

Andrzej ŁUSZCZKIEWICZ *

Wojciech GLAPA *

KONCEPCJA OTRZYMYWANIA KONCENTRATÓW MINERAŁÓW CIĘŻKICH Z PIASKÓW ŁAWIC BAŁTYCKICH

Przedstawiono koncepcję wydobywania i przeróbki piasków morskich występujących w dnie Bałtyku. Geologiczne warunki zalegania piasków charakteryzujących się podwyższoną koncentracją minerałów ciężkich stwarzają możliwości ich wydobywania. Wyniki wzbogacenia materiału pobranego z tych rejonów wskazują, że piaski z ławic bałtyckich mogą być źródłem handlowych koncentratów ilmenitu, cyrkonu, rutylu i granatów. Analiza trzech zaproponowanych wariantów systemów wydobywczo-przeróbczych oraz prognozy ekonomiczne wykazują, że najefektywniejszym jest wariant eksploatacji z wstępnym wzbogacaniem na morzu.

1. Wprowadzenie

Najważniejsze złoża cyrkonu, rutylu, ilmenitu i monacytu znajdują się w strefach przybrzeżnych mórz w postaci rozsypiskowych złóż minerałów ciężkich. Rozsypiska przybrzeżno-morskie oznaczają się dogodnymi dla eksploatacji warunkami zalegania i bardzo korzystnymi właściwościami fizycznymi dla wzbogacania [1,2].

Piaski zalegające w rejonie Bałtyku południowego również zawierają interesujące ilości minerałów ciężkich, wśród których przeważają granaty, ilmenit, cyrkon i rutyl [3,4]. W latach 1920-1960 wykonano wiele badań nad obecnością i możliwością odzysku tych minerałów z piasków plażowych. W latach następnych badania geologiczne dna Bałtyku stwierdziły obecność dużych nagromadzeń tych minerałów w rejonach przybrzeżnych pol-

* Instytut Górnictwa, Politechnika Wrocławska

skiej strefy ekonomicznej. Nagromadzenia te mogą być przedmiotem zainteresowania gospodarki narodowej zwłaszcza, że wymienione surowce są w całości importowane.

W ostatnich latach w Politechnice Wrocławskiej wykonano pionierskie opracowania dotyczące eksploatacji i odzysku minerałów ciężkich z piasków zalegających w dnie morskim w rejonie Ławicy Odrzanej i Słupskiej [5,6,7,8].

Celem tej pracy jest przedstawienie opracowanych przez nas propozycji rozwiązań wydobywania i wzbogacania piasków z dna Bałtyku wraz z pewną prognozą efektywności ekonomicznej tego przedsięwzięcia.

2. Warunki geologiczne

Rejonami potencjalnie najzasobniejszymi w okruszczowane piaski z minerałami ciężkimi w obrębie polskiej strefy ekonomicznej są Ławice Odrzana i Słupska.

Ławica Odrzana położona jest w zachodniej części Bałtyku Południowego w odległości ok. 25 km na północ od ujścia Odry. Powierzchnia szczytowa Ławicy to obszar ograniczony izobatą 10 m. W obrębie PRL znajduje się jedynie wschodnia część Ławicy o powierzchni ok. 120 km². Na tym obszarze wyróżniono cztery rejony występowania nagromadzeń minerałów ciężkich. Głównym typem osadów są piaski drobnoziarniste odznaczające się dużą jednorodnością pod względem składu ziarnowego [3]. Zawartość frakcji głównej 0,25 - 0,10 mm przekracza 80 % (max. 97,6 %). Udział frakcji poniżej 0,1 mm wynosi od 0,1 % do 45,7 %, a frakcji 1,0 - 0,25 mm od 0,7 % do 35,3 %. Zawartość frakcji powyżej 1,0 mm w piaskach drobnoziarnistych jest nie większa od 2 %. Zawartość minerałów ciężkich w piaskach Ławicy Odrzanej jest bardzo zmienna i wynosi (w % wag.) od 0,16 % do 9,5 %. Takie też zawartości występują we frakcji 0,25 - 0,10 mm, natomiast frakcje drobniejsze 0,10 - 0,06 mm zawierają od 62 % do 76 % tych minerałów. Wzbogacenie w minerały ciężkie spotykane jest tylko w warstwie przypowierzchniowej piasków drobnoziarnistych o grubości od 20 do 30 cm. Zawartość ilmenitu i magnetytu wynosi ok. 10 kg/t a cyrkonu i rutylu 1 kg/t masy całego osadu [4].

