

Zygfryd LUPA, Jerzy ISKRA
Politechnika Śląska, Gliwice

WZBOGACANIE FOSFORYTÓW Z REJONU SAFAGA (EGIPT)

Streszczenie. Producenci superfosfatu, ale również i inni odbiorcy fosforytów, żądają produktów o wysokiej zawartości P_2O_5 . Większość występujących w przyrodzie złóż fosforytów, to złoża średniej klasy lub wręcz ubogie i warunkiem ich eksploatacji jest wzbogacenie.

Od lat sześćdziesiątych Polska, a w związku z tym również Katedra Przeróbki Politechniki Śląskiej, uczestniczy w pracach badawczych dotyczących przeróbki fosforytów z Bliskiego Wschodu i Afryki Północnej [1, 2, 3].

Procesy przerobcze dla fosforytów to: selektywne kruszenie, rozmywanie, flotacja, elektrostatyczne wzbogacanie oraz kalcynacja [4, 5, 6]. Trzy ostatnie procesy, jako znacznie droższe, nieraz eliminowane są z procesów badawczych. Przedstawiony artykuł jest efektem pracy nad określonym tanim sposobem przeróbki wykorzystującym tylko selektywne kruszenie i rozmywanie w procesie wzbogacania.

CONCENTRATION OF PHOSPHATE FROM SAFAGA REGION (EGYPT)

Summary. The phosphates of Safaga Region in Egypt are of non-homogenous character. Besides the non-coherent phosphates with calcareous binding. There are coherent phosphates with silicone binding concentration of this kind of phosphates is a complex process asking for the separate treatment of both kinds of rock. The accepted scheme of concentration consists of selective crushing classification, washing out and clay separation. From the feed of the contents P_2O_5 the commercial produkt of P_2O_5 content above 30% has been successfully received (obtained) but at low recovery (...). The examined phosphates are difficult to concentrate and the increase of recovery takes place only on the way of more complex concentration process.

Charakterystyka materiału

Do badań przekazano próbę ok. 50 kg fosforytów w uziarnieniu 0 – 120 mm . Próba, której skład ziarnowy przedstawiono w tabl. 1, ma luźną teksturę; jest barwy ciemnobezowozółtej do szaro-jasnobezowej. Wyróżnić w niej można dwie zasadnicze odmiany:

- bardzo krucha o spoiwie węglanowo - ilastym,
- zwięzła o spoiwie chalcedonowo - węglanowym.

Występowanie dwóch różnych zwięzłości odmian fosforytów różniących się również zabarwieniem (chalcedonowo-węglanowe są szaro-beżowe) uwarunkowało program prowadzenia badań, w którym zasadniczą uwagę zwrócono na możliwość zastosowania selektywnego rozdrobnienia, a następnie usunięcia lepiszcza. W badaniach nie uwzględniono procesu kalcynacji.

Makroskopowo-mikroskopowy przegląd uziarnienia występujących składników skały wskazuje na występowanie ziarn minerałów fosforanowych o wielkości od 0,2 do 1,0 mm, zaś wielkości ziarn towarzyszących (lepiszcze, kwarc, kalcyt, gipsy) mieszczą się w granicach 0,0 - 0,3 mm.

Tabela 1

Skład ziarnowy nadawy

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód wagowy (%)	Zawartość P ₂ O ₅ (%)
120 – 20	27,36	
20 – 10	7,55	
10 – 2,5	14,42	
2,5 – 1,2	6,97	23,98
1,2 – 1,0	3,79	
1,0 – 0,50	8,59	
0,50 – 0,30	4,51	
0,30 – 0,20	2,77	
0,20 – 0,102	16,47	
- 0,102	7,57	
120 – 0,0	100,0	średnio 23,48

Uwaga

1. W uziarnieniu +10 mm wyraźnie występują dwa rodzaje skały:
 - słabo zwięzła – krucha,
 - mocno zwięzła.
2. Obserwacja mikroskopowa – większość ziarn jednolitych tak fosforanów, jak innych domieszek występuje w ziarnach 0,3 – 1,0 mm . Bezpieczną granicą kruszenia może być wielkość powyżej 2 mm .

