

Andrzej ŁUSZCZKIEWICZ *

ODZYSK MINERAŁÓW CIĘŻKICH Z PIASKÓW SZKLARSKICH KOPALNI „OSIECZNICA”

W pracy badano odpady powstające po grawitacyjnym wzbogacaniu piasków szklarskich z zakładzie przeróbczym Kopalni „Osiecznica”. Określono koncentracje minerałów ciężkich oraz zbadano skład frakcji ciężkiej. Stwierdzono, że odpady te zawierają cyrkon, rutil, ilmenit, monacyt i ksenotym. Badany materiał wzbogacono na stole koncentracyjnym, otrzymany koncentrat rozdzielono separacją magnetyczną i elektryczną. Stwierdzono, że odpady z kopalni „Osiecznica” mogą być źródłem niewielkiej ilości koncentratów cyrkonu, rutylu, ilmenitu i metali ziem rzadkich o jakości handlowej. Zaproponowano schemat technologii pozyskiwania minerałów ciężkich z badanych odpadów.

Wprowadzenie

Na Dolnym Śląsku w rejonie Osiecznicy koło Bolesławca eksploatowane jest złożo słabo związanych piaskowców kredowych charakteryzujących się wysoką zawartością krzemionki (do 99%) oraz bardzo niską zawartością tlenków barwiących (poniżej 0,1%) i korzystnym dla celów szklarskich uziarnieniem (przeważa klasa ziarnowa 0,1–0,5 mm) [1]. Złożo to zaliczane jest do jakościowo najlepszych i najczystszych źródeł piasków szklarskich w Europie [2]. Niewielka ilość substancji barwiących w urobku związana jest w dużym stopniu z obecnością minerałów ciężkich, których zawartość waha się w granicach 0,1–0,2% [3].

Zawartość minerałów ciężkich w surowcu głównie rutylu, cyrkonu i ilmenitu i ich prawdopodobne zasoby wykluczają uznanie złoża w rejonie Osiecznicy jako znaczącego źródła tych minerałów w skali potrzeb naszego kraju jak i w świetle przyjętych kryteriów bilansowości dla złóż cyrkonu, rutylu i ilmenitu, opisanych w pracy [4]. Przybliżony

*Instytut Górnictwa, Politechnika Wrocławska, 50-370 Wrocław

szacunek zasobów w tym złożu np. cyrkonu wskazuje, że jego zasoby równe są rocznemu zapotrzebowaniu naszego kraju na ten minerał.

Mimo takiej śladowej ilości minerałów ciężkich w surowcu, są one przedmiotem zainteresowania kierownictwa Kopalni i Zakładu Przeróbki Piasków Szklarskich "Osiecznica", którego zamierzeniem jest racjonalne wykorzystanie wszystkich składników towarzyszących i produkcja bezodpadowa. Zainteresowanie to wynika także z faktu, że w warunkach obecnej technologii, w trakcie uszlachetniania części surowca na stołach koncentracyjnych w zakładzie przeróbczym KIZFPS "Osiecznica" wydzielany jest odpad, z którego łatwo można pozyskać koncentrat minerałów ciężkich zawierający głównie cyrkon, minerały tytanu i niewielkie ilości minerałów ziem rzadkich.

Celem tej pracy było dokonanie szacunku ilości minerałów ciężkich możliwej do pozyskania w warunkach technologii zakładu przeróbczego piasków szklarskich w Osiecznicy oraz rozważenie propozycji technologii wydzielania tych minerałów w postaci koncentratów cyrkonu, rutylu i ziem rzadkich.

Oszacowanie ilości minerałów ciężkich i określenie możliwości ich pozyskiwania dokonano drogą analizy wyników opróbowania zakładu oraz przy pomocy laboratoryjnych badań przeróbczych odpadów powstających przy wzbogacaniu piasków szklarskich.

