

Рис. 2. Фотографії мікро- (а) та макропористої (б) структури композиту на основі ГЕМА-ПВП-ГА.

Для підтвердження можливого практичного застосування розроблених срібловмісних композитів у біомедичній галузі виконано дослідження їх бактерицидних властивостей (табл. 4).

Табл. 4. Бактерицидна активність срібловмісних композитів

Склад вихідної композиції для синтезу композиту	Діаметр зони затримки росту, мм (%)		
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>A. niger</i>
ГЕМА: ПВП: ГА: AgNO ₃ = 7:3:7:0,6 мас.ч.	24,4 (60)	26,0 (73)	20,0 (33)

Унаслідок досліджень встановлено, що композити, які містять наночастинки срібла, блокують ріст бактерій та грибів, проявляючи фунгібактерицидну здатність.

Висновки. Досліджено вплив вихідного композиційного складу, природи реагентів та пороутворювача на закономірності отримання пористих остеопластичних матеріалів на основі наповнених ГА композицій 2-гідроксietилметакрилату з полівинілпіролідом. Встановлено можливість утворення в композитах під час їх синтезу наночастинок срібла. Підтверджено високу бактерицидну та фунгіцидну властивості композитів, що передбачає їхнє ефективне використання у процесах остеогенезу.

Література

- Hasegawa S. In vivo evaluation of porous hydroxyapatite/poly-DL-lactide composite for bone substitutes and scaffolds / S. Hasegawa, J. Tamura // J. Artif. Organs. – 2005. – № 4. – Рр. 380-381.
- Семенюк Н. Наповнені гідроксиапатитом композиційні полімерні матеріали для заміщення кісткової тканини / Н. Семенюк, О. Сірий, О. Галишин, В. Скорохода // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Хімія, технологія речовин і їх застосування. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2010. – № 667. – С. 452-455.
- Дубяга В.П. Полимерные мембраны / В.П. Дубяга, Л.П. Перепечкин, Е.Е. Каталевский. – М. : Изд-во "Химия", 1981. – 232 с.
- Skorokhoda V. Matrix polymerization of 2-hydroxyethylmethacrylate in the presence of polyvinylpyrrolidone in permanent magnetic field / V. Skorokhoda // Chemistry & Chemical Technology. – 2010. – Vol. 4, No. 3. – Рр. 191-196.
- Гресь О.В. Композити на основі акрилатних кополімерів і частинок срібла / О.В. Гресь, Є.В. Лебедев, В.О. Климчук // Український хімічний журнал : наук.-теор. журнал. – 2009. – Т. 75, № 5. – С. 55-59.

Надійшла до редакції 21.06.2016 р.

Семенюк Н.Б., Дзяман И.З., Скорохода В.Й. Технологические свойства получения пористых полимерных композитов на основе сополимеров поливинилпирролидона

Исследована полимеризация композиций 2-гидроксиетилметакрилата с поливинилпирролидоном в присутствии минерального наполнителя гидроксиапатита. Установлено влияние порообразователя, стабилизатора пены и количества минерального наполнителя на закономерности получения пористых остеопластических материалов. Подтверждена возможность получения в структуре композита частиц серебра реакцией восстановления нитратов серебра третичным атомом азота поливинилпирролидона. Синтезированные серебросодержащие композиты проявляют фунгибактерицидные свойства, в частности, против *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* и *Aspergillus niger*.

Ключевые слова: 2-гидроксиетилметакрилат, поливинилпирролидон, наночастицы серебра, гидроксиапатит, бактерицидные свойства.

Semenyuk N.B., Dziaman I.Z., Skorokhoda V.Yo. The technical features of getting pour polymer composites based on copolymers of polyvinylpyrrolidone.

Polymerization of composition is researched for 2-hydroxyethylmethacrylate with addition of mineral hydroxyapatite filler. We have estimated the impact of pour, foam stabilizer and mineral filler on the process of getting pour osteoplastic materials. This research supports the possibility of receiving silver particles in the structure of the composite with help of silver nitrate recovery reaction by tertiary nitrogen of polyvinylpyrrolidone. The synthesized silver containing composites demonstrate bactericidal properties for *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* i *Aspergillus niger*.