Ławica Słupska jest położona w środkowej części Bałtyku Południowego w odległości ok. 30 km na północ od Ustki, a w stosunku do linii brzegowej rozciąga się od Darłowa do Czołpina. Powierzchnia szczytowa Ławicy to obszar o powierzchni ok. 500 km², ograniczony umownie przyjętą izobatą 20 m. W jej obrębie wyróżniono dwa rejony występowania nagromadzeń minerałów ciężkich na głębokości ok. 16 m. W rejonach tych występują piaski drobnoziarniste z podwyższoną zawarto-

ścią minerałów ciężkich [4]. Są to piaski dobrze i bardzo dobrze wysortowane, zawierające frakcje poniżej 0,25 mm w ilości ponad 90 %. Udział minerałów ciężkich w piaskach Ławicy Słupskiej jest również zmienny i wynosi od 0,75 % do 44 % masy osadu, śr. 11,3 % w polu S1 i 3,6 % w polu S2. Najwyższe skoncentrowanie minerałów ciężkich występują w osadach o przeciętnej średnicy ziarn 0,19 i 0,18 mm i bardzo dobrym wysortowaniu.

Osady zawierają ponad 130 kg/t minerałów ciężkich przy zawartości ilmenitu i magnetytu 10 kg/t, zaś cyrkonu i rutylu powyżej 2 kg/t. Istotnym składnikiem w masie minerałów ciężkich stanowią granaty [4].

Szacunkowe obliczenia ilości nagromadzeń z minerałami ciężkimi (tabl. 1), bazują zgodnie z wstępnymi fazami badań geologicznych jedynie na punktowym opróbowaniu i na określaniu zasięgów pól perspektywicznych drogą interpolacji.

Tabela 1

Charakterystyka obszarów perspektywicznych (wg [4])

Ławica, symbol pola	Powierzchnia pola, km ²	Ilość piasku z m.c. 10 ⁶ t	Średnia zawartość w osadzie, kg/t			Szacunkowe ilości 10 ³ t		
			Ilmenit	Granaty	Cyrkon Rutyl Monacyt	Ilmenit	Granaty	Cyrkon Rutyl Monacyt
ODRZANA								
O1	3,5	1,8	15,0	11,5	1,6	27	21	3
O2	2,5	1,3	39,0	37,0	3,7	51	48	5
O3	4,5	2,3	42,0	22,0	3,9	97	51	9
O4	54,0	27,5	20,0	12,0	1,9	550	330	52
SŁUPSKA								
S1	2,5	1,3	42,0	32,0	3,5	54	41	4,5
S2	4,0	2,0	17,0	9,5	2,5	34	19	5

W obliczeniach przyjęto: gęstość piasku - 1,7 g/cm³,
miąższość warstwy okruszczowanej - 30 cm.

3. Opracowanie technologii wzbogacania

Podstawą do opracowania propozycji technologii przeróbki piasków ze złóż znajdujących się w obrębie obu ławic były badania wzbogacania wykonane dla prób pobranych z dna morza. W rejonie Ławicy Odrzanej (rejon O4) pobrano dwukrotnie duże próby piasku w ilości ok. 1000 t za pomocą pogłębiarki "Inż. M. BUKOWSKI", z których po refulacji na lądzie pobrano próbki o masie po ok. 0,7 t. Obie próbki do badań różniły się

zawartością frakcji minerałów ciężkich (3,0 % i 5,2 %) natomiast skład mineralno-chemiczny frakcji minerałów ciężkich w obu próbach był podobny.

W rejonie Ławicy Słupskiej pobrano również dwie próby. Jedna z nich o masie ok. 1 t była pobierana z dna przez nurka oraz czerpakiem van Veena ze statku badawczego (rejon S2). Druga natomiast próba (ok. 200 kg) pochodziła ze składowiska odpadów piaskowych otrzymywanych po wydzieleniu kruszyw dla celów budowlanych z materiału eksploatowanego z Ławicy Słupskiej i przerabianego na lądzie.

Tabela 2

Skład mineralno-chemiczny frakcji minerałów ciężkich wydzielonych w czterobromoetanie z badanych próbek piasków

Oznaczenia mineralogiczne i chemiczne, %	Próby piasku z Ławicy Odrzanej		Próby piasku z Ławicy Słupskiej	
	ŁO-1	ŁO-2	ŁS-1	ŁS-2
1. Skład mineralny:				
Ilmenit	35.3	45.2	32.0	40.0
Magnetyt (Tytanomagnetyt)	1.0	1.7	2.0	2.0
Cyrkon	3.5	6.2	8.0	9.6
Rutyl	2.2	3.3	2.8	3.7
Granaty	45.7	31.5	33.3	36.6
Inne minerały ciężkie	12.5	12.1	21.9	10.4
2. Skład chemiczny:				
TiO ₂	15.9	16.2	13.3	17.4
ZrO ₂	2.24	4.2	5.4	6.5
Fe	17.9	18.4	18.2	23.4

Próbki te zawierały odpowiednio 17 % i 2,1 % frakcji minerałów ciężkich. Skład frakcji minerałów ciężkich w tych próbach był zbliżony.

W tabeli 2 zestawiono przeciętne składy mineralno-chemiczne frakcji minerałów ciężkich wydzielonych w czterobromoetanie z próbek piasku pochodzących z obu ławic.

W tabeli 3 przedstawiono pełną charakterystykę wszystkich wziętych próbek nadawy do badań. Próby piasku poddano wstępnemu wzbogacaniu grawitacyjnemu na przemysłowym separatorze strumieniowo-zwojowym, doczyszczono na półtechnicznym stole koncentracyjnym lub wzbogacano tylko na stole koncentracyjnym. Bilans tych operacji przedstawia tabl. 4.

Otrzymane kolektywne koncentraty grawitacyjne o zawartości ponad 90 % frakcji minerałów ciężkich stanowiły nadawę do operacji rozdziału na koncentraty głównych minerałów użytecznych. Badania operacji rozdzia-

Tabela 3

Charakterystyka badanych próbek piasków morskich

	Próby piasku z Ławicy Odrzanej		Próby piasku z Ławicy Słupskiej	
	ŁO-1	ŁO-2	ŁS-	ŁS-2
1. Skład ziarnowy, mm:				
+ 1.0	-	-	15.3	1.0
-1.0 + 0.5	2.0	0.8	9.5	9.2
-0.5 + 0.2	1.9	22.0	26.2	3.3
-0.2 + 0.075	95.3	77.0	48.1	86.0
-0.075	0.8	0.2	0.9	0.5
2. Zawartość frakcji m.c.	3.0	5.2	2.2	17.0
3. Oznaczenia chemiczne:				
TiO ₂ , %	0.66	0.84	0.42	2.97
ZrO ₂ , %	0.08	0.22	0.10	0.82

Tabela 4

Bilans zawartości frakcji minerałów ciężkich we wzbogacaniu grawitacyjnym (separator strumieniowo-zwojowy + stół koncentracyjny)

Lp.	Produkt	Piasek z Ławicy Odrzanej				Piasek z Ławicy Słupskiej			
		ŁO-1		ŁO-2*		ŁS-1*		ŁS-2	
		β	ε	β	ε	β	ε	β	ε
1.	Koncentrat grawitacyjny	98.3	73.7	94.2	89.1	96.40	79.6	90.65	90.10
2.	Półprodukt	3.4	17.9	1.4	4.0	1.30	6.3	5.29	6.54
3.	Odpady	0.3	8.4	0.45	6.9	0.35	14.1	0.92	3.36
4.	Nadawa, α	3.0		5.2		2.2			17.0

* Wzbogacanie wykonano tylko na stole koncentracyjnym

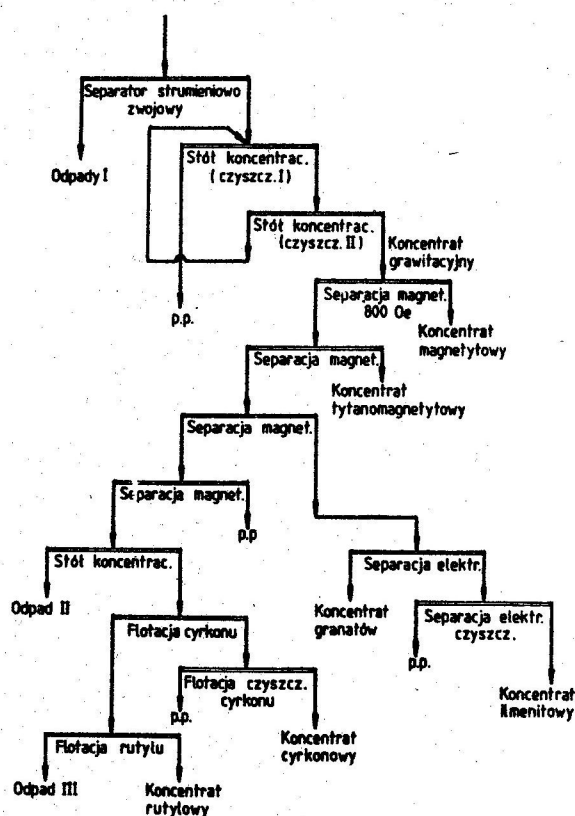
β - zawartość frakcji minerałów ciężkich, %

ε - uzysk frakcji minerałów ciężkich, %

Wychody γ, % produktów można wyliczyć na podstawie uzysków i zawartości.

ku obejmowały separację magnetyczną przy stopniowo zmienianym natężeniu pola magnetycznego od niskiego (1 kOe) do wysokiego (20 kOe). Na podstawie analiz mineralogicznych wydzielanych kolejno produktów wyznaczono trzy zakresy natężenia pola magnetycznego, które pozwoliły na wydzielenie głównych produktów: koncentratu ferromagnetycznego (magnetyt i tytanomagnetyt), półproduktu paramagnetycznego (ilmenit i granaty) oraz półproduktu nie magnetycznego (cyrkon, rutyl oraz kwarc i inne minerały ciężkie).

Półprodukt paramagnetyczny zawierający granaty i ilmenit (zbliżone



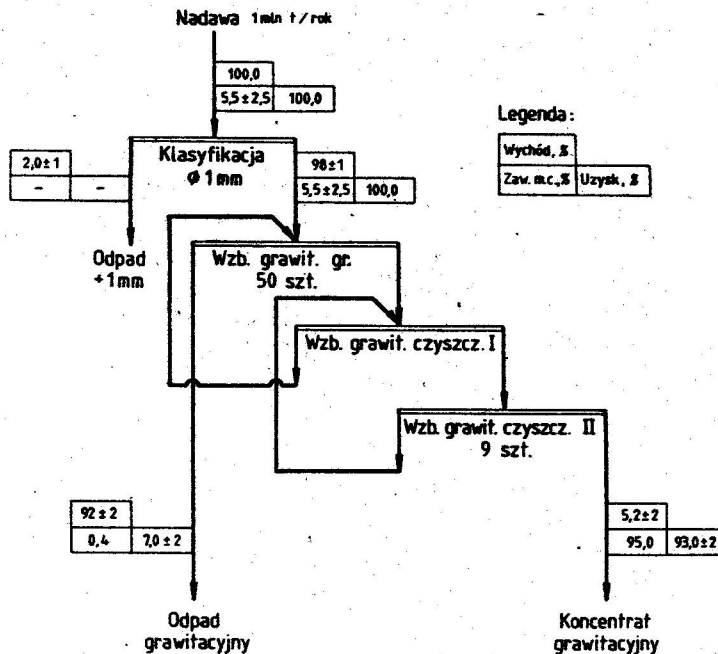
Rys. 1. Schemat wykonanych laboratoryjnych prób wzbogacania prób piasków z żawic bałtyckich

Tabela 5

Uśredniony bilans rozdziału koncentratów grawitacyjnych, pochodzących z prób ŁS-1, ŁS-2, ŁO-1, ŁO-2

Uśrednione koncentraty końcowe	Wy-chód, %	TiO ₂		ZrO ₂		Fe		Rutyl		Granaty	
		β	ε	β	ε	β	ε	β	ε	β	ε
1. Tytanomagne-gnetytowy	2.0	16.4	1.9	-	-	52.8	5.2	0.1	0.1	3.3	0.2
2. Ilmenitowy	25.1	47.9	69.5	0.1	0.6	29.9	37.3	1.0	10.4	2.7	2.1
3. Granatowy	40.4	5.2	12.1	0.9	8.6	22.6	45.4	0.5	8.4	72.2	89.2
4. Cyrkonowy	5.7	0.3	0.1	62.0	84.1	0.2	0.1	0.3	0.7	-	-
5. Rutylowy	2.0	91.4	10.5	6.0	2.9	3.2	0.3	91.4	76.2	0.5	-
6. Koncentrat grawit. uśredniony (nadawa)	100	17.3		4.2		20.1		2.4		32.7	

Podane w kolumnach wychody i uzyski bilansują się do 100% po uwzględnieniu nie zaznaczonych w tej tabeli ubogich półproduktów otrzymywanych w doświadczeniach, które wykonywano według schematów otwartych.



Rys. 2. Schemat jakościowo ilościowy operacji wzbogacania wstępnego zaproponowany dla piasków z ławic bałtyckich z podaną ilością separatorów strumieniowo-zwojowych typu SWM-1200

własności magnetyczne) rozdzielono separacją elektryczną.

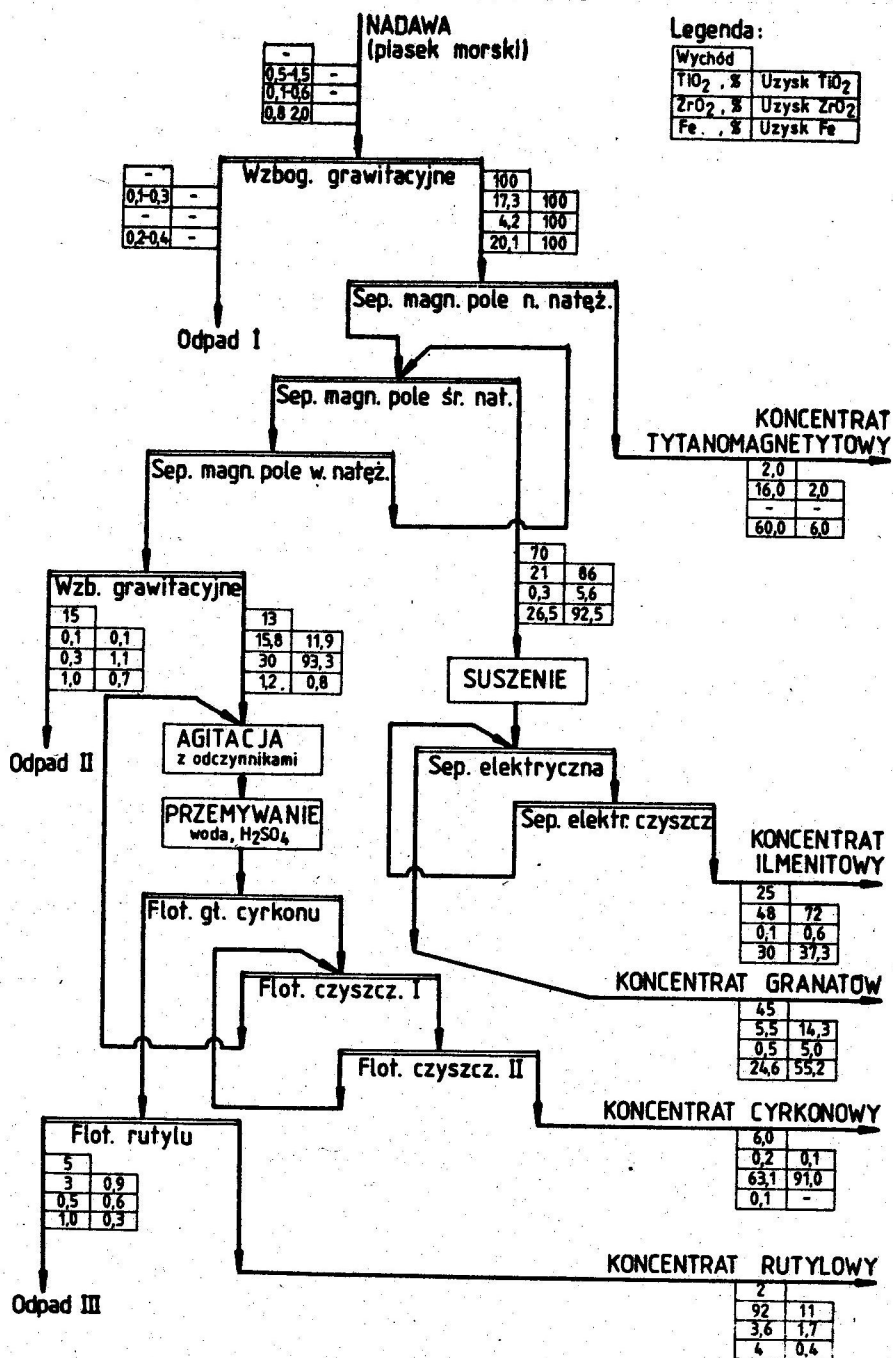
Półprodukt niemagnetyczny ze względu na dużą zawartość ziarn kwarcu poddano doczyszczaniu na stole koncentracyjnym a następnie flotacji dla wydzielenia koncentratu cyrkonowego i rutowego (rys. 1).

Uśredniony dla wszystkich czterech prób bilans operacji rozdzielu koncentratu grawitacyjnego podano w tabeli 5. Otrzymane koncentraty charakteryzowały się następującymi parametrami:

- ilmenitowy 45 ÷ 56 % TiO_2 , 17 ÷ 35 % Fe,
- cyrkonowy 61 ÷ 63 % ZrO_2 , 0,4 % TiO_2 + Fe,
- rutowy 88 ÷ 93 % TiO_2 , 0,8 - 4 % Fe,
- granatowy 68 ÷ 94 % granatów (głównie almandyn).

Koncentraty te wydzielono z wysokimi uzyskami a jakość w pełni odpowiada wymaganiom stawianym produktom handlowym.

Na podstawie otrzymanych wyników wzbogacania grawitacyjnego oraz kierując się znanymi z literatury rozwiązaniami węzła wstępnego wzbogacania piasków nadmorskich w Australii, USA i RPA zaproponowano schemat technologiczny w układzie zamkniętym. Przyjmując modułową wielkość wydobycia (1 mln t urobku na rok), zakładając użycie wzbogacalnika strumieniowo-zwojowego o wydajności 8 t/h (typu SWM-1200, ZSRR) oraz czas pracy 217 dni w roku i 12 godzin pracy na 1 dobę oszacowano, że konie-



Rys. 3. Proponowany schemat jakościowo-ilościowy technologii rozdziału koncentratu grawitacyjnego

czne jest zainstalowanie 74 wzbogacalników, przy czym; 50 sztuk dla operacji głównej, 15 sztuk dla operacji I czyszczenia i 9 sztuk dla operacji II czyszczenia.

Schemat ilościowo-jakościowy tych operacji pokazano na rys. 2.

Wyniki rozdziału koncentratów grawitacyjnych zestawione w tabeli 5 w postaci uśrednionej i skróconej jedynie do ostatecznych produktów, pozwoliły zaproponować schemat ilościowo-jakościowy technologii (rys. 3)

4. Rozwiązania eksploatacyjno-przeróbcze

Badania możliwych rozwiązań odpajania, wynoszenia nad poziom wody oraz ładunku urobku na środki transportujące do brzegu w nawiązaniu do fizycznych i geometrycznych czynników złożowych wykazały [8,9], że dla bałtyckich warunków eksploatacji odpowiednia jest pełnomorska pogłębiarka ssąca. Pogłębiarka tego typu odpaja urobek z dna za pomocą tzw. smoka wleczonego, tłocząc materiał do własnej ładowni. Teoretyczna wydajność pomp głównych jednostki wydobywczej, wynikająca z przyjętego wstępnie rocznego (moduło) wydobywania 1 mln t piasków wynosić powinna nie mniej niż 1000 m^3 zawiesiny/h. Taką wydajnością pomp głównych charakteryzują się jedynie dwie krajowe pogłębiarki pełnomorskie; "Inż. M. BUKOWSKI" i "Inż. S. ŁĘGOWSKI". Jednostki te mogą współpracować z krajowymi szalandami denno-klapowymi SM 660 S transportującymi piasek (koncentrat) do brzegu.

Rozpatrywano trzy podstawowe warianty rozwiązań. Podstawą ich tworzenia jest lokalizacja węzła przeróbki wstępnej (na jednostce wydobywczej bądź na lądzie).

W a r i a n t 1 to wykorzystanie przemieszczającej się nad złożem jednostki wydobywczo-przeróbczej. Wydobyty nad poziom wody urobek poddawany jest wzbogacaniu grawitacyjnemu na separatorach strumieniowo-zwojowych. Separatory te mogą być zainstalowane na pokładzie jednostki urabiającej lub na sprzężonej z jednostką pełnomorską barce. W ładowni jednostki lub na sprzężonej z nią barce gromadzi się jedynie koncentrat grawitacyjny (2% - 10% całości urobku). Pozostałą część nadawy, w myśl zasad kompleksowego wykorzystania złoża, zostaje odstawiona szalandami nad ląd (ochrona brzegów), bądź za pomocą pomp tłoczących jednostki przekazana jest jako odpad poza pole eksploatacyjne. W normalnych warunkach pogodowych jednostka wydobywczo-przeróbcza nie opuszcza rejonu eksploatacji. Wydzielony koncentrat transportowany jest okresowo barkami na ląd do zakładu rozdziału koncentratu grawitacyjnego.

W a r i a n t 2 polegałby na wykorzystaniu pogłębiarki nie wyposażonej dodatkowo w urządzenia wzbogacania grawitacyjnego. Całość urobku odtransportowana byłaby szalandami na ląd do stacjonarnego zakładu przeróbczego. Odpady przeróbcze (90% - 98% w całości nadawy) wykorzystane mogą być na lądzie do robót ziemnych lub odstawione szalandami w morze (ochrona brzegów).

W a r i a n t 3 to wykorzystanie pogłębiarki jako urządzenia wydobywczego i transportującego urobek do lądowego zakładu przeróbczego.

Z obliczeń technologicznych (tabl. 6) odniesionych do pola eksploatacyjnego O4 wynika, że w przypadku dysponowania jednostką wydobywczą-przeróbczą (wariant W1) należy transportować do brzegu jedynie 200 t koncentratu grawitacyjnego na dobę. Oznacza to, że jeden kurs barki do brzegu zaspokoi dwudniowe zadania jednostki wydobywczej w koncentracie. W razie transportowania odpadów na ląd (rozwiązania wg wariantu W2) należy dysponować flotyllą odpowiednio 8 i 10 szaland.

Tabela 6

Wyniki obliczeń eksploatacyjnych

W a r i a n t	Jednostka	W1	W2	W3
Zdolność wydobywcza	10^3 t/r	1000	1000	565
Wydatek pomp głównych	m^3 zaw./h	1000	1000	1000
Czasy pracy;	h/r			
- jednostki pływające		4200	4200	5160
- zakład przeróbczy		7500	7500	7500
Zadania wydobywcze;	t/d			
- koncentrat grawit.		200	-	-
- piasek (odpad)		(7000)	7200	2640
Odległość transportu;	mil m.			
- koncentrat grawit.		35	-	-
- piasek (odpad)		30	35	35
Sr. prędkość jednostki	węzły	5	5	11
Pojemność ładowni	t	1000	1000	2200
Stopień wypełnienia	%			
- koncentrat grawit.		40	-	-
- piasek (odpad)		(60)	60	60
Czas cyklu transp.	h	14,5	17,5	12
Liczba jedn. transp.	szt.			
- koncentrat grawit.		1	-	-
- piasek (odpad)		(8)	10	1

Ciąg technologiczny wydzielania koncentratu grawitacyjnego na morzu przy modułowej wielkości wydobywania 1 mln t urobku wymaga m.in. zastosowania co najmniej 74 wzbogacalników strumieniowo-zwojowych. Stąd na pogłębiarce lub na sprzężonej z nią jednostce przerobczej należy przewidzieć ok. 300 m² powierzchni dla zainstalowania w.w. urządzeń.

