

**О.Ю. СВЕТКІНА**, д-р техн. наук,

**В.П. ФРАНЧУК**, д-р техн. наук,

**С.М. ЛИСИЦЬКА**, канд. с.-г. наук

(Україна, Дніпро, Державний ВНЗ "Національний гірничий університет")

### **ВПЛИВ МЕХАНОХІМІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИДІЛЕННЯ МІНЕРАЛІВ В ПРОЦЕСІ СЕЛЕКТИВНОЇ ФЛОТАЦІЇ**

Процеси флотації і коагуляції знаходяться у тісному зв'язку з явищем адсорбції. Причому викликає інтерес не уся поверхня мінералу, лише "корисна площа", де протікають хімічні реакції, вірогідність яких топографічно та енергетично нерівноцінна. Дослідження адсорбційних властивостей природних мінералів, зокрема їх взаємодії з флотаційними реагентами, як правило, пов'язують із структурою ідеальних кристалів [1]. Нажаль, ідентифікація активних центрів адсорбції, які залежать від структурних дефектів кристалів мінералу, що характеризуються певною величиною та розподілом поверхневого заряду, є важкою, але технічно важливою експериментальною задачею [2, 3].

Оскільки основним породотвірним мінералом багатьох руд є кальцит, то за ступенем його флотаційної здатності прийнято визначати селективність процесу збагачення. При цьому вибір та витрати селективних депресорів кальциту, який у межах одного родовища має декілька різновидів, не визначаються тільки особливостями складу, а значно залежать від його кристалохімічної дефектності, вмісту домішок та їх структурної форми.

Останнім часом перспективним напрямком визнано інтенсифікацію процесу флотації за рахунок адсорбційних властивостей, які з'являються в мінеральній сировині після її подрібнення [1].

З огляду на це метою даної роботи є дослідження кристалохімічних властивостей кальцитів, надбаних в ході віброударного навантаження, та вивчення ефективності їх подальшої селективної флотації.

Особливістю віброударної активації є те, що в результаті подрібнення мінералів відбувається вибіркоче руйнування його за певними гранями кристалу [2]. Тому одним з основних етапів роботи було вивчення кінетики та селективності розчинення активованих мінералів (датоліту, гранату, кальциту), залежно від кристалохімічних й структурних змін.

Експериментальні значення валентних зв'язків, а також величина щільності іонів на площині розколу датоліту, кальциту і гранату були отримані шляхом структурного аналізу. Датоліт і гранат належать до силікатних мінералів, що складаються з кремнекисневих тетрадрів. Зв'язок між окремими тетраедрами або їх групами здійснюється через катіон кальцію. Для датоліту й гранату характерними параметрами є: компактна кристалічна структура, висока величина енергії кристалічної решітки, підвищена питома вага та ін.

Дані відстані між окремими елементами датоліту були визначені такі: для Si-O – 1,57; 1,58; 1,63 Å; B-O – 1,48 Å; B-OH – 1,54 Å; Ca-O – 2,35 – 2,66 Å; O-OH – 2,46 Å. Значення енергії зв'язку такі: для Ca-O – 115 ккал/моль; для Si-O – 192 ккал/моль; для B-OH – 154 ккал/моль.

Отримані величини енергії зв'язку між окремими елементами елементарної комірки датоліту дали можливість передбачати достатньо високу реакційну здатність його та подібних мінералів. Отже, в результаті віброударної активації в умовах механічного руйнування кристалічної решітки, перш за все, буде відбуватися розрив слабкого зв'язку з вилуговуванням в рідку фазу відповідних іонів (для датоліту це іони  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{B}^{3+}$ ).

Шляхом рентгеноструктурного аналізу та квантово-механічного розрахунку в табл. 1 надані характеристики поверхні датоліту із значеннями відносних зарядів, утворених під час руйнування датоліту, а також показана ступень некомпенсованості зв'язків.

Таблиця 1

Кристалохімічні результати віброударного руйнування датоліту

Номер рівня	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Іони	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Si}^{4+}$	$\text{B}^{3+}$	$\text{OH}^-$	$\text{O}^{2-}$ II	$\text{O}^{2-}$ III	$\text{O}^{2-}$ IV	$\text{O}^{2-}$
Відстань від поверхні, Å	0	2,5	1,9	3,6	1,5	1,4	3,3	0,97
Некомпенсовані заряди	+1/4	+1	+3/4	-1	-1	-1	-1	-1

Для встановлення експериментального зв'язку між кристалохімічними і структурними особливостями мінералів та їх віброударною обробкою проводилися такі дослідження: мінерали подрібнювалися в лабораторному вертикальному вібраційному млині, сконструйованому у ДВНЗ "НГУ" [4], в періодичному та безперервному режимах.