Cześć eksperymentalna

a) Opróbowanie zakładu

Przedmiotem opróbowania była nitka technologiczna wzbogacania grawitacyjnego piasków szklarskich w zakładzie przeróbczym w Osiecznicy, która jest jedynym miejscem tego zakładu, w którym można wydzielać minerały ciężkie. Celem tego opróbowania było określenie ilości minerałów ciężkich możliwej teoretycznie do odzyskania w zakładzie. Drugim celem tej operacji było pobranie reprezentatywnej próbki odpadów ze wzbogacania grawitacyjnego do badań laboratoryjnych, które zmierzały do określenia praktycznej możliwości wydzielania minerałów ciężkich. Nitka wzbogacania grawitacyjnego wyposażona jest w stoły koncentracyjne, na których przerabia się około 10% urobku zakładu tj. 30-40 tys. Mg materiału rocznie. Nadawą jest piasek szklarski klasy II, a produktem (koncentratem) po doczyszczczeniu separacją magnetyczną jest piasek szklarski klasy I. Odpadem natomiast jest produkt wzbogacony w minerały ciężkie.

Opróbowanie polegało na pobieraniu kilkakrotnie w ciągu zmiany

przez 6 tygodni całej strugi odpadów powstających w trakcie wzbogacania na jednym ze stołów. Nagromadzono w ten sposób około 2 Mg materiału. Pobierano też kilkakrotnie próbki oczyszczonego piasku szklarskiego i nadawy dla zbadania zawartości w nich minerałów ciężkich. Operacje te pozwoliły na sporządzenie bilansu minerałów ciężkich w operacji wzbogacania na stołach. Bilans ten zestawiono w tabeli 1.

Tabela nr 1

Bilans oczyszczania piasków szklarskich na stołach koncentracyjnych w KIZPPS "Osiecznica"

Lp.	Produkt	Wychód	Zawartość f.m.c.	Uzysk f.m.c.
1.	Koncentrat (piasek szklarski)	95,0	0,04	26,5
2.	Odpady	5,0	2,35	73,4
3.	Nadawa	100,00	0,16	100,0

f.m.c. - frakcja minerałów ciężkich

Zawartość minerałów ciężkich oznaczano w czterobromoetanie (gęstość 2950 kg/m^3). W tabeli 2 pokazano skład ziarnowy otrzymanych odpadów oraz zawartości minerałów ciężkich w klasach ziarnowych.

Tabela nr 2

Skład ziarnowy odpadów z oczyszczania piasków szklarskich na stołach koncentracyjnych w KIZPPS "Osiecznica"

Lp.	Klasa ziarnowa, mm	Wychód %	Minerały ciężkie	
			zawartość, %	uzysk, %
1.	+0,5	7,5	-	-
2.	-0,5+0,2	19,8	0,22	1,85
3.	-0,2	72,7	3,17	98,15
4.	Nadawa	100,0	2,35	100,0

Wydzielane przy oznaczaniu zawartości frakcje minerałów ciężkich poddano analizom chemicznym i mineralogicznym. Analizy mineralogiczne wykonano metodami mikroskopii w świetle spolaryzowanym, mikroskopii skaningowej i rentgenograficznie. Szczegółowe wyniki tych badań będą przedmiotem oddzielnej pracy.

Tabela nr 3

Skład mineralny i chemiczny frakcji minerałów ciężkich wydzielonej w czterobrometanie z odpadów z zakładu w Osiecznicy

Oznaczenia mineralogiczne %	Oznaczenia chemiczne %
tytanomagnetyt - ślady	Fe 6,0
minerały nieprzeźroc. - 41,0	TiO ₂ 40,4
cyrkon - 34,0	ZrO ₂ 24,3
rutyl przeźroc. - 18,0	TR ₂ O ₃ 1,2
monacyt - 1,0	Th 0,12
ksenotym - 1,0	
straurolit - 1,2	
turmalin - 2,0	
granaty - 0,5	
cyjanit - 1,5	

Wyniki analiz mineralogicznych i chemicznych frakcji minerałów ciężkich wydzielonych z opisanych odpadów pokazano w tabeli 3.

b) Badania laboratoryjne

Materiałem do badań była uśredniona próbka odpadów ze wzbogacania grawitacyjnego pobrana z materiału opisanego w punkcie a) tego rozdziału. W badaniach zastosowano standardową metodykę przyjętą dla badań technologicznych piasków zawierających minerały ciężkie opisaną w pracach [5,6,7].