Keywords: 2-hydroxyethylmethacrylate, polyvinylpyrrolidone, silver particles, hydroxyapatite, bactericidal properties.

УДК 628.1:620.193.16:622.765

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАВІТАЦІЙНО-ФЛОТАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ РІДКОФАЗНИХ СЕРЕДОВИЩ ВІД ДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК

Ю.В. Сухацький^{1,2}

На основі методу сонохімічного аналізу досліджено вплив повітря, введеного у частці 0,5-3,0 % щодо об'єму рідкофазного середовища, на інтенсивність розвитку кавітаційних явищ, зокрема у гетерогенних системах "рідина-дисперсні тверді частинки". Встановлено вплив введеного повітря на ефективність процесів флоатації у різних системах: флоатаційного збагачення сірчаної руди та ступінь вилучення високодисперсного кальцію оксидату. Зменшення ефективності флоатації зі збільшенням тривалості кавітаційного оброблення дисперсних гетеросистем зумовлено блокуванням поверхні флоатаційних бульбашок, що підтверджено методом рухомої межі – за величиною електрокінетичного потенціалу дисперсних частинок кальцію гідроксиду.

Ключові слова: кавітація, флоатація, рідкофазні середовища, дисперсні частинки, електрокінетичний потенціал.

Вступ. Зростання економічної системи як окремих країн, так і світової нерозривно пов'язане з інтенсивним розвитком різних галузей промисловості. Передусім, це стосується тих галузей, які спрямовані на задоволення потреб

¹ аспір. Ю.В. Сухацький – НУ "Львівська політехніка"

² наук. керівник: проф. З.О. Знак, д-р техн. наук

людини, – харчової, легкої, переробної тощо. Однак діяльність підприємств таких галузей супроводжується утворенням величезної кількості рідкофазних відходів (стічних вод, суспензій, емульсій), що містять тверді частинки різного ступеня дисперсності та різної природи. Це неминуче призводить до зростання техногенного навантаження на довкілля. Тому розроблення високоефективних технологій очищення рідкофазних середовищ від дисперсних частинок є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі технології очищення рідкофазних середовищ є багатостадійними, енерговитратними, потребують значних капіталовкладень, характеризуються невисокою ефективністю, а, відтак, – морально і фізично застарілими. Усунення зазначених вище недоліків можливе лише в аспекті реалізації сучасних принципів синтезу хіміко-технологічних систем [1].

Запропоновано комбіновану кавітаційно-флотаційну технологію очищення рідкофазних середовищ від дисперсних твердих частинок [2]. Вона поєднує елементи фізико-хімічних методів очищення (флотація) із перевагами концентрованих енергетичних впливів (кавітаційні явища). Генерування кавітаційних бульбашок, похідні яких власне й забезпечують флотацію дисперсних забруднювачів, відбувається у гідродинамічному струменевому кавітаторі (ГДСК).

Характерними супутніми ефектами кавітаційних явищ є [3, 4]: виділення великої кількості теплової енергії внаслідок колапсу кавітаційних бульбашок; фазові переходи на поверхні кавітаційних бульбашок; активне оновлення твердих поверхонь з утворенням ювенільних реакційноздатних ділянок; зміна фізико-хімічних властивостей як дисперсійного середовища, так і дисперсної фази (електричного потенціалу, електропровідності, коефіцієнтів тепло- та масовіддачі, величини рН середовища тощо); диспергування та гомогенізування; ініціювання та пришвидшення хімічних і звукохімічних реакцій внаслідок сонолізу води (утворення високоактивних частинок – збуджених молекул води; радикалів Гідрогену, Оксигену, гідроксильних та пероксидних; іонів Гідрогену та гідроксильних; молекул водню, кисню, гідрогену пероксиду тощо).