В результаті механоактивації кальцитів утворюються адсорбційно-активовані центри типу гідратованого CaO, координаційно-зв'язаної води, груп  $\text{OH}^-$  [3] завдяки чому стає можливим вивчення хемосорбції за допомогою методу люмінесценції.

У зразках кальцитів (наважка 0,5 г, крупність -40 мкм), активованих за вищезначеними умовами, на основі спектрофотометричного аналізу вивчалися спектри люмінесценції та спектри збудження люмінесценції. Далі аналітичні проби оброблялися у камері лабораторної флотаційної машини об'ємом 8 см<sup>3</sup> протягом 3-х хвилин при постійному перемішуванні.

Отримані спектри збудження люмінесценції дозволили пояснити, що в основному як центри поглинання виступають заряджені вакансії оксисену (полоси збудження 250, 340 и 360 нм) та домішкові іони (полоси збудження 240-260 нм).

Перші полоси збудження зв'язані з ультрафіолетовими полосами поглинання центрів. У разі високої концентрації останні можуть виступати як само-

стійні центри люмінесценції, яким можна приписати полоси випромінення з  $\lambda_{\text{max}}$  340, 370 и 490 нм.

Внаслідок віброударної обробки кальциту виникають зміни в інтенсивності випромінення. Вони полягають в тому, що по мірі підвищення терміну подрібнення спостерігається спочатку ріст, а потім зниження інтенсивності люмінесценції в області 600 нм. Інтенсивність люмінесценції полоси 370 нм спершу зменшується, а далі монотонно зростає.

Кальцит з "білою" люмінесценцією характеризується найбільшою дефектністю структури і відповідно цьому найскладнішим спектром люмінесценції, який включає полоси випромінення, що наявні в спектрах "розової", "голубої", "зеленої" та "жовтої" люмінесценції. Крім знайдених в дослідженому зразку полос випромінення (370, 490 і 526 нм), в спектрах "білої" люмінесценції кальцитів також зустрічаються полоси з максимумами 430, 440 і 560 нм. Перша збуджується в області 250 нм, друга й третя – 340 і 360 нм.

З подальшим використанням різних режимів віброобробки даного зразку кальциту інтенсивності різних полос випромінення різняться: спочатку полоса 490 нм різко зменшує інтенсивність, а при продовженні подрібнення виникає збільшення її інтенсивності. Характер змін інтенсивності інших полос аналогічен вже наданому для зразків "розової" та "жовтої" люмінесценції кальцитів.

Мінливість люмінесцентних характеристик кальцитів внаслідок віброударної обробки можна пояснити тим, що в процесі хімічної адсорбції реагенту виникає добування центрів, руйнованих на поверхні сколів, киснем, що призводить до підвищення концентрації активних центрів поглинання збудженого світла й відповідному розгорянню люмінесценції.

Фізична адсорбція реагенту на поверхні кальциту, навпаки, викликає гасіння люмінесценції. Дійсно, як центри поглинання в кальциті для усіх типів центрів світіння виступають вакансії аніонів. Особливу увагу слід звернути на те, що усі зразки кальцитів, які були досліджені, мають аномальні зміни люмінесценції при відносно невеликому терміні подрібнення.

Кінетичні дослідження флотаційної ефективності збагачення проводилися на мінералах, активованих віброударною обробкою. Експериментальні результати флотації у водних витягах мінеральних суспензій різного іонного складу за участю препарату милонафту, концентрація якого дорівнює 150 мг/л, наведені на графіках рис. 1.

Отримані графічні дані свідчать про те, що без застосування фактору віброударної обробки, процес флотації усіх дослідних мінералів депресується, причому датоліту у найменшому ступені (рис. 1). Віброударна дія в умовах безперервного режиму сприяє активації процесу флотації датоліту і гранату, але одночасно виникає слабке депресування кальциту (рис. 2). Після віброударної обробки в періодичному режимі флотація датоліту слабо активується і при цьому пригнічується для кальциту та гранату (рис. 3).

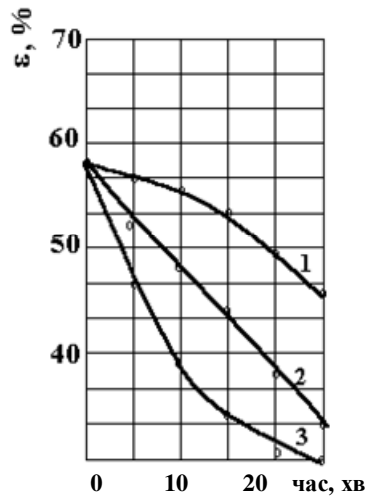


Рис. 1. Флотаційна здатність мінералів без віброударної обробки:  
1 – датоліт; 2 – гранат;  
3 – кальцит

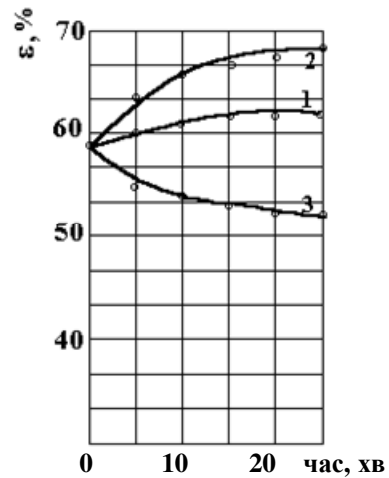


Рис. 2. Флотаційна здатність мінералів після віброударної активації в безперервному режимі:  
1 – датоліт; 2 – гранат; 3 – кальцит

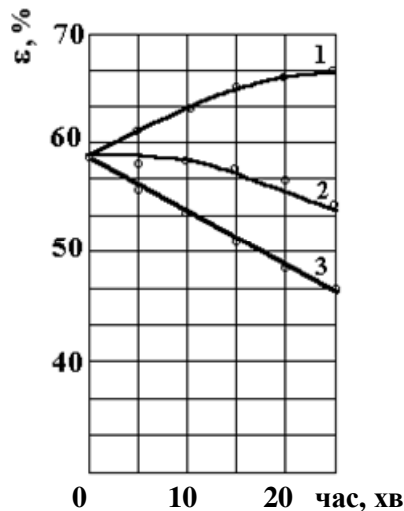


Рис. 3. Флотаційна здатність мінералів після віброударної активації в періодичному режимі:  
1 – датоліт; 2 – гранат; 3 – кальцит

Методом люмінесцентної спектрофотометрії можна встановити достатньо чіткі якісні залежності між природою дефектів кристалічної решітки, а також характером адсорбції и десорбції флотореагентів.

### Висновки

1. На основі спектрофотометричного аналізу показано, що віброударна обробка мінералів (кальцитів) приводить до зміни їх кристалохімічних характеристик і це сприяє покращенню їх адсорбційних властивостей.

2. Експериментально встановлено, що віброударна механоактивація мінералів (кальцитів) позитивно впливає на процес їх селективної флотації.

### **Список литературы**

1. Светкина Е.Ю. Интенсификация процесса обогащения при виброударной активации минералов / Светкина Е.Ю. // Научный вестник Национального горничого университета. – 2013. – 2005. – № 2. – С. 38-43.

2. Франчук В.П., Светкина Е.Ю., Якубович Л.А. Влияние виброударной активации на адсорбционные свойства минералов // Вестник Национального технического университета "ХПИ": Зб. наук. пр. Темат. вип. : Хімія, хімічна технологія і екологія. – 2005. – №40. – С. 126-132.

3. Светкина Е.Ю., Лисицкая С.М., Франчук В.П. Использование виброударной активации для регенерации известняковых отходов пищевого производства. // Вібрації в техніці та технологіях. – 2016. – Т. 2. – № 3 (83). – С. 207-212.

4. Технологические испытания вертикальной вибрационной лабораторной мельницы МВВЛ-3 / В.Н. Потураев, В.П. Франчук [и др.]. // В кн. : Проблемы вибрационной техники. – К.: Наукова думка, 1970. – С. 181-187.

© Светкина Е.Ю., Франчук В.П., Лисицкая С.М., 2017

*Надійшла до редколегії 17.09.2017 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*