Próbkę o masie 50 kg wzbogacono na laboratoryjnym stole koncentracyjnym typu Wilfley wykonując operację główną i 4 czyszczenia z zawrotami półproduktów i z kontrolnym doczyszczaniem odpadu, którym był w tym przypadku piasek kwarcowy. Bilans tej operacji zamieszczono w tabeli 4.

Otrzymany kolektywny koncentrat grawitacyjny poddano separacji magnetycznej stosując separator typu "Frantz Izodynamic". Przy stopniowo zmienianym natężeniu pola magnetycznego od 0,06 do 2 T, wydzielano sześć produktów, które po określeniu składu mineralnego i chemicznego uznano, że są koncentratami: tytano-magnetytowym, ksenotymowym, ilmenitowym, monacytowym, rutylowym i rutylowo-cyrkonowym. Ten ostatni produkt poddano separacji elektrycznej stosując separator elektryczny bębnowy ulotowy konstrukcji Politechniki Wrocławskiej. Rezultatem tej operacji było wydzielenie koncentratu rutylowego i cyrkonowego oraz

produktu pośredniego. Bilans operacji rozdziału koncentratu grawitacyjnego zestawiono w tabeli 5.

Tabela nr 4

Bilans wzbogacania grawitacyjnego na stole koncentracyjnym odpadów z oczyszczania piasków szklarskich z Osiecznicy

Lp.	Produkt	Wychód %, %	Fracja miaz- rałów ciężkich		TiO ₂ , %		ZrO ₂ , %		Fe, %		TR ₂ O ₃	
			β	ε	β	ε	β	ε	β	ε	β	ε
1.	Koncentrat	2,19	97,45	89,00	45,87	87,55	25,32	93,36	5,17	83,04	1,03	89,0
2.	Produkt pośredni	2,74	3,04	3,47	1,05	2,51	0,97	4,48	0,15	3,01	0,10	11,0
3.	Odpad	95,07	0,19	7,53	0,12	9,94	0,01	2,16	0,02	13,95	-	-
4.	Nadawa z bilansu	100,0	2,40	100,00	1,15	100,00	0,59	100,00	0,14	100,00	0,025	-
5.	Nadawa wg. oznaczeń		2,52		1,12		0,42	-	0,13		0,1	

β - zawartość składnika, ε - uzysk składnika w produkcie

Tabela nr 5

Bilans rozdziału kolektywnego koncentratu grawitacyjnego przy pomocy separacji magnetycznej i elektrycznej

Lp.	Produkt	%, %	TiO ₂ , %		ZrO ₂ , %		Fe, %		TR ₂ O ₃ , %	
			β	ε	β	ε	β	ε	β	ε
1.	Koncentrat tytanomagne- tytowy	0,26	10,03	0,06	2,25	0,02	50,93	2,82	-	-
2.	Koncentrat ksenotymowy	1,15	23,19	0,59	5,13	0,23	9,50	2,32	25,91	31,43
3.	Koncentrat ilmenitowy	22,45	62,57	31,24	0,79	0,69	14,38	68,69	0,11	2,60
4.	Koncentrat monacytowy	1,37	9,20	0,28	17,90	0,95	0,21	0,06	34,95	50,50
5.	Koncentrat rutylowy I	19,09	72,25	30,68	2,86	2,12	6,05	24,58	0,48	9,66
6.	Koncentrat rutylowy II	16,82	93,81	35,09	3,25	2,12	0,35	1,25	-	-
7.	Koncentrat cyrkonowy	34,80	0,69	0,53	65,78	88,74	0,03	0,22	-0,1	3,67
8.	F.p. rutylowo-cyrko- nowy	4,06	16,97	1,53	32,60	5,13	0,07	0,06	0,5	2,14
9.	Nadawa (koncentrat gra- witacyjny) z bilansu	100,00	44,97	100,00	25,79	100,00	4,70	100,00	0,95	100,00
10.	Nadawa (koncentrat gra- witacyjny) wg. oznaczeń		45,87		25,32		5,17		1,03	