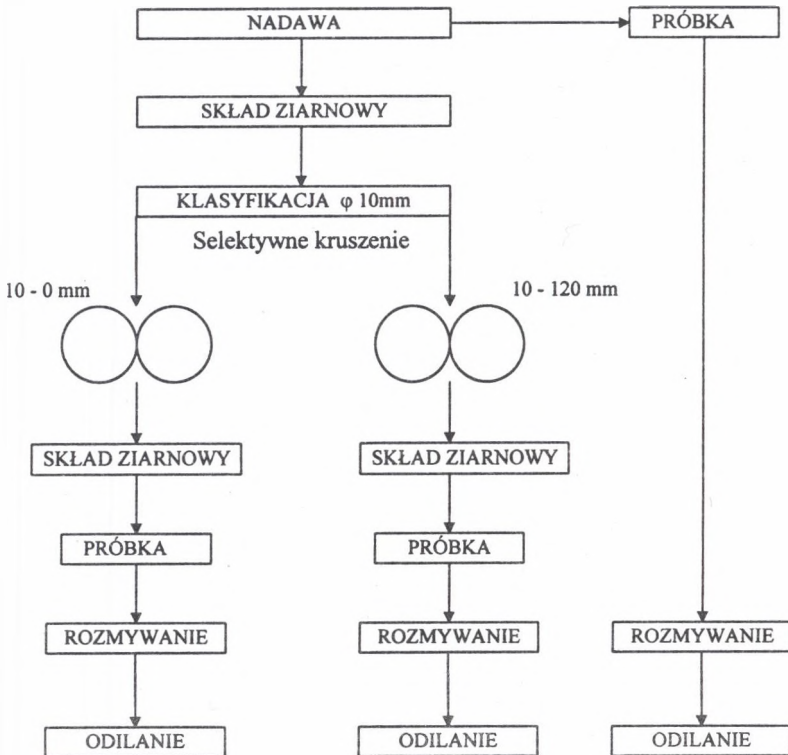
Odmiana zwięzła o lepszemu chalcedonowo - węglanowym jest struktury drobno krystalicznej do bezpostaciowej. Odmiana ta stanowi ziarna wielkości do 50 mm wbudowane w odmianę luźną tworząc zlepienie do 120 mm .

Program badań

Po wykonaniu składu ziarnowego próbę podzielono na dwie grupy ziarn:

- 0 – 10 mm - bardzo kruchą
- 10 – 120 mm - zwięzłą

Dla obu grup ziarn przeprowadzono badania selektywnego kruszenia i rozmywania wg schematu zamieszczonego na rys. 1.



Rys.1. Schemat badań próby fosforytów
Fig.1. Phosphate sample examination flow sheet

Selektywne kruszenie przeprowadzono na kruszarce walcowej z bębniem stalowym i drugim bębniem ogumowanym gumą o twardości 65 stopni Schöra przy docisku walców 0,3 MPa (średnica bębniów 300 mm, długość 400 mm). Próby rozmywania przeprowadzono w rozmywalniku wirnikowym WEMCO przy 2000 obr/min w czasie 10 min.

Po procesie kruszenia, jak również rozmywania, przeprowadzono analizy sitowe oraz analizę chemiczną. Wyniki zamieszczono w odpowiednich tablicach (2, 3, 4, 5 i 6).

Wyniki badań i omówienie

Badana próba fosforytów jest bardzo podatna na proces selektywnego kruszenia. Wyniki selektywnego kruszenia klasy 10 – 0 mm w postaci składu ziarnowego przedstawiono w tabl. 2, zaś w tabl. 3 zamieszczono wyniki selektywnego kruszenia 120 – 10 mm. Rezultatem

Tabela 2

Skład ziarnowy klasy 10 – 0 mm
po selektywnym kruszeniu

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód wagowy (%)
+2,5	5,43
2,5 – 1,2	10,83
1,2 – 1,0	6,08
1,0 – 0,50	14,03
0,50 – 0,30	9,38
0,30 – 0,20	5,04
0,20 – 0,102	32,03
- 0,102	17,18
10,0 – 0,0	100,0

Tabela 3

Skład ziarnowy klasy 120 – 10 mm
po selektywnym kruszeniu

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód wagowy (%)
20,0 – 2,5	29,04
2,5 – 1,2	14,38
1,2 – 1,0	6,74
1,0 – 0,50	13,95
0,50 – 0,30	6,19
0,30 – 0,20	3,63
0,20 – 0,102	15,25
-0,102	10,82
10,0 – 0,0	100,0

Tabela 4

Skład ziarnowy próbki z tabl. 2 po rozmywaniu

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód wagowy (%)	Zawartość P ₂ O ₅ (%)	Uzysk (%)
+2,5	4,64	25,0	4,87
2,5 - 1,2	7,90	27,92	9,22
1,2 - 1,0	5,45	29,80	6,80
1,0 - 0,50	15,09	29,81	18,84
0,50 - 0,30	8,56	32,23	11,53
0,30 - 0,20	4,63	24,86	4,82
0,20 - 0,102	30,40	22,13	28,18
- 0,102	23,33	16,80	15,73
10,0 - 0,0	100,0	23,48	100,0

Tabela 5

Skład ziarnowy próbki z tabl. 3 po rozmywaniu

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód wagowy (%)	Zawartość P ₂ O ₅ (%)	Uzysk (%)
2,5 - 1,2	14,71	24,90	16,18
1,2 - 1,0	8,19	25,13	9,06
1,0 - 0,50	18,34	25,47	20,65
0,50 - 0,30	8,19	25,35	9,16
0,30 - 0,20	4,22	25,81	4,78
0,20 - 0,102	23,17	22,45	22,98
-0,102	23,18	16,80	17,19
10,0 - 0,0	100,0	22,62	100,0

Uwaga. Do rozmywania usunięto z próbki ziarna bardzo zwięzłe o wielkości powyżej 2,5 mm.

Tabela 6

Skład ziarnowy nadawy po rozmywaniu

Klasa ziarnowa (mm)	Wychód wagowy (%)	Zawartość P ₂ O ₅ (%)
+2,5	2,81	Średnio: 24,80
2,5 - 1,2	15,45	
1,2 - 1,0	14,51	
1,0 - 0,50	19,21	
0,50 - 0,30	5,84	
0,30 - 0,20	2,79	
0,20 - 0,102	20,69	
- 0,102	18,70	17,30
120 - 0,0	100,0	Średnio: 23,48

kruszenia odmiany słabo zwięzłej (klasa 10 - 0 mm, tabl.2) jest prawie całkowite rozluźwanie ziarn składników. W przypadku odmiany zwięzłej następuje selektywny rozdział grub-

szych ziarn o lepszemu chalcedonowym i zachowanie ich w klasie 2,5 – 20 mm (tabl. 3, -29% udziału). Ziarna te powinny być wydzielone i skierowane w inny system przeróbki. W klasach drobniejszych tej odmiany znajdujemy, podobnie jak w przypadku poprzednim, rozluźwane wolne ziarna składników skały (konkrecje fosforytowe, lepiszcze ilaste i węglanowe, kalcyty, kwarcy, gipsy). Po procesie selektywnego kruszenia badany materiał jest dobrze przygotowany do procesu rozdziału (wzbogacania). Obserwacje mikroskopowe wybranych klas ziarnowych produktów wskazują na trafny dobór maszyny i procesu kruszenia. W procesie tym nastąpiło zupełne rozluźowanie poszczególnych składników skały oraz wyraźne wyodrębnienie lepiszcza i składników płonnych w najdrobniejszych klasach ziarnowych. Obserwuje się koncentrację konkrecji fosforytowych w uziarnieniach 0,3–0,5 i 0,5–1,0 mm; grubsze uziarnienia pozostają zlepioncami. Typowym procesem w technologii przeróbki fosforytów, w którym następuje wyraźny wzrost zawartości P_2O_5 , jest klasyfikacja poprzedzona procesem rozmywania. Proces rozmywania powoduje wzajemne oczyszczanie ziarn poprzez procesy tarcia oraz wypłukiwanie niektórych składników ze spękań, szczelin i innych przestrzeni między ziarnowych. Po procesie rozmywania obserwujemy grupowanie się uboższych w P_2O_5 składników w klasach najdrobniejszych.

Zamieszczone w tabl. 4, 5 i 6 wyniki rozmywania wskazują na gwałtowny wzrost udziału najdrobniejszych ziarn, i tak:

- selektywnie kruszona i rozmywana klasa 10 – 0 mm (tabl. 4), wzrost udziału klasy 0,102 – 0,0 mm z 17,18 do 23,33%;

- selektywnie kruszona i rozmywana klasa 120 – 10mm (tabl. 5), wzrost udziału klasy 0,102 – 0,0 mm z 15,25 do 23,18%;

rozmywana surowa nadawa (tabl. 6), wzrost udziału klasy 0,102 – 0,0 mm z 7,57 do 20%.