Budowa zlokalizowanego na lądzie, w bezpośrednim sąsiedztwie nadbrzeża zakładu rozdziału koncentratu wymaga ok. 5000 m² powierzchni. Zapewnienie ciągłości produkcji powodować będzie konieczność zapełnienia na koniec każdego sezonu eksploatacyjnego składowiska kolektywnego koncentratu o pojemności ok. 18 tys. t [10]. Obliczenia kosztów otrzymywania minerałów ciężkich wykonano dla geologiczno-górnich warunków pola O4 (tabl. 7).

Tabela 7

Wstępna prognoza kosztów otrzymywania minerałów ciężkich

W a r i a n t	Jedn.	W1	W2	W3
Zdolność wydobywcza	10 ³ t/r			
- urobek		1000	1000	565
- koncentrat grawit.		30.2	30.2	17.0
- produkt końcowy		11.4	11.4	6.4
Koszty otrzymywania	zł/t			
- koncentrat grawit		9900	14700	16000
- produkt końcowy		26400	38900	41300
Struktura kosztów	%			
- urabianie		67	45	} 80
- transport		2	33	
- przeróbka		15	11	
- prace geol.-dok.		16	11	

5. Podsumowanie

Na obecnym, wstępnym etapie rozpoznania geologicznego dna morskiego ustalono, że w polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku występują obszary z podwyższoną koncentracją minerałów ciężkich. Opracowana charakterystyka tych obszarów podająca szacunkowe ilości minerałów ciężkich (tabela 1) stała się dla autorów punktem wyjścia do rozpatrzenia pewnych koncepcji otrzymywania tych minerałów na skalę przemysłową.

Pobrane w głównych rejonach koncentracji minerałów ciężkich w obrębie Ławicy Słupskiej i Odrzańskiej próby piasku poddano badaniom przerobczym. Badania te wykazały możliwość otrzymywania wysokojakościowych

koncentratów ilmenitu, cyrkonu i rutyłu z wysokimi uzyskami tych minerałów (tabela 5). Wyniki te stały się podstawą do zaproponowania schematów technologii (rys. 2 i 3).

Biorąc pod uwagę aktualne techniczne możliwości krajowej gospodarki morskiej (dysponowanie specjalnym taborem pływającym) rozważono możliwość wydobywania urobku z dna morskiego i jego przeróbki. Rozwiązaniem najtańszym okazuje się taki wariant eksploatacji, w którym przeróbkę wstępną przeprowadza się na jednostce wydobywczej a odpady są odprowadzane do morza (tabela 7) natomiast zakład przeróbki głównej (rozdział koncentratu wstępnego) byłby zlokalizowany przy nabrzeżu portowym. Pokazane w tabeli 7 struktura kosztów pozyskiwania minerałów ciężkich wskazuje, że decydujący wpływ na ekonomiczną efektywność otrzymywania koncentratów końcowych mają koszty urabiania i transportu urobku do zakładu przerobczego na lądzie (70-80% całości kosztów).

Z porównania kosztów otrzymywania jednej tony koncentratów z odpowiednimi kosztami importu (według danych z roku 1984) wynika, że na obecnym etapie rozważań koncentraty ilmenitu, cyrkonu i rutyłu (średnio) są droższe do produktu importowanego. Wynika to głównie z przyjętego w obliczeniach pesymistycznego okruszczenia pola O4, tzn. 3%, modułowej wielkości wydobywania i stosunku wartości złotówki do dolara amerykańskiego w roku 1984.

W zakończeniu należy podkreślić, że przeprowadzone badania dostarczyły szeregu informacji koniecznych do programowania dalszych eksperymentów i prac studialnych oraz następnych koniecznych faz rozpoznania geologicznego a także projektowania eksploatacji i przeróbki.

6. Wnioski

1. Obecny, wstępny etap rozpoznania geologicznego dna Bałtyku oszacowane ilości minerałów ciężkich w niektórych rejonach Ławicy Słupskiej i Odrzanej, techniczne możliwości krajowej gospodarki morskiej uzasadniają celowość prowadzenia prac zmierzających do wykorzystania kopalin znajdujących się w granicach polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku.
2. Badania przerobcze materiału pobranego z Ławicy Słupskiej i Odrzanej dowiodły, że przy pomocy znanych metod i urządzeń możliwe jest otrzymywanie z dobrą skutecznością wysokojakościowych koncentratów ilmenitu, cyrkonu i rutyłu odpowiadających produktom importowanym przez nasz kraj. Wyniki badań wielkolaboratoryjnych pozwoliły zaproponować technologię przeróbki piasków.
3. Najkorzystniejszym ekonomicznie rozwiązaniem pozyskiwania minerałów

ciężkich okazał się wariant z zastosowaniem jednostki wydobywczej, ze zlokalizowaną na pokładzie przeróbką wstępną i transportem koncentratu grawitacyjnego do zakładu wzbogacania znajdującego się na lądzie.

4. Decydujący wpływ na efektywność ekonomiczną proponowanych rozwiązań wywierają koszty urabiania i transportu urobku na ląd. Wynika to z tradycyjnie wysokich kosztów eksploatacji jednostek morskich.
5. Koszty pozyskiwania minerałów ciężkich ze złóż bałtyckich na obecnym etapie badań, dla przyjętych w rozważaniach warunków są wyższe od kosztów importu tych minerałów. Koszty samej przeróbki kopalin stanowią jedynie 10-15 % całości kosztów i są porównywalne z kosztami przeróbki innych przerabianych w kraju surowców.
6. Rezultaty dotychczasowych badań należy uznać za obiecujące. Niezbędne są jednak dalsze eksperymenty i badania szczególnie dokumentacyjno-geologiczne. Pozwolą one określić zasoby kopaliny w złożu i uściślić obliczenia ekonomiczne.

Literatura

- [1] Baker G., Detrital heavy minerals in natural accumulates, Australas. Inst. Mining Metall., Melbourne 1962.
- [2] Łuszczkiewicz A., Technologiczna ocena możliwości wzbogacania piasków morskich Bałtyku., Prace Nauk. Inst. Chemii Nieorg. Metal. Pierw. Rzadkich Politech. Wrocław. nr 51, 1984, 107-116.
- [3] Wajda W., Koncentracja minerałów ciężkich w polskiej strefie konwencyjnej Bałtyku ze szczególnym uwzględnieniem rejonu Ławicy Odrzanej. Prace Nauk. Inst. Chemii Nieorg. Met. Pierw. Rzadkich Politech. Wrocław. Nr 51, 1984, 87-104.
- [4] Kotliński R., Masłowska M., Perspektywy występowania podmorskich złóż surowców okruchowych w polskiej strefie ekonomicznej Bałtyku., Mat. CVII Sesji Nauk. Inst. Geologicznego, Gdańsk 1984, 106-127.
- [5] Łuszczkiewicz A., Piaski morskie południowego Bałtyku jako źródło ilmenitu i cyrkonu., Mat. XVI Krakowskiej Konf. Nauk. Tech. Przeróbki Kop. AGH, Kraków 1982, 21-27.
- [6] Łuszczkiewicz A., Próby wydzielania koncentratów ilmenitu i cyrkonu z piasków morskich pd. Bałtyku., Fizykochem. Probl. Mineralurgii, 15, 1983, 55-63.
- [7] Łuszczkiewicz, A., Flotacja cyrkonu z półproduktów wzbogacania piasków., Fizykochem. Probl. Mineralurgii, 16, 1984, 63-70.
- [8] Głapa W., Technologiczne możliwości eksploatacji kopalin w Ławicy Odrzanej i Słupskiej. Raport I-11/S-5/84, Inst. Górnictwa Politech.

Wrocław. 1984.

- [9] Glapa W., Maszyny i technologie do eksploatacji morskich złóż przbrzeżnych., Prace Nauk. Inst. Chemii Nieorg. Met. Pierw. Rzadkich Politech. Wrocławskiej. Nr 51, 1984, 117-124.
- [10] Konaszyńska Z., Studium techniczno-ekonomiczne opłacalności odzysku minerałów ciężkich z piasków morskich., Projekt Nr 3155.0 - 52.0, ZBiFM "CUPRUM", Wrocław 1984.

ABSTRACT

Łuszczkiewicz A., Glapa W., 1985. A conception of recovering heavy minerals from subaqueous sand deposits of the Baltic Sea banks. Physicochem. Probl. Miner. Process., 17; 205-218, (polish text).

A general conception of mining and upgrading containing heavy minerals sands deposited on the bed of the Baltic Sea in the Polish conventional zone is presented. The geological conditions of the sand deposition areas with a commercial concentration of heavy minerals point out the possibilities of their mining. The results of preconcentration and separation tests on the raw materials from these areas indicate that sand from the Baltic Sea banks may become a source of commercial ilmenite, zircon, rutile and garnet concentrates. The analysis of the three alternatives of dredging - preconcentration systems and their economic evaluation has shown that the most effective variant is that of mining with preconcentration carried out at the sea.

СОДЕРЖАНИЕ

Лущкевич А., Глапа В., 1985. Концепция получения концентратов тяжелых минералов из песков Лавиц Балтийских. Физико-химические вопросы обогащения, 17; 205-218.

Представлена концепция добычи и обогащения морских песков, выступающих в дне Балтийского моря. Геологические условия залегания песков в районах, характеризующихся повышенной концентрацией тяжелых минералов, дают возможность их добычи. Результаты обогащения материала, взятого из этих районов показывают, что пески из Лавиц Балтийских могут являться источником торговых концентратов ильменита, циркония, рутила и гранатов. Анализ трех предложенных вариантов добычно-переработочных систем, а также экономические прогнозы показывают, что наиболее эффективным является вариант эксплуатации со вступительным обогащением в море.