Omówienie wyników

Opróbowanie nitki wzbogacania grawitacyjnego piasku szklarskiego w KIZPPS "Osiecznica" wykazało, że w trakcie oczyszczania piasków szklarskich na stołach koncentracyjnych około 73% minerałów ciężkich trafia do odpadu (tabela 1). Odpad ten zawiera około 2,4% frakcji minerałów ciężkich, które gromadzą się głównie w klasie ziarnowej -0,2 mm (tabela 2). Badania mineralogiczne frakcji minerałów ciężkich wydzielonej w czterobromostanie z odpadów wykazały (tabela 3), że zawie-

ra ona głównie rutil i cyrkon oraz minerały nieprzeźroczyste, wśród których wyróżniono ziarna tytanomagnetytu, ilmenitu i rutylu i leukokseny. Ten ostatni prawdopodobnie przeważa w grupie składników nieprzeźroczystych. Bilans wzbogacania zamieszczony w tabeli 1 dotyczy jednego stołu koncentracyjnego w zakładzie oraz 6 tygodni jego pracy. Bilans ten przeliczony dla całej nitki wzbogacania grawitacyjnego (dla wszystkich stołów) jednego roku pracy zakładu (zakład pracuje 9 miesięcy w roku) wskazuje że rocznie powstaje około 1500 Mg opisanych odpadów. Biorąc pod uwagę, że odpady te zawierają 2,4% frakcji minerałów ciężkich, to rocznie niosą one około 36 Mg minerałów ciężkich. Gdyby odpady te poddać wzbogacaniu grawitacyjnemu tak jak to pokazuje bilans w tabeli 4, to można oszacować, że praktycznie w obecnych warunkach zakładu w Osiecku można otrzymać maksymalnie 32 Mg koncentratu minerałów ciężkich rocznie.

W tabeli 4 podano wyniki wzbogacania grawitacyjnego próbki odpadów z oczyszczenia piasków. Otrzymano niemal "czysty" koncentrat minerałów ciężkich z wysokim uzyskiem wynoszącym około 90%. Koncentrat ten, jak wykazują analizy chemiczne podane w tabeli 4 przeliczone na minerały, zawiera około 35% cyrkonu, około 45% minerałów tytanu, 2% minerałów ziem rzadkich.

Koncentrat ten rozdzielono metodami separacji magnetycznej i elektrycznej, których wyniki pokazano w tabeli 5. Otrzymane koncentraty, można uznać za końcowe, gdyż w większości odpowiadają wymaganiom jakie stawiane są produktom handlowym. Koncentraty minerałów ziem rzadkich (monacytowy i ksenotymowy) poddano szczegółowym analizom chemicznym, których wyniki zamieszczono w tabeli 6. Oba te koncentraty, jak to widać z tabeli 5, zawierają jeszcze duże ilości minerałów tytanu i cyrkonu. Dla koncentratów tych należałoby jeszcze dopracować warunki wzbogacania w celu podniesienia ich jakości.

Jeden z produktów w tabeli 5 nazwano koncentratem ilmenitowym, gdyż wskazywały na to jego własności paramagnetyczne typowe dla ilmenitu. Jednakże ze względu na zawartość TiO_2 i Fe, koncentrat ten należałoby potraktować jako produkt składający się głównie z przeobrażonego ilmenitu o własnościach zbliżonych do leukoksenu. Wniosek taki wydaje się słuszny w świetle danych podanych w pracy [8] i wzmiankowanych w [9] (niniejsze wydanie "Fizykochemicznych Problemów Mineralurgii").

Otrzymane rezultaty badań oraz opracowana w trakcie tej pracy procedura wzbogacania stanowią mogą podstawę do zaproponowania technologii przeróbki odpadów z oczyszczenia piasków szklarskich. Propozycję taką prezentuje uproszczony schemat technologiczny pokazany na rys. 1. Dane ilościowo-jakościowe z tego schematu oparte o wyniki przedstawionych tu badań wskazują, że w przypadku wydzielenia w zakładzie realnej

Tabela nr 6
Zawartość metali ziem rzadkich w przeliczeniu
na tlenki w koncentratach monacytowych
i ksenotymowym

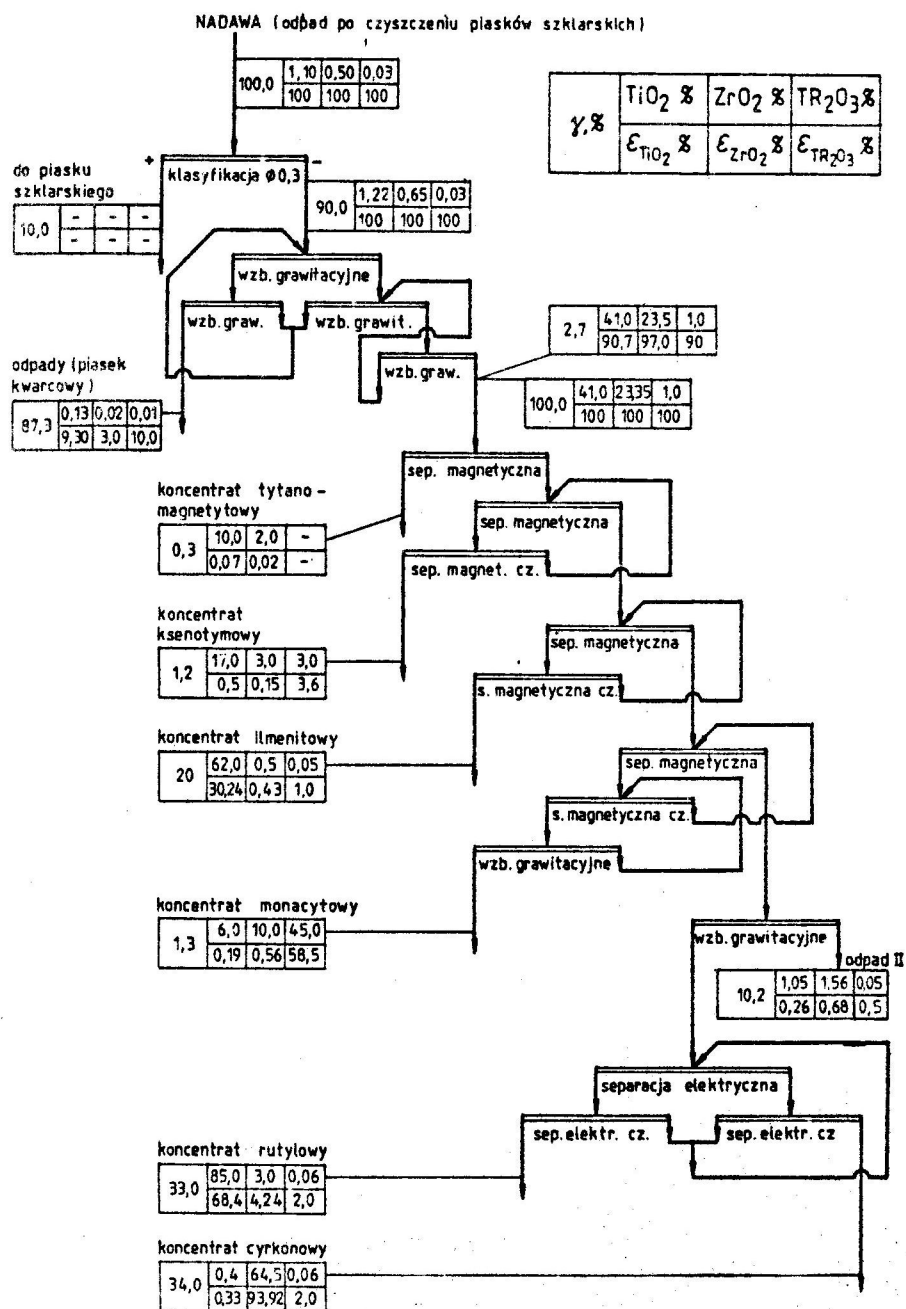
Składnik, %	Koncentrat monacytowy	Koncentrat ksenotymowy
TR ₂ O ₃	34,95	25,95
Y ₂ O ₃	0,91	13,10
La ₂ O ₃	6,79	2,70
Ce ₂ O ₃	14,56	2,27
Pr ₆ O ₁₁	2,12	0,17
Nd ₂ O ₃	6,00	1,33
Sm ₂ O ₃	0,62	0,46
Eu ₂ O ₃	43·10 ⁻³	25·10 ⁻³
Gd ₂ O ₃	0,54	0,42
Tb ₄ O ₇	54·10 ⁻³	0,10
Dy ₂ O ₃	0,22	1,16
Ho ₂ O ₃	34·10 ⁻³	0,48
Er ₂ O ₃	58·10 ⁻³	1,33
Tm ₂ O ₃	5·10 ⁻³	0,18
Yb ₂ O ₃	22·10 ⁻³	1,25
Th	2,60	0,46

ilości 32 Mg rocznie koncentratu grawitacyjnego, rocznie można pozyskać następujące ilości produktów końcowych:

- 11 Mg koncentratu cyrkonu,
- 11 Mg koncentratu rutilu,
- 7 Mg koncentratu ilmenitu,
- 0,4 Mg koncentratu ksenotymu,
- 0,4 Mg koncentratu monacytowego.

Wobec zapotrzebowania naszego kraju (np. 6 tys. Mg cyrkonu i 5 tys. Mg rutilu - w całości import) ilości te są symboliczne. Nie powinno to jednak dyskwalifikować problemu.

Biorąc pod uwagę ceny światowe takich koncentratów w roku 1986 [10] oraz kurs złotówki w stosunku do dolara USA na początku roku 1987 przewidywana wartość wymienionych koncentratów z Osiecznicy wyniesie około 1,8 mln zł. Powstaje pytanie czy produkcja takiej ilości koncentratów może być opłacalna w warunkach zakładu w Osiecznicy. Odpowiedź wydaje się być negatywną, gdyż same tylko koszty zakupu urządzeń do wzbogacania i rozdzielania koncentratu nie licząc wielu innych składników proce-



Rys. 1. Schemat proponowanej przeróbki odpadów z oczyszczania płasków szklarskich

Fig. 1. Proposed flow-sheet of heavy mineral recovery from glass sand cleaning tailings

su inwestycyjnego prawdopodobnie nigdy by się nie zamortyzowały. Deficyt na wymienione produkty w kraju oraz troska o racjonalne wykorzystanie cennego odpadu z Osiecznicy nasuwa inne rozwiązanie.

W rejonie Dolnego Śląska, według udokumentowanego rozeznania autora znajduje się wiele zakładów eksploatujących różne surowce mineralne, w których powstają podobne jak w Osiecznicy odpady. Wydzielone z nich koncentraty kolektywne minerałów ciężkich należałoby kierować do jednego specjalnie wybudowanego zakładu rozdziału koncentratów z technologią podobną do zaproponowanej w tej pracy. Produkowane wówczas ilości koncentratów zapewne gwarantowałyby opłacalność przedsięwzięcia. Problem ten jest przedmiotem badań prowadzonych pod kierunkiem autora.

Wnioski

1. W trakcie oczyszczania piasków szklarskich na stożach koncentracyjnych w zakładzie w Osiecznicy powstają odpady, w których koncentrują się minerały ciężkie (około 2,4%), wśród których przeważają rutil, cyrkon i ilmenit.
2. Stwierdzono, że w zakładzie tym rocznie można pozyskać około 32 tony koncentratu kolektywnego minerałów ciężkich, który zawierałby około 46% TiO_2 , 25% ZrO_2 , 1% TR_2O_3 i 5% Fe. Koncentrat ten można wydzielić drogą wzbogacania grawitacyjnego na stole koncentracyjnym z wysokim uzyskiem.
3. Badania rozdziału koncentratu grawitacyjnego przy użyciu metod separacji magnetycznej i elektrycznej wykazały, że z całej (32 t) ilości minerałów ciężkich w Osiecznicy można pozyskać rocznie około 11 ton koncentratu cyrkonu, 11 ton koncentratu rutilu, 7 ton ilmenitu i po 0,4 tony koncentratów monacytowego i ksenotymowego. Koncentraty te jakością odpowiadać będą produktom handlowym.
4. Zaproponowana technologia pozyskiwania minerałów ciężkich w Osiecznicy ze względu na bardzo małą ilość możliwych do uzyskania produktów może mieć sens tylko w przypadku uruchomienia w kraju zakładu rozdziału podobnych koncentratów minerałów ciężkich pochodzących z wielu podobnych źródeł na Dolnym Śląsku.