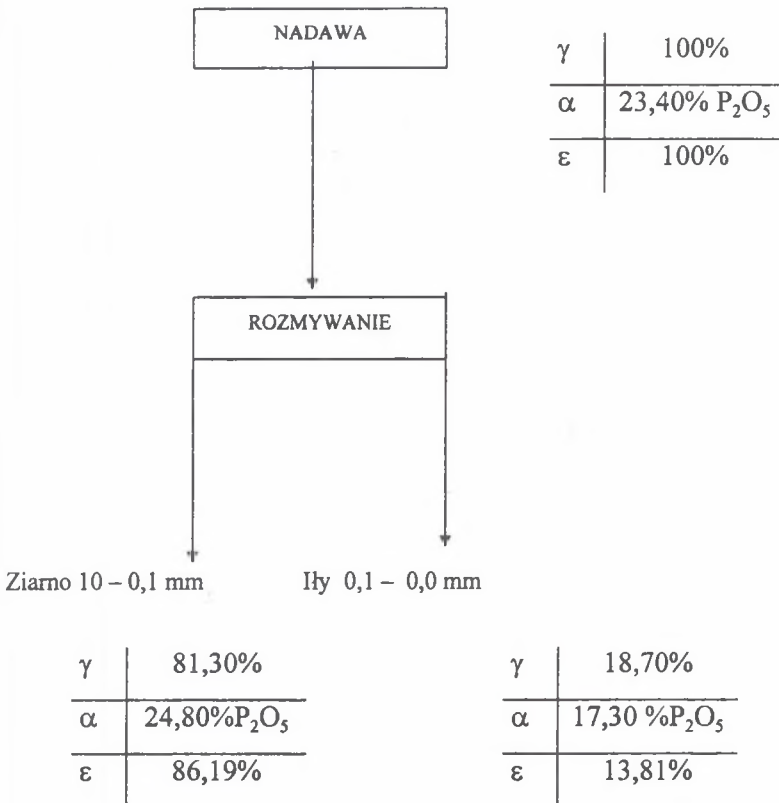
Zauważyć należy, że znaczniejszy przyrost (ok. 2%) drobnego uziarnienia w procesie rozmywania uzyskujemy dla odmiany zwięzłej. W różny również sposób następuje wzrost zawartości P_2O_5 , po procesie rozmywania.

Dla próby kruchej, słabo zwięzłej (tabl. 4) w klasach 0,3 – 1,2 mm uzyskano wyraźne dobre wzbogacenie po procesie rozmywania. Koncentraty zawierają 30–32% P_2O_5 , przy jednokowo niskim uzysku rzędu 37%. Wzrost uzysku możliwy jest poprzez rozszerzanie pozyskiwanych klas ziarnowych i tak, doprowadzając do wydzielenia koncentratów w klasach 2,5 – 0,2 mm, otrzymamy wychód ok. 53,69% przy zawartości 27,58% P_2O_5 , i uzysku 63,29% P_2O_5 (schemat wg modelu 3).

Nieco gorsze wyniki uzyskano dla rozmywania próby 120 – 10 mm po selektywnym kruszeniu. W klasach ziarnowych 0,3 – 1,2 mm zawartość P_2O_5 waha się w granicach 25 – 26%. Selektywne kruszenie klasy 120 – 10 mm prowadzi do wyraźnego wyodrębnienia zwięzłej frakcji "chalcedonowej" pozostawiając ją w uziarnieniu 2,5 mm (30% udziału wagowego). Pozostałe niższe klasy są zbliżone do części próby słabo zwięzłej.

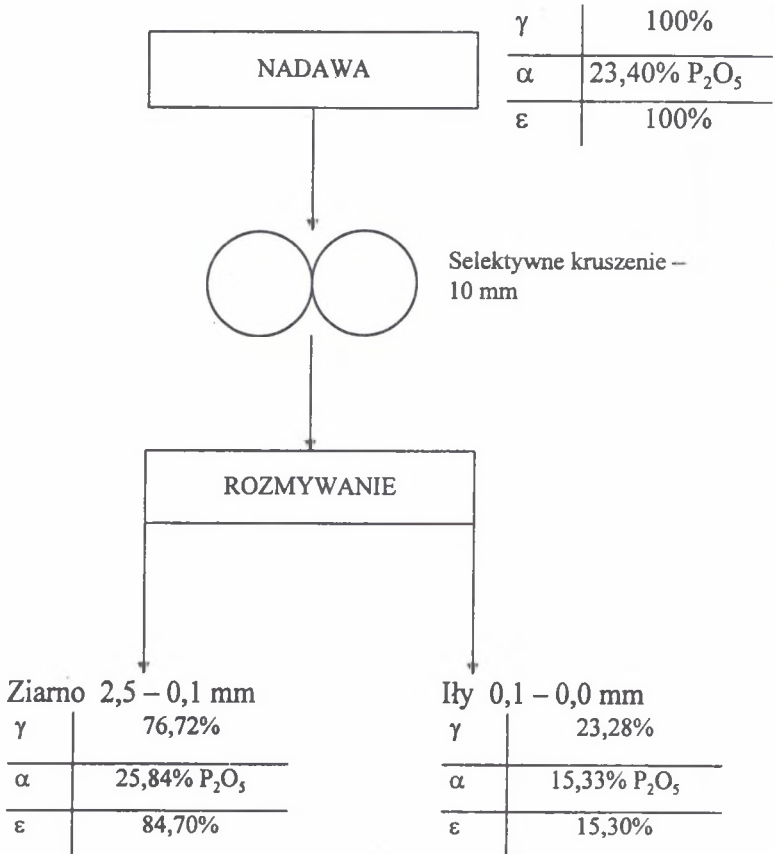
Dla obu przypadków przeprowadzono próby rozmywania. Ponadto rozmywaniu poddano również nadawę surową. Wyniki zamieszczono w odpowiednich tabelach 4, 5 i 6.

W przypadku próby kruchej słabo zwięzłej (tabl. 4) w klasie 0,3 – 1,2 mm uzyskano wyraźne wzbogacenie po procesie rozmywania. Koncentraty zawierają 30 – 32% P_2O_5 . Nieco gorsze wyniki uzyskano dla rozmywania próby 10 – 120 mm po selektywnym kruszeniu. W odpowiednich klasach ziarnowych zawartości P_2O_5 mieszczą się w zakresie 25 – 26%.



Rys. 2. Model 1. Rozmywanie surowej nadawy
Fig 2. Model 1. Raw material washing-out

W tym modelu technologicznym uzyskujemy wychód produktu ziarnowego na poziomie 81,3%, niewielki wzrost zawartości P_2O_5 , do 24,80%. W frakcji iłowej drobnoziarnistej tracimy prawie 14% całkowitej ilości fosforytów. Frakcja ta przy wychodzie 18,70% zawiera 17,30% P_2O_5 .



Rys. 3. Model 2. Rozmywanie po uprzednim selektywnym kruszeniu i odileniu (-0,1mm)
 Fig. 3. Model 2. Washing-out after previous selective crushing and fines removal (-0,1 mm)

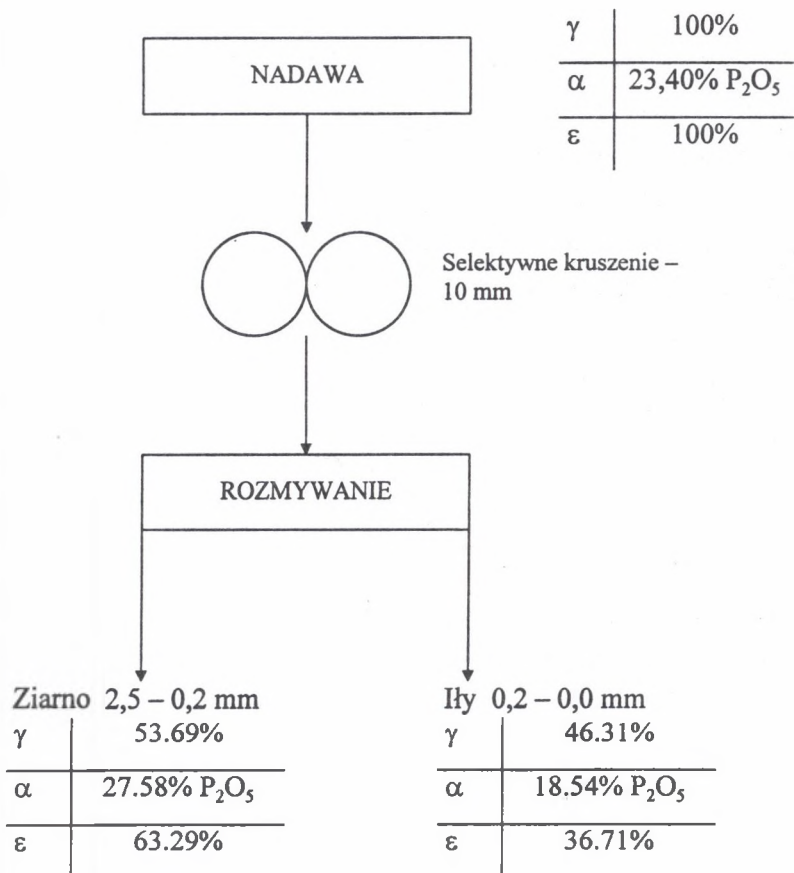
Analiza wyników selektywnego kruszenia i rozmywania skłania do przedstawienia trzech zasadniczych modeli technologicznych. Dla każdego z modeli przeprowadzono obliczenia orientacyjnych produktów i ich bilans, przyjmując następujące oznaczenia:

wychód wagowy produktu [%]		γ	
zawartość P_2O_5 [%]		α	
uzysk P_2O_5 [%]		ϵ	

W zależności od zastosowanego modelu przeróbki możliwe są do uzyskania efekty technologiczne zamieszczone na rysunkach 2, 3, 4.

Poddając fosforyty selektywnemu kruszeniu, a następnie rozmywaniu i klasyfikacji przy wielkości 0,102 mm uzyskamy następujące produkty:

- produkt ziarnowy (koncentrat) w klasie 2,5 – 0,1 mm o wychodzie 76,72%, zawartości P_2O_5 25,84% i uzysku 84,70%,
- produkt ilasty (odpady) w klasie 0,1 – 0,0 mm o wychodzie 23,28%, zawartości P_2O_5 15,33% i stracie P_2O_5 15,30%.



Rys. 4. Model 3. Rozmywanie po uprzednim selektywnym kruszeniu i odileniu (0,2mm)
 Fig. 4. Model 3. Washing-out after previous selective crushing and fines removal (0,2mm)

Przeprowadzenie procesu selektywnego kruszenia i rozmywania jak dla modelu 2 przy zwiększonym ziarnie klasyfikacyjnym powoduje wzrost zawartości P_2O_5 w koncentracie do 25,58% i obniżeniu uzysku do 63,29%.

Wydzielone drobnoziarniste odpady 0,2 – 0,0 mm przy wychodzie 46,31% zawierają 18,54% P_2O_5 , a strata P_2O_5 wynosi 36,71%.

Wnioski

Przeprowadzone wstępne badania próby fosforytów wskazują, że z nadawy o zawartości ok. 23% otrzymać można koncentraty 29 – 32%, jednakże przy uzysku rzędu 37%. Selekttywne kruszenie i rozmywanie, a następnie odilanie daje koncentraty ok. 26% P_2O_5 (uzysk 85%) lub 27,5 % P_2O_5 (uzysk 63%). Ze względu na ograniczony zakres badań nie zaproponowano innych, bardziej złożonych metod wzbogacania. Ocena możliwości zwiększenia zawartości P_2O_5 oraz uzysku wymagałoby rozszerzenia i uzupełnienia badań.

LITERATURA

1. Zbiór materiałów dotyczących wzbogacania fosforytów. Sprawozdanie. Bipropok, Chorzów 1965.
2. Kompleksowe badania wzbogalności fosforytów ze złoża Akaskat w Iraku. Sprawozdanie, Katedra Przeróbki, Politechnika Śląska, Gliwice 1969.
3. Badania laboratoryjne nad wzbogalnością fosforytów ze złoża El Mahamud-ZRA. Sprawozdanie, Katedra Przeróbki, Politechnika Śląska, Gliwice 1970.
4. Hoffman I., Mariacher B.C.: Min. Eng. S. M. Eng., May 1961.
5. Sun S.C., Snow R. E., Purcell, V. J.: Trans A. I. M. E., 208, 1957.
6. Hughes C. V. O.: Min. Eng. Jan, 1956.

Abstract

The phosphates of Safaga are difficult to separate. The reason for it is that the phosphates exist in two forms: with silicon binder and the calcareous one. Separation by selective crushing, washing out and desludging allows to achieve commercial concentrate of 30% P_2O_5 and recovery of 30%.