo równocześnie prowadzonych badaniach efektywności ługowania Zn i Pb, chociaż należy podkreślić, że były to uzyski niezbyt wysokie.

Wnioskiem praktycznym prowadzonych badań jest stwierdzenie możliwości wykorzystania wskaźnika ATP do wytypowania najwłaściwszego rodzaju mikroorganizmów dla przeprowadzenia określonych procesów biochemicznych efektywnych z przeróbczego punktu widzenia.

4. BIODEGRADACJA ZANIECZYSZCZEŃ WYSTĘPUJĄCYCH W SUROWCU CERAMICZNYM

Przedmiotem naszych badań w tym zakresie były zawęglone gliny biało wypalające się, zawierające konkrecje miedziowe. Zanieczyszczenia te dyskwalifikują wymienione gliny jako surowiec ceramiczny: powodują one powstawanie po wypaleniu widocznych wad w postaci ubytków (wytopów) czerepu i nieregularnych plam barwnych w warstwie szkliwa. Przeprowadzone badania obejmowały określenie form występowania miedzi i ich lokalizację w zawęglonym surowcu, a także sprawdzenie możliwości wykorzystania mikroorganizmów do ich biodegradacji. Celem końcowym było uzyskanie surowca o jakości wymaganej przez przemysł ceramiczny. Wstępna ocena makroskopowa i ewentualna dyskwalifikacja pewnych partii surowca wyjściowego ze względu na zawartość zanieczyszczeń powodujących wymienione wady nie jest możliwa, gdyż ich ujawnienie zachodzi dopiero po wypaleniu szkliwionych próbek. Dlatego uznaliśmy za celowe opracowanie takiej metody degradacji zanieczyszczeń, która mogłaby być użyteczna w stosowanej technologii przeróbki wydobywanych glin. Miała to więc być metoda nie zakłócająca podstawowego ciągu przygotowania surowca i nie stwarzająca problemów technologicznych.

Nie wnikając w szczegółowe rozważania, dotyczące przeprowadzonych badań chemiczno-mineralogicznych, ogólnie można stwierdzić, że w całym przedziale badanych uziarnień, aż do najdrobniejszych, zaobserwowano współwystępowanie z substancjami ilastymi także m.in. węgla, żelaza i w ilościach śladowych miedzi, która powoduje barwienie szkliwa. Metale (Fe, Cu) występują głównie w postaci siarczkowej, przy czym dla żelaza formą dominującą - zwłaszcza w klasach grubszych - jest piryt. W klasach drobnych obserwuje się zwiększony udział form utlenionych. Zawartości miedzi w analizowanych próbkach wynosiły 0,06-0,12% Cu. Analiza mikrobiologiczna wykazała, że reprezentatywnymi i najliczniej występującymi drobnoustrojami są bakterie z rodzaju Bacillus subtilis i Bacillus mycoides oraz grzyby: Aspergillus flavus i Mucor mucedo. Przeprowadzone zostały badania, w których sprawdzono przydatność tych mikroorganizmów - wyizolowanych ze środowiska naturalnego, a następnie namnożonych w warunkach laboratoryjnych - w procesie degradacji występujących zanieczyszczeń. W celu sprawdzenia, jakie są możliwości wykorzystania naturalnych składników gliny: żelaza i siarki w rozpatrywanym aspekcie badań - przeprowadzono ługowanie przy współudziale bakterii Th. ferrooxidans i Th. thiooxidans, dla których te właśnie pierwiastki są źródłem zaspokajania ich potrzeb energetycznych.

W trakcie ługowania biologicznego, w każdym z przeprowadzonych doświadczeń obserwowano znaczne - aczkolwiek zróżnicowane - zakwaszenie środowiska, świadczące o zachodzeniu procesów biologicznych oraz przechodzenie jonów miedzi do roztworu w ilości wyższej, niżby wynikało to tylko z chemicznego podwyższenia kwasowości środowiska [9]. Po zakończeniu każdego eksperymentu z materiału poddawanego procesowi uszlachetniania przy współudziale bakterii i grzybów wykonywane były szkliwione płytki ceramiczne

wypalane w temperaturze 1250°C, zgodnie z obowiązującą normą branżową. Płytki te poddawano wnikliwej obserwacji pod kątem obecności w nich "muszek" wytopów i plam barwnych a także uzyskanego zabarwienia. W każdej z otrzymanych płytek obserwuje się wydatne zmniejszenie liczby występujących defektów, a nawet ich całkowity brak w porównaniu do analogicznych płytek wykonanych z gliny surowej. Widoczne jest natomiast jasnozielone zabarwienie, mniej intensywne na płytkach otrzymanych z gliny uszlachetnionej, przy współudziale grzybów - niż przy współudziale bakterii, co znalazło również potwierdzenie w ilości miedzi przechodzącej w procesie ługowania do roztworu.

5. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA METOD BIOTECHNICZNYCH DO OCZYSZCZANIA WÓD

5.1. Sedymentacja zanieczyszczeń stałych przy współudziale mikroorganizmów

Przedmiotem naszych badań były ścieki pochodzące ze stawu osadowego odpadów poflotacyjnych (KGH "Bolesław"). W ich sklarowanej części, odprowadzanej do ogólnych cieków wodnych, zawarte były części stałe w ilościach przekraczających zawartości dopuszczalne, a wynoszące ok. 30 mg/dm^3. Podjęliśmy więc badania nad możliwością zastępienia kosztownych preparatów syntetycznych przyspieszających sedymentację odpadów flotacyjnych, niedrogimi i prostymi do uzyskania substratami pochodzenia biologicznego. Wykonaliśmy badania nad zastosowaniem w tym celu mikroorganizmów posiadających zdolność wytwarzania substancji śluzowatych, mogących stanowić naturalny flokulant.

Analiza mikrobiologiczna wykazała, że w wodzie stawu osadowego istnieje stosunkowo ubogie życie biologiczne. Spośród wyizolowanych mikroorganizmów wyodrębniono trzy gatunki bakterii, posiadających zdolność produkowania śluzu. Były to: Bacillus mesentericus, Thiobacillus denitrificans i Azotobacter sp. Diagnostykę tych szczepów przeprowadzono na podstawie badań makro- i mikroskopowych oraz testów biochemicznych. W toku badań wykonaliśmy serię doświadczań, uwzględniających zmiany koncentracji fazy stałej oraz dodatku mikroorganizmów w aspekcie wywoływania przez nie zmian prędkości sedymentacji [10].

Analizując wyniki przeprowadzonych badań stwierdzono, że bakterie Th. denitrificans i Azotobacter sp. w minimalnym stopniu wpływają na proces sedymentacji, natomiast bakterie Bacillus mesentericus powodują przyspieszenie tego procesu, zwłaszcza przy małym zagęszczeniu początkowym zawiesiny. Ogólnie można stwierdzić, że użycie mikroorganizmów w miejsce odczynników flokulacyjnych jest możliwe tylko tam, gdzie procesy technologiczne nie wymagają dużych przyspieszań prędkości sedymentacji, jak to ma miejsce, np. w stawach osadowych, gdzie już dwukrotny przyrost pręd-

kości sedymentacji jest zupełnie wystarczający dla odprowadzenia wody pozbawionej części stałych.

5.2. Mikrobiologiczna degradacja siarkowodoru

Wody pochodzące z procesu podziemnego wytopu siarki (kopalnie siarki w Jeziórku i Grzybowie) zawierają ok. 170 mg H_2S/dm^3. Poddawane są one desorpcji, w wyniku której następuje obniżenie zawartości H_2S do stężenia 15-35 mg/dm^3, podczas gdy dopuszczalna zawartość tego zanieczyszczenia w wodach zrzuconych do zbiornika i cieków naturalnych wynosi 1 mg H_2S/dm^3 wody. Zaistniała więc konieczność znalezienia metody pozwalającej na dalsze obniżenie zawartości H_2S do stężenia określonego normą. Duże objętości zrzucanych wód (4 tys. m^3/h) nie pozwalają na zastosowanie tracycyjnych metod usuwania H_2S - postanowiliśmy przeto wykorzystać do tego celu biochemiczne właściwości mikroorganizmów wodnych.

