

В. С. МОРКУН, Н. В. МОРКУН, доктори техн. наук, професори  
В. В. ТРОНЬ, канд. техн. наук, доц., О. Ю. СЕРДЮК, асистент,  
О. О. ГАПОНЕНКО, І. О. ГАПОНЕНКО, наукові співробітники  
Криворізький національний університет

## УЛЬТРАЗВУКОВЕ ОЧИЩЕННЯ РУДНИХ ЗЕРЕН ТА ДЕЗІНТЕГРАЦІЇ ФЛОКУЛОУТВОРЕНЬ НА ОСНОВІ ЕФЕКТИВ КАВІТАЦІЇ

Під дією ультразвуку в рідкому середовищі відбуваються фізичні, хімічні та фізико-хімічні процеси, до яких відносять: кавітацію, радіаційний тиск і ультразвукові потоки [1,2]. Оскільки рідини є чутливими до розтяжних зусиль, отже під впливом потужних ультразвукових коливань у рідині виникають зони стиснення та розрідження. При проходженні фази хвилі, що створює розрідження, у рідині утворюється велика кількість розривів у вигляді кавітаційних бульбашок, які в наступній фазі стиснення різко закриваються. Різницю в дії ультразвуку на окремі мінерали було успішно використано в низці робіт [3-5]. Наприклад, встановлено можливість подрібнення мінералів шаруватої структури (графіт, молібденіт) до високого ступеня дисперсності. Процес подрібнення молібденіту в умовах надлишкового статичного тиску дозволяє за один і той же час отримати продукт, дисперсність якого в 2–3 рази вища від дисперсності продукту, одержуваного при атмосферному тиску [3]. Отже, застосування ультразвуку при переробці рудної сировини залишається актуальною сферою і потребує подальших досліджень..

Метою роботи є підвищення ефективності флотаційного доведення магнетитових концентратів шляхом дезінтеграції рудних флокулоутворень та очищення поверхні часток. Для досягнення поставленої мети необхідно дослідити особливості формування кавітаційних режимів у залізорудній пульпі за допомогою високоенергетичного ультразвуку.

Моделювання поведінки повітряних бульбашок під дією ультразвукового випромінювання виконано з використанням спеціалізованого програмного пакету «Bubblesim». Динаміка розміру повітряних бульбашок у процесі моделювання визначалась на основі модифікованого рівняння Релея-Плессета. У процесі дослідження значення амплітуди радіаційного тиску ультразвуку становило 0,3 МПа, водночас частота ультразвуку змінювалась: 1 МГц, 3 МГц, 5 МГц. Для моделювання процесу поширення ультразвукового сигналу в рідкому середовищі в умовах зміни швидкості поширення звуку та зміни щільності використовують метод  $k$ -space першого й другого порядку, заснований на системі лінійних рівнянь першого порядку. Метод  $k$ -space другого порядку можна розглядати як модифікований метод кінцевих різниць, у якому просторовий лапласіан замінюється  $k$ -space оператором. Для застосування  $k$ -space методу до системи рівнянь першого порядку, що описують поширення хвиль, може бути використаний  $k$ -space оператор другого порядку шляхом його розділення на частини, які пов'язані з кожним просторовим напрямком.

Результати моделювання дозволяють зробити висновок про те, що для підвищення якості очищення часток руди перед флотацією доцільно здійснювати просторовий вплив на залізорудну пульпу високоенергетичного ультразвуку з частотою 20 кГц в кавітаційному режимі, модульованого високочастотними імпульсами з частотою від 1 до 5 МГц.

### Список літератури

1. Губин Г. В., Ткач В. В., Равинская В. О. Применение ультразвука для очистки поверхности измененных минеральных частиц перед флотацией. Качество минерального сырья : сб. научн. трудов. 2017. Т. 1. С. 341–349.
2. Morkun, V., Morkun, N., Pikilnyak, A. The adaptive control for intensity of ultrasonic influence on iron ore pulp. Metallurgical and Mining Industry. 2014. Vol. 6(6), P. 8–11.
3. Fornberg B. A. Practical Guide to Pseudospectral Methods. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
4. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Enhancement of lost ore production efficiency by usage of canopies. Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 7 (4), P. 325–329.
5. Morkun V., Semerikov S., Hryshchenko S., Slovak K. Environmental geo-information technologies as a tool of pre-service mining engineer's training for sustainable development of mining industry. CEUR Workshop Proceedings. 2017. Vol. 1844, P. 303–310.