

# Flotacja łupka miedzionośnego w obecności spieniaczy kationowych

**Bartosz Baniewski, Tomasz Ratajczak**

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

---

## Streszczenie

W pracy porównano kinetykę flotacji łupka miedzionośnego w obecności spieniaczy kationowych, z grupy chlorowodorków amin (metyloaminy, dietyloaminy, propyloaminy). Przeprowadzono badania zależności wychodu koncentratu łupka od czasu flotacji i rodzaju oraz stężenia zastosowanych spieniaczy. Dodatkowo sprawdzano wysokość piany flotacyjnej w badanych układach. Wykazano, że łupek najlepiej flotował w obecności chlorowodorku dietyloaminy, a najgorzej w obecności chlorowodorku metyloaminy. Wykazano jednocześnie, że rodzaj zastosowanego spieniacza wpływa na wysokość piany, a przez to i na wychód flotacji łupka. Dodatkowo stwierdzono, że wzrost stężenia odczynników, nie wpływa znacząco na zmianę wysokości piany flotacyjnej, w obecności  $C_3H_8NHCl$ , piana malała wraz ze wzrastającym stężeniem, w przeciwieństwie do  $C_4H_{11}NHCl$ , gdzie obserwowano wzrost i spadek wysokości piany.

---

## Wprowadzenie

Przemysł przeróbczy korzysta z wielu metod wzbogacania surowców mineralnych. Jedną z najważniejszych (używaną na skalę przemysłową) metod jest flotacja, polegająca na rozdzielaniu ziaren różniących się między sobą zwilżalnością czyli zdolnością ciał do powierzchniowego zwilżania się wodą w obecności gazu, którym najczęściej jest powietrze. Ruda miedzi zawarta jest w trzech utworach litograficznych: piaskowcach, węglanach oraz w łupkach. Te ostatnie można z powodzeniem poddawać flotacji z dodatkiem samego spieniacza (Konieczny i inni, 2013). Wykazano, że łupek nie flotuje w wodzie destylowanej bez dodatku odczynnika spieniającego (Drzymała, 2014), ale dość dobrze w spieniaczach, których wysokość wychodów jest zależna od rodzaju i stężenia zastosowanego spieniacza (Szyszka, 2016; Szajowska i inni, 2014; Szyszka i Bacia, 2016)

Celem pracy było zbadanie flotacji łupka miedzionośnego w obecności spieniaczy kationowych: chlorowodorku metyloaminy ( $CH_5NHCl$ ), chlorowodorku dietyloaminy ( $C_4H_{11}NHCl$ ), oraz chlorowodorku propyloaminy ( $C_3H_8NHCl$ ), o stężeniach  $0,5 \text{ g/dm}^3$ ,  $1 \text{ g/dm}^3$ , oraz  $2 \text{ g/dm}^3$ .

## Metodyka badań

Badaniom flotacyjnym poddano łupek miedzionośny, oznaczony symbolem B (Drzymała i inni, 2017), zawierający 2,9% Cu, 7,3% węgla organicznego oraz 15,1%  $CO_2$  (Michalczyk, Drzymała, 2018).

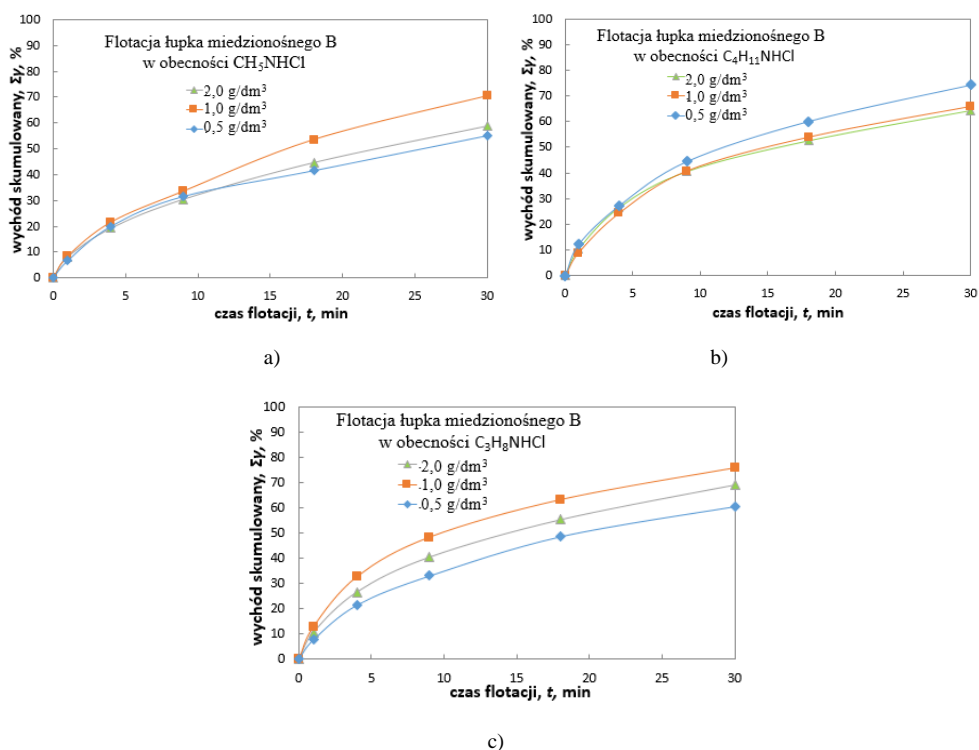
Flotacje próbek łupka o masie 50 g zostały wykonane w laboratoryjnej maszynie mechanicznej Mechanobr, w celce o pojemności  $0,3 \text{ dm}^3$ . Badany materiał został zalany przygotowanym odczynnikiem pianotwórczym i całość dobrze wymieszano. Flotacje zostały prowadzone przez okres 30 minut, przy stałym przepływie powietrza, na poziomie  $40 \text{ dm}^3/\text{h}$ . Ubytek roztworu w celce uzupełniany był za pomocą tryskawki z odczynnikiem o danym stężeniu, a ga-

szenie zbyt obfitej piany, poprzez jej zraszanie, niewielką ilością wody destylowanej. Wysokość wytworzonej piany flotacyjnej była oznaczana w stałym punkcie pomiaru na celce flotacyjnej, przy każdorazowej zmianie odbieranych produktów. Po wykonanej flotacji, produkty przesączono i przepłukiwano wodą destylowaną na lejku Büchnera. Następnie produkty suszono, przez 24 godziny w temperaturze 105 stopni. Po wysuszeniu produkty zważono i wyznaczono wychody flotacji.

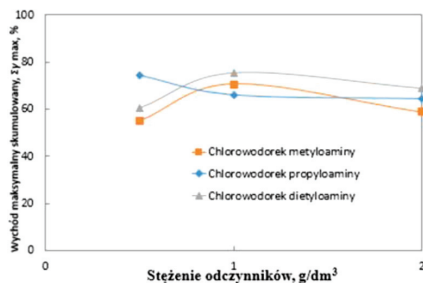
Dokładniejszy opis prac przygotowawczych dla badanych próbek łupka miedzionośnego oraz metodyki badawczej można znaleźć w pracy dyplomowej Baniewskiego (2019).

## Wyniki i dyskusja badań

Z wyników przedstawionych na rysunkach 1 i 2, wynika, że w obszarze stężenia wodnych roztworów spieniacza, na poziomie  $0,5 \text{ g/dm}^3$ , najlepsze wyniki flotacji łupka B otrzymano przy użyciu chlorowodoru propyloaminy. Przy stężeniu spieniaczy  $1 \text{ g/dm}^3$ , najlepsze wyniki wychodów flotacji łupka B (70,6%; 75,6%) uzyskano odpowiednio dla chlorowodoru metyloaminy oraz chlorowodoru dietyloaminy. Przy najwyższych stężeniach odczynników  $2 \text{ g/dm}^3$  nie otrzymano wysokich wychodów flotacji. Obserwuje się wraz ze wzrostem stężenia chlorowodoru dietyloaminy spadek wychodu flotacji łupka B lub jego niewielki wzrost, w przypadku chlorowodoru propyloaminy.



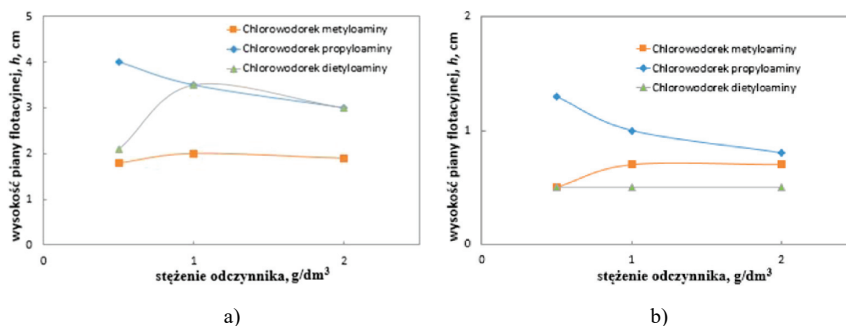
Rys. 1. Flotacja łupka miedzionośnego B w obecności a) chlorowodoru metyloaminy, b) chlorowodoru dietyloaminy, c) chlorowodoru propyloaminy



Rys. 2. Maksymalny wychód skumulowany flotacji łupka miedzionośnego B w obecności spieniaczy

Na rysunku 3a) przedstawiono wyniki wysokości piany flotacyjnej w pierwszej minucie flotacji łupka miedzionośnego B, w obecności zastosowanych odczynników pianotwórczych, o stężeniach 0,5 g/dm<sup>3</sup>, 1 g/dm<sup>3</sup>, 2 g/dm<sup>3</sup>. Piana flotacyjna przy flotacji łupka B w obecności chlorowodoru metyloaminy, dla każdego jej stężenia, utrzymywała się na stałym poziomie. Podczas flotacji łupka B w wodnym roztworze chlorowodoru propyloaminy, zauważono spadek wysokości piany flotacyjnej wraz ze wzrastającym stężeniem odczynnika. W przypadku flotacji łupka miedzionośnego B w obecności chlorowodoru dietyloaminy, zauważono wzrost wysokości piany flotacyjnej, wraz ze wzrostem stężenia tego odczynnika, w zakresie 0,5–1,0 g/dm<sup>3</sup>. Piana flotacyjna była o 1,5 cm wyższa, co przełożyło się w dużym stopniu na wynik wychodu flotacji przy stężeniu 1 g/dm<sup>3</sup>.

Na rysunku 3b) przedstawiono wysokość piany flotacyjnej w 30 minucie badania. Wysokość piany flotacyjnej w obecności łupka B oraz testowanych odczynników znacznie się zmniejszyła. Największy spadek zanotowano w przypadku chlorowodoru propyloaminy, w której uzyskano najwyższe wychody flotacji.



Rys. 3. Wysokość piany flotacyjnej łupka miedzionośnego B w obecności spieniaczy: a) w 1 minucie, b) w 30 minucie flotacji

## Podsumowanie

W pracy zbadano flotację łupka miedzionośnego B w obecności chlorowodoru metyloaminy, chlorowodoru dietyloaminy, chlorowodoru propyloaminy. W badaniach zaobserwowano, że wyższe stężenie odczynnika ma wpływ na wychód flotacji. Jednocześnie wykazano,

że jakość piany flotacyjnej wraz z wzrastającym stężeniem odczynnika jest lepsza, a sama piana gęstsza oraz stabilniejsza.

Najwyższe wychody flotacji łupka B odnotowano dla chlorowodoru dietyloaminy oraz metyloaminy, o stężeniach 1 g/dm<sup>3</sup>. Przy niższych stężeniach (0,5 g/dm<sup>3</sup>), najlepszy wynik wychodu flotacji łupka otrzymano w obecności chlorowodoru metyloaminy. Natomiast, dla testowanych spieniaczy o stężeniach 2 g/dm<sup>3</sup>, najwyższe wychody flotacji łupka B, uzyskano w obecności chlorowodoru dietyloaminy.

Najwyższą wysokość piany flotacyjnej zanotowano podczas flotacji łupka w wodnym roztworze chlorowodoru propyloaminy, jednak nie wpłynęło to na otrzymanie najwyższego wyniku wychodu flotacji, który uzyskano w obecności chlorowodoru dietyloaminy, o stężeniu 1 g/dm<sup>3</sup>. Najniższy poziom piany flotacyjnej zanotowano, podczas flotacji łupka w roztworze chlorowodoru metyloaminy, co skutkowało prawdopodobnie otrzymaniem najniższych wychodów flotacji łupka.

Wyniki z przeprowadzonych badań, pokazują, że we flotacji łupka miedzionośnego B, prowadzonej w aminach kationowych, jej wychód zależy od stężenia i rodzaju danego związku chemicznego. Wpływ uszeregowania grup amin na flotację, potwierdzają też prace Szyszki i Bacia (2016), Młynka (2017), Witana i Ratajczaka (2017). Jednocześnie, nie stwierdzono powiązania między wysokością piany flotacyjnej, a otrzymanymi wychodami z flotacji, ponieważ jej wzrost, nie wpływał jednoznacznie na zwiększenie wychodów flotacji.

## Literatura

- BANIEWSKI B., 2019. *Kinetyka flotacji łupka miedzionośnego w obecności spieniaczy kationowych*, praca dyplomowa, niepublikowana, WGGG PWr.
- DRZYMAŁA J., 2014. *Flotometryczna hydrofobowość łupka miedzionośnego*. W: *Łupek miedzionośny*, J. Drzymała, P.B. Kowalczyk (red.), WGGG PWr, Wrocław.
- DRZYMAŁA J., KARWOWSKI P., BOROWSKI K., PAŹIK P., KOWALCZUK P., 2017. *Próba klasyfikacji łupków Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego na podstawie zawartości węglanów, mineralów ilastych, węgla organicznego oraz miedzi*. W: *Łupek miedzionośny III*, J. Drzymała, P.B. Kowalczyk (red.), WGGG PWr, Wrocław.
- KONIECZNY A., PAWŁOS W., KRZEMINSKA M., KALETA R., KURZYDŁO P., 2013. *Evaluation of organic carbon separation from copper ore by pre-flotation*. W: *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- MŁYNEK Ł., 2017. *Powtarzalność flotacji łupka miedzionośnego w maszynie laboratoryjnej w obecności oktyloaminy*. W: *Łupek miedzionośny III*, P.B. Kowalczyk, J. Drzymała (red.), WGGG PWr, Wrocław, 110–117.
- SZAJOWSKA J., WEJMAN K., KOWALCZUK P.B., 2014. *Flotacja pianowa ziarn łupka i kwarcu w celce hallimonda*. W: *Łupek miedzionośny*, J. Drzymała, P.B. Kowalczyk (red.), WGGG PWr, Wrocław, 91–97.
- SZYSZKA D., 2016. *Krytyczne stężenie koalescencji potencjalnych spieniaczy do flotacji łupka miedzionośnego*. W: *Łupek miedzionośny II*, P.B. Kowalczyk, J. Drzymała (red.), WGGG PWr, Wrocław, 2016, 222–227.
- SZYSZKA D., BACIA A., 2016. *Flotacja łupka miedzionośnego w obecności butyloaminy, pentyloaminy i heksyloaminy*. W: *Łupek miedzionośny*, J. Drzymała, T. Ratajczak (red.), WGGG PWr, Wrocław.
- WITAN J., RATAJCZAK T., 2017. *Wpływ amin krótkołańcuchowych na flotację łupka miedzionośnego*. W: *Łupek miedzionośny III*, P.B. Kowalczyk, J. Drzymała (red.), WGGG PWr, Wrocław, 138–145.