Jak wykazały badania mikrobiologiczne wód kopalnianych, ich stosunkowo ubogie życie biologiczne reprezentowane jest głównie przez bakterie siarkowe-tionowe, stanowiące rodzimą mikroflorę. Ze względu na specyfikę metabolizmu najbardziej interesujące spośród bakterii tionowych okazały się bakterie z gat. Thiobacillus thioparus, które energię do przeprowadzania procesów życiowych czerpią z utleniania siarkowodoru, siarki pierwiastkowej, tiosiarczanów i innych nieorganicznych połączeń siarki. Th. thioparus nie gromadzi siarki wewnątrz komórek, lecz wydziela ją na zewnątrz w postaci siarki pierwiastkowej.

Na podstawie badań laboratoryjnych stwierdzono, że bakterie Th. thioparus posiadają zdolność degradacji siarkowodoru z wód zanieczyszczonych, przy czym do zawartości początkowej ok. 25 mg H_2S/dm^3, proces ten zachodzi w 100%, natomiast powyżej tej wartości stopień degradacji nieco się zmniejsza [11].

W zaproponowanej przez nas metodzie podłożem do namnażania i uaktywniania bakterii Th. thioparus była woda kopalniana o umiarkowanej mineralizacji - podjęliśmy więc próby znalezienia najodpowiedniejszego związku, który wzbogacałby wodę przemysłową w składniki pokarmowe. Ze względu na skład badanych wód zaproponowano w tym celu użycie superfosfatu - nawozu sztucznego zawierającego m.in. związki fosforowe. Próby przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych oraz na skalę przemysłową wykazały korzystny wpływ wprowadzonego do wód nawozu fosforowego na rozwój i efektywność biochemiczną interesujących nas bakterii i związaną z tym efektywność biodegradacji H_2S. Ustalona została niezbędna dawka superfosfatu w ilości 0,15 kg/m^3 oczyszczanych wód oraz szczegółowy harmonogram jej zadawania [12]. Równolegle prowadzono badania nad możliwością zastąpienia superfosfatu - szlamami pochodzącymi z mieszczącego się na terenie kopalni Zakładu Produkcji Nawozów. Zarysowała się więc możliwość skierowania całego ścieku przemysłowego z tego zakładu do ciągu technologicznego oczyszczania wód kopalnianych, z zastosowaniem do biologicznej degradacji H_2S. Niezbędne

próby przeprowadziliśmy w laboratorium oraz na skalę techniczną. Stwierdziliśmy korzystny wpływ dodatku szlamów na rozwój i działalność biochemiczną bakterii w procesie degradacji H_2S.

Problem degradacji siarkowodoru występuje również w przypadku siarczkowych wód leczniczych, zawierających znaczne ilości H_2S (nawet i ponad 900 mg H_2S/ dm^3), gdy tymczasem wg obowiązującej w Polsce normy stężenie H_2S w wodzie leczniczej nie powinno przekraczać 150 mg/dm^3. Ze względu na konieczność bezwzględnego zachowania wyjściowego stanu naturalnego wody leczniczej - jedynymi możliwymi do zastosowania w tym przypadku sposobami degradacji H_2S jest napowietrzanie lub desorpcja w warunkach obniżonego ciśnienia. Do unieszkodliwiania wydzielonego w ten sposób siarkowodoru mogą być zastosowane różnorodne metody fizyczne i chemiczne, w tym również przedstawiona przez nas metoda mikrobiologiczna. Bez żadnych dodatkowych ograniczeń może być ona stosowana natomiast do unieszkodliwiania ścieków balneologicznych, odprowadzanych do ogólnych cieków wodnych. W obu przypadkach - w warunkach laboratoryjnych - osiągnięto zadowalający stopień oczyszczania [13]. Opracowany został projekt oczyszczalni odprowadzanych z uzdrowiska (Swoszowice k.Krakowa) wód, obecnie wg tej metody realizowane jest urządzenie oczyszczające w skali półtechnicznej [14][x].

Przedstawione przykłady potwierdzają możliwości stosowania metod biotechnicznych do rozwiązywania wielu zadań technologicznych i związanych z nimi - dotyczących ochrony środowiska - w różnych fazach i ujęciach przeróbki surowców mineralnych.

LITERATURA

[1] Bareja E., Miecznik I.B., Wołkowicz S.: Metal beasing of selected black shale formations of Poland. In: Symposium "Mineralization in black shales" Kraków 1989.

[2] Anderson A., Gunnar O.: Uranium recovery from swedish low grade bituminous sholes. Nucl. Eng. Int. 1975.

[3] Pinkas K.: Technological problems concerning the complex recovery of uranium and accompanying elements from sedimentary ores. In: Nuclear power and its fuel cycle, vol. 2 IAEA-CN-36/454, Vienna 1977.

[4] Sztaba K., Konopka E.: Możliwości wykorzystania polimetalicznych łupków uranonośnych jako surowca perspektywicznego przy zastosowaniu niekonwencjonalnych metod wzbogacania. Materiały Sympozjum PAN "Optymalizacja wykorzystania surowców mineralnych w procesach przeróbki i przetwórstwie", Kraków 1988.

[5] Sztaba K., Konopka E., Kisielowska E.: Ługowanie chemiczno-biologiczne metali rozproszonych w łupku czarnym. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 21, 1989.

[6] Sztaba K., Konopka E.: Possibilities of the recovery of dispersed metals occuring in black shale using microorganisms. In: Symposium "Mineralization in black shales" Kraków 1989.

[x] Realizowano w CPBR 3.20.

[7] Konopka E., Sztaba K.: Bakteryjne ługowanie metali rozproszonych w występującym w Polsce łupku czarnym (w języku rosyjskim). Materiały III Międzynarodowej konferencji "Techniczne, techniczno-ekonomiczne i ekologiczne problemy biotechnologii surowców mineralnych" Bułgaria 1989.

[8] Rożek S., Konopka E.: Zastosowanie bakterii Th. thioparus w procesie ługowania biologicznego cynku z rud cynkowo-ołowiowych. Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, 13, Wrocław 1981.

[9] Konopka E., Kisielowska E.: Zastosowanie mikrobiologicznych metod w procesie oczyszczania surowca ceramicznego zanieczyszczonego związkami miedzi (w j. rosyjskim). Materiały II Międzynarodowej konferencji "Techniczne, techniczno-ekonomiczne i ekologiczne problemy biotechnologii surowców mineralnych", Bułgaria 1986.

[10] Sztaba K. i inni: Wpływ wybranych mikroorganizmów na zmiany prędkości sedymentacji odpadów flotacyjnych rud Zn-Pb. Materiały XIII Krakowskiej konferencji N-T Przeróbki Kopalin, Kraków 1979.

[11] Kisielowska E., Konopka E.: Mikrobiologiczna degradacja H_2S w procesie uzdatniania zanieczyszczonych wód przemysłu wydobywczego (w j. rosyjskim). Materiały II Międzynarodowej konferencji "Techniczne, techniczno-ekonomiczne i ekologiczne problemy biotechnologii surowców mineralnych. Bułgaria 1986.

[12] Kisielowska E. i in.: Biodegradacja H_2S w wodach kopalnianych przez bakterie tionowe. Materiały Sesji Naukowej, Tarnobrzeg 1977.

[13] Konopka E., Małysa A.: Uzdatnianie wód siarkowodorowych dla celów lecznictwa uzdrowiskowego. Problemy Uzdrowiskowe. Warszawa 1984.

[14] Blaschke Z., Kisielowska E., Konopka E.: Technologia oczyszczania ścieków siarkowodorowych metodą mikrobiologiczną. ZN AGH, "Górnictwo" z. 146 (PL ISSN 0372-9400), Kraków 1989.

О НЕКОТОРЫХ ПРИМЕНЕНИЯХ БИОТЕХНОЛОГИИ В ПЕРЕДЕЛОЧНОЙ ПРАКТИКЕ

Р е з ю м е

На основе исследований проведенных за последние годы микробиологической лабораторией Института переработки и использования минерального сырья, Горно-металлургической академии в Кракове, можно доказать, что применение биологических методов в переделочной практике разнообразно. В реферате представлены только эти подобные проблемы, - в том числе и полученные результаты исследований - которые считаем наиболее представительными для гашей исследовательской деятельности, а также оригинальные с точки зрения предлагаемых решений.

APPLICATION OF BIOTECHNOLOGY IN MINERAL PROCESSING

S u m m a r y

From our research we have done in recent years in the Biological Laboratory of the Institute of Mineral Processing and Utilization, Akademy of Mining and metallurgy in Krakow - we have proved that a variety of biological methods can be applied for processing of row materials. In the paper there are presented some detailed problems, including the results

of the carried out researches, which seemed to be most representative for our scientific activity and original - because of the type of the suggested solution of these problems.