Podziękowania

Autor pragnie podziękować pracownikom Kopalni i Zakładu Przerobczego Piasków Szklarskich "Osiecznica" w szczególności Paniom mgr inż. Grażynie Krasickiej i mgr inż. Izabeli Lis oraz Panu Dyrektorowi mgr

inż. Tadeuszowi Watysze za pomoc w pobraniu prób i zapoznanie z technologią Zakładu. Wdzięczność należy się również kolegom z Zakładu Przeróbki Kopalin Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Panom mgr inż. Janowi Świderskiemu i mgr Piotrowi Simiczyjewowi za pomoc w badaniach przerobczych i mineralogicznych. Podziękowania należą się również COBPGO "Poltegor" we Wrocławiu, który częściowo sfinansował badania.

Literatura

1. Kozłowski S., Surowce Skalne Polski, Wyd. Geol., Warszawa 1986.
2. Błaszak M., Grodzicki A., Piaski szklarskie, w: Surowce mineralne Dolnego Śląska, pr. zbior. pod red. K. Dziedzica, S. Kozłowskiego, A. Majerowicza, L. Sawickiego, Wyd. Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wrocław 1979, s. 400-409.
3. Oberc A., Opracowanie mineralogiczne piasków ze złoża "Osiecznica II", Praca Ps-887/184/63, Przedsięb. Geol. w Krakowie, Kraków 1962.
4. Lynd L.E., Lefond S.J., Titanium minerals, Industrial Minerals and Rocks, 4-th edition, Ed. S.J. Lefond, AIME, 1975, N. York, s. 1149-1208.
5. Baker G., Detrital heavy minerals in natural accumulates, Australas. Inst. Min. Metall., Melbourne 1962.
6. Łuszczkiewicz A., Próby wydzielania koncentratów ilmenitu i cyrkonu z piasków morskich pd. Bałtyku, Fizykochem. Probl. Mineralurgii, 15, 1983, s. 55-63
7. Nicholson D.S., et al., Separation of ilmenite, zircon and monazite from Westport beach sands, N.Zealand Journal of Science, 9, Sept., 1966, s. 586-598.
8. Temple A.K., Alteration of ilmenite, Econ. Geology, 61, 4, 1966, s. 695-714.
9. Łuszczkiewicz A., Dyskusja na XXIII Seminarium Fizykochem. Probl. Mineralurgii, nr 19, 1987, 16.
10. Mining Annual Review - 1986, Special Issue of Mining Journal, London 1986, s. 52-53, 89-90, 91.

ABSTRACT

Łuszczkiewicz A., 1987. Recovery of heavy minerals from glass sand tailings from "Osiecznica" Mine., Physicochem. Probl. Miner. Process., 19; 309-319.

Tailings produced at the processing plant of the "Osiecznica" Mine during gravity separation of glass sand were investigated. The

total content of heavy minerals in the tailings and their mineral composition were determined. It was found that heavy fraction in the tailings consists chiefly of zircon, rutile, ilmenite, monazite and xenotime. These tailings were upgraded by tabling, magnetic and high tension separation. It was established that the tailings from "Osiecznica" Mine are a potential source of commercial concentrates of zircon, rutile, ilmenite and rare earth metals. A flow-sheet for production of these concentrates has been proposed.

СОДЕРЖАНИЕ

А.Лушчевич, 1987. Извлечение тяжелых минералов из стекольных песков рудника "Осечница". Физикохимические вопросы обогащения, 19; 309-319.

В работе исследовались хвосты, образующиеся после гравитационного обогащения стекольных песков в обогатительной фабрике "Осечница". Определена концентрация тяжелых минералов, а также исследован состав тяжелой фракции. Определено, что эти хвосты содержат циркон, рутил, ильменит, монацит и ксенотим. Исследованный материал обогащен на концентрационном столе, полученный концентрат разделен магнитной и электрической сепарацией. Отмечено, что хвосты из фабрики "Осечница" могут быть источником концентратов циркона, рутила, ильменита и металлов редких земель с торговым значением. Предложена схема технологии выделения тяжелых минералов из исследованных хвостов.