Як відомо, розчинені у рідині гази відіграють роль зародків кавітації [5], а ефективність флотації визначають розмір, кількість, стабільність бульбашок повітря та рівномірність їх розподілу в об'ємі середовища [6, 7]. Тобто ступінь вилучення дисперсних частинок залежить від параметрів флотаційного шару (його висоти, газонаповненості, дисперсності бульбашок) та їх адгезії до бульбашок повітря. Тому з метою інтенсифікації кавітаційних явищ та супутнього їм ефекту флотації дисперсних частинок запропоновано вводити у рідкофазні середовища незначні частки повітря (0,5-3,0 % щодо об'єму середовища).

Мета роботи – дослідження впливу введення у водне середовище незначних часток повітря на ефективність кавітаційно-флотаційної технології очищення рідкофазних середовищ від дисперсних частинок.

Матеріали та методи дослідження. Кавітаційні поля генерували у ГДСК. Значення параметрів кавітаційного оброблення: тиск на вході у кавітатор – 0,57 МПа; діаметр сопла – 1,6 мм; кількість сопел – 5; кут атаки струменів – 150°. Максимальна спожита потужність приводу насоса кавітатора становила

1,555 кВт (за номінального значення 1,1 кВт). Температура вихідної води – 285^{±5} К, її об'єм – 25 дм³.

Повітря вводили перед ГДСК за допомогою компресора Sonic Silent Powerful 9908 у частці 0,5-3,0 %. Порівняння інтенсивності розвитку кавітаційних полів за введення незначних часток повітря у водне середовище та без нього виконували на основі результатів сонохімічного аналізу (осцилограм акустичного сигналу кавітаційних полів та відповідних спектрів частот), графічну інтерпретацію яких отримували за допомогою програми для запису та редагування аудіофайлів Adobe Audition 1.5. Характеристики акустичного сигналу кавітаційних полів вимірювали за допомогою сферичного гідрофона типу 8105, комутованого з ПК. Робочий діапазон частот такого гідрофона перебуває в межах 0,1 Гц-160 кГц, а чутливість у режимі прийому звуку становить -205 (дБ відн. 1 В)/мкПа. Зміну амплітуди відносного звукового тиску кавітаційних полів, сформованих у ГДСК, впродовж 15-хвилинного оброблення визначено за залежністю [8]

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^{\frac{\Delta A}{20}}, \quad (1)$$

де: P_2 / P_1 – відношення амплітудних значень звукового тиску кавітаційних полів на 1-й та 15-й хвилинах оброблення, рази; ΔA – зміна інтенсивності акустичного сигналу, дБ. Радіус флотаційних бульбашок ($R_{фл.б.}$, м) визначено за формулою, виведеною під час вивчення пульсацій бульбашок у полі звукових хвиль [9]

$$R_{фл.б.} = \frac{3,3}{\omega_{рез}}, \quad (2)$$

де ω – резонансна частота пульсацій бульбашок, Гц.

Для визначення ступеня насичення води киснем, що виділяється саме внаслідок кавітації, попередньо проводили деоксигенацію води. Для цього кисень, розчинений у вихідній воді, зв'язували хімічно, додаючи стехіометричну кількість натрію сульфату. Вміст кисню, що виділився внаслідок сонолізу, і розчинився у воді за адіабатичних умов вимірювали киснеміром EZODO 7031; точність вимірювання – 0,01 мг O₂/дм³.

Вміст сірки у сірчаній руді та флотоконцентраті визначено сульфідним методом. Під час приготування пульпи сірчаної руди до неї додавали флотореагенти (гас, сонову олію, крохмаль, силікатний клей, натрію карбонат). Вміст кальцію оксалату в імітаті забруднених вод оцінено за значенням оптичної густини, виміряної за допомогою фотоколориметра КФК-3, який працював у режимі нефелометра (довжина хвилі – 340 нм). Перед вимірюванням оптичної густини проби рідкофазного середовища фільтрували через поліамідний фільтр з діаметром отворів 0,2 мкм для відділення подрібнених у кавітаційних полях частинок кальцію гідроксиду.

Електрокінетичний потенціал дисперсних частинок кальцію гідроксиду визначали електрофоретичним методом рухомої межі – за переміщенням межі між рідкофазним середовищем та "бічною рідиною" в зовнішньому електричному полі. Для чіткого визначення цієї межі до рідкофазного середовища додава-

ли індикатор – фенолфталеїн. Як "бічну рідину" використовували 0,2 N розчин натрію хлориду. На електроди подавали напругу 35 В.

Положення межі розділу "рідиннофазове середовище – бічна рідина" фіксували за допомогою фотоапарата "Nikon" Coolpix L25 на фоні шкали; отримані фотозображення обробляли у редакторі "Adobe Photoshop CS 6". Значення електрокінетичного потенціалу (ξ , мВ) обчислено за рівнянням Гельмгольца-Смолуховського [10]:

$$\xi = \frac{1000\eta}{\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{SL}{\tau E}, \quad (3)$$

де: 1000 – коефіцієнт перерахунку В у мВ; η – в'язкість дисперсійного середовища, Па·с (для води $\eta = 0,001$ Па·с); ϵ – відносна діелектрична проникність дисперсійного середовища (для води $\epsilon = 81$); ϵ_0 – діелектрична проникність вакууму, Ф/м ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м); S – переміщення межі, м; L – відстань між електродами, м; τ – тривалість переміщення межі, с; E – різниця потенціалів, В.

Результати дослідження та їх обговорення. Осцилограми акустичного сигналу кавітаційних полів, сформованих у ГДСК як за введення повітря, так і без нього, наведено на рис. 1. Рівень акустичного сигналу "0 дБ" відповідає максимально можливій амплітуді піків хвильової форми, за якої ще можливе фіксування величини сигналу.

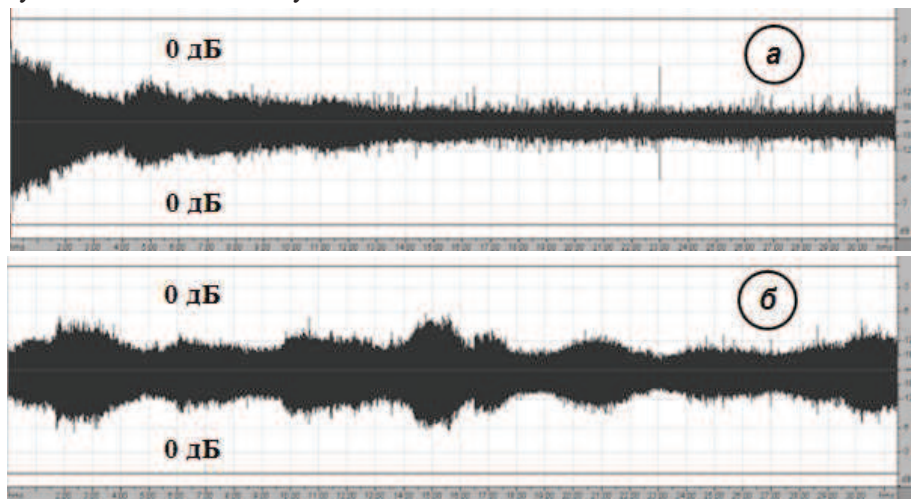


Рис. 1. Осцилограми акустичного сигналу кавітаційних полів, сформованих у струменевому кавітаторі; вміст введеного у водне середовище повітря (% об.): а) 0; б) 2

Виявлено, що величина акустичного сигналу кавітаційних полів без введення у водне середовище повітря впродовж 15 хв оброблення зменшується від -4 до -18 дБ (конусоподібний профіль зміни величини акустичного сигналу, (див. рис. 1, а)). Це відповідає зменшенню величини амплітуди звукового тиску в 5 разів. Тобто кавітація у часі "згасає". Максимальний інтенