

# Flotacja łupka miedzionośnego w obecności wybranych środków spożywczych

Kamila Chociaj, Tomasz Ratajczak

Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii,  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tomasz.ratajczak@pwr.edu.pl

---

## Streszczenie

W pracy badano flotację łupka miedzionośnego B w obecności cukru, mleka oraz produktu przemysłu piwowarskiego, będącym związkami alkoholu etylowego, chmielu i słodu (ECS). Dodatkowo, dla porównania wyników badań przeprowadzono flotację łupka w wodzie oraz roztworze wodnym spieniacza MIBC. W wyniku eksperymentów stwierdzono, że lupek najlepiej flotuje w roztworze ECS osiągając maksymalny wychód ( $\gamma_{\max}$ ) 79,6% przy wysokości piany 40 mm. Nieco gorszą flotację łupka obserwowano dla MIBC ( $\gamma_{\max}=69,2\%$ ) i cukru ( $\gamma_{\max}=62\%$ ) oraz w układzie MIBC:mleko w stosunku objętościowym 2:1 na poziomie wychodu 43%. W wodzie uzyskano maksymalny wychód łupka na poziomie 32,6%.

---

## Wprowadzenie

Łupki miedzionośne występujące w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (LGOM) są także nazywane „Kupferschiefer” (Vaughan i inni, 1989). Głównymi nośnikami miedzi w złożu są chalkozyn, bornit, chalkopiryt, digenit i kowelin (Kucha, 2007). W składzie chemicznym Kupferschiefer przeważa krzemionka oraz CaO, MgO i CO<sub>2</sub>, Zn, Pb oraz S. Zawartość miedzi w łupkach smolących w stosunku do dolomitycznych jest wyższa i wynosi ona 4-21% (Bakalarz, 2014). Kupferschiefer posiada gęstość od 2,38-2,66 g/cm<sup>3</sup>. Jego gęstość zależna jest od miejsca występowania (Cependa i inni, 2014). Łupki miedzionośne z rejonu LGOM są naturalnie hydrofobowe, ale nie flotują w czystej wodzie (Drzymała, 2014).

Flotację łupka miedzionośnego prowadzi się głównie w spieniaczach. Przetestowano już wiele związków nieorganicznych i organicznych (Ratajczak, 2017) oraz biologicznych takich jak białko kurze i drożdże (Janikowska i inni, 2017). Największy wychód i uzysk osiągnięto we flotacji z zastosowaniem białka kurzego. Natomiast najniższy uzysk otrzymano dla biosurfaktantu drożdżowego.

W tej pracy badano flotację łupka miedzionośnego B w roztworze cukru, produkcji przemysłu piwowarskiego, będącym związkami alkoholu etylowego, chmielu i słodu (ECS) oraz w układzie mleko-MIBC. Dla porównania otrzymanych wyników badań, wykonano wzorcowe testy flotacji łupka w wodzie oraz w MIBC. W czasie flotacji obserwowano i mierzono wysokość piany flotacyjnej.

## Metodyka badań

W pracy badano lupek miedzionośny typu B z rejonu LGOM o zawartości miedzi i węgla organicznego, wynoszącej odpowiednio 2,95% i 7,25%.

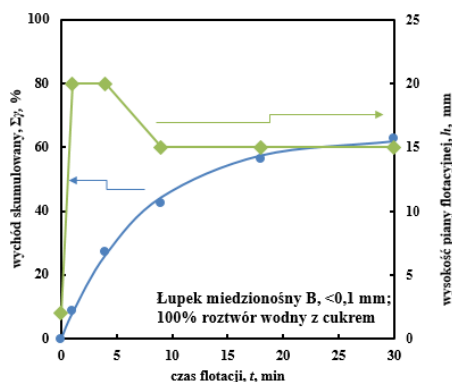
Do flotacji używano naważki 30 g łupka o uziarnieniu -0.1mm. Badania prowadzono w maszynie flotacyjnej typu „Mechanobr” o pojemności celki 0,3 dm<sup>3</sup>, przy prędkości wirnika

2368 obrotów/minutę i stałym przepływie powietrza 30-40 dm<sup>3</sup>/h. Wraz z pierwszym zgarnięciem piany rozpoczęto pomiar czasu flotacji. Koncentraty zbierano w czasie 1; 3; 5; 9 i 12 minuty. Wszystkie produkty flotacji przepłukano na lejku Büchnera wodą destylowaną i suszono je w temperaturze 105°C przez 24 godziny. Po wysuszeniu materiał zważono i określono wycходы produktów flotacji.

## Wyniki i dyskusja badań

### a) Flotacja łupka B w roztworze cukru

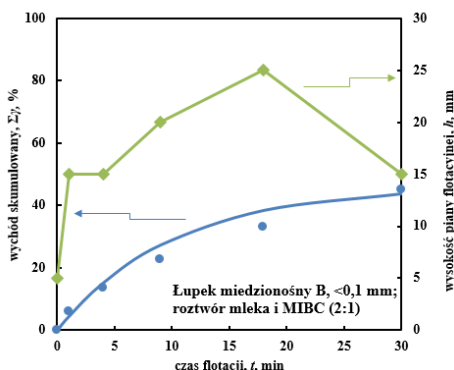
Flotację łupka B prowadzono w 17% roztworze cukru (200g cukru rozpuszczono w 1 dm<sup>3</sup> wody wodociągowej). Wyniki badań przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Kinetyka flotacji (I-rzędu) łupka miedzionośnego typu B w obecności 17% wodnego roztworu cukru ( $\gamma_{\max}=63\%$ ;  $k=0,135\text{ min}^{-1}$ ). Dodatkowo wykres przedstawia wysokość piany ( $h$ ) w czasie flotacji ( $t$ )

### b) Flotacja łupka B w roztworze mleka i MIBC

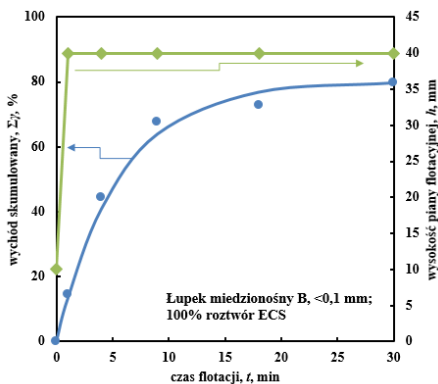
Flotację łupka B prowadzono w roztworze mleka i MIBC w stosunku objętościowym odpowiednio 2:1. Wyniki flotacji pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Kinetyka flotacji (I-rzędu) łupka miedzionośnego typu B w mieszaninie mleka i MIBC (2:1) ( $\gamma_{\max}=46\%$ ;  $k=0,1\text{ min}^{-1}$ ). Dodatkowo wykres przedstawia wysokość piany ( $h$ ) w czasie flotacji ( $t$ )

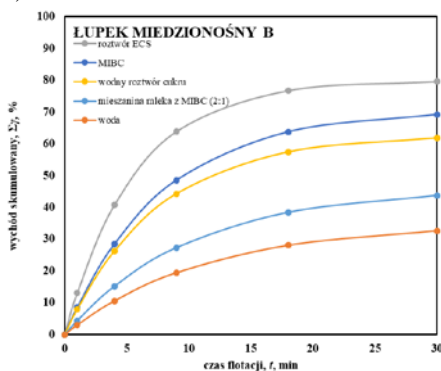
### c) Flotacja łupka w produkcie przemysłu piwowarskiego

Badania prowadzono w 100% produkcie przemysłu piwowarskiego. Wyniki przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Kinetyka flotacji (I-rzędu) łupka miedzionośnego typu B w obecności 100% roztworu ECS ( $\gamma_{\max}=80\%$ ;  $k=0,178\text{ min}^{-1}$ ). Dodatkowo wykres przedstawia wysokość piany (h) w czasie flotacji (t)

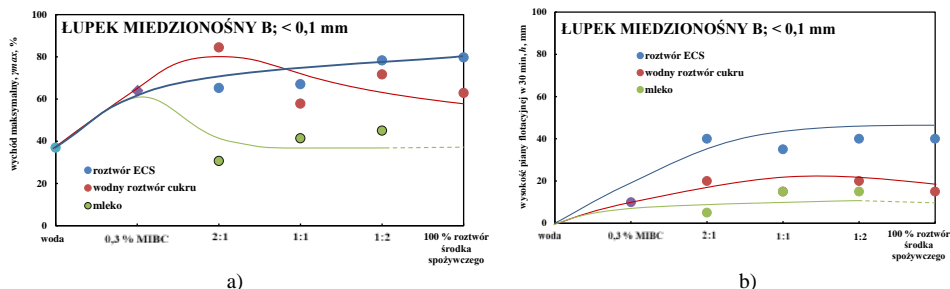
Na rys. 4. zestawiono wyniki z rys. 3. dodatkowo pokazano wyniki flotacji łupka B w wodzie oraz MIBC. Jak wynika z rys. 4. najlepszym spieniaczem okazał się roztwór ECS, zapewniając wychód łupka na poziomie 80%. Na wyniki flotacji miały wpływ właściwości chemiczne słodu oraz chmielu. Słód, w którego skład wchodzi białka, melanoidy, polifenole, lipidy oraz węglowodany powoduje pienienie roztworu. Natomiast chmiel jest odpowiedzialny za stabilność piany flotacyjnej. W wyniku czego maksymalny skumulowany wychód łupka B wyniósł prawie 80% (rys. 4).



Rys. 4. Kinetyka flotacji (I-rzędu) łupka miedzionośnego B

Nieco gorsze, ale lecz bardzo zbliżone do flotacji w roztworze 0,3% MIBC, wyniki flotacji otrzymano dla wodnego roztwór cukru (rys. 4). Piana flotacyjna wodnego roztworu cukru była gęsta, składała się z drobnych pęcherzyków, co spowodowało wyflotowanie większej ilości ziarn hydrofobowych (rys. 4).

Na rys. 5a i 5b pokazano wpływ badanych środków spożywczych i ich mieszanin z MIBC na wychód i wysokość piany w czasie flotacji łupka miedzionośnego B.



Rys. 5. Wychód flotacji łupka B (a) oraz wysokość piany flotacyjnej (b) w obecności środków spożywczych, w 0,3% MIBC oraz ich mieszanin w stosunku objętościowym 2:1; 1:1; 1:2

## Wnioski

W pracy badano flotacje łupka miedzionośnego B w obecności wybranych środków spożywczych: cukru, mleka oraz produktu przemysłu piwowarskiego, będącym związkami alkoholu etylowego, chmieli i słodu (ECS).

Największy wychód łupka uzyskano we flotacji z zastosowaniem roztworu ECS, osiągając wartość 80%, przy wysokości piany 40 mm. Nieco gorsze wyniki wychodu maksymalnego uzyskano dla MIBC na poziomie 70% i wodnego roztworu cukru o wartości 60% (rys. 5.). W przypadku flotacji łupka w mleku wyniki były o 10% wyższe od wartości wychodu łupka flotowanego w wodzie, dla której osiągnięto 30% wychodu.

Przeprowadzone badania wykazały, że testowane środki spożywcze mają wpływ na flotację łupka miedzionośnego B. Pełniły one rolę spieniacza i wpływały na wielkość wychodu łupka miedzionośnego.

## Podziękowania

Niniejszy artykuł oparty jest na pracy inżynierskiej Kamili Chociąg *Flotacja łupka miedzionośnego w obecności wybranych środków spożywczych* (opiekun Tomasz Ratajczak) wykonanej w roku 2017 na Wydziale Geoinżynierii, Górnicztwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej. Przygotowanie tego artykułu sfinansowane zostało z grantu statutowego 0401/0129/17.

## Literatura

- BAKALARZ, A., 2014, *Charakterystyka chemiczna i mineralogiczna wybranych łupków pochodzących z Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*, w: *Łupek miedzionośny I*, (red. P.B. Kowalczyk i J. Drzymała), WGGG PW, 7-13.
- CEPENDA, K., DRZYMAŁA, J., LEWICKA, M. P., 2014, *Gęstość łupka miedzionośnego*, w: *Łupek miedzionośny I*, (red. P.B. Kowalczyk i J. Drzymała), WGGG PW, 19-21.
- DRZYMAŁA, J., 2009, *Podstawy mineralurgii*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- DRZYMAŁA, J., 2014, *Flotometryczna hydrofobowość łupka miedzionośnego*, w: *Łupek miedzionośny I* (red. P.B. Kowalczyk i J. Drzymała), WGGG PW, 77-82.
- JANIKOWSKA, J., RAKICKA, M., BASTRZYK, A., LAZAR, Z., KOWALCZYK, P.B., 2017, *Próba zastosowania wybranych biosurfaktantów do flotacji rudy miedzi zawierającej łupek miedzionośny*, w: *Łupek miedzionośny III*, (red. P.B. Kowalczyk i J. Drzymała), 146-160.

- KUCHA, H., 2007, *Mineralogia kruszcowa i geochemia ciała rudnego złoża Lubin- Sieroszowice*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 423, 77-94.
- LASKOWSKI, J., ŁUSZCZKIEWICZ, A., 1989, *Przeróbka kopalni. Wzbogacanie surowców mineralnych*, Wrocław.
- RATAJCZAK T.A., 2017, *Właściwości łupka miedziowego z rejonu LGOM*. w: *Łupek miedzionośny III* (red. P. B. Kowalczyk i Jan Drzymała), WGGG PWr, 41-51.
- VAUGHAN, D. J., SWEENEY, M., FRIEDRICH, G., DIEDEL, R., HARANCZYK, C., 1989, *The Kupferschiefer: an overview with an appraisal of the different types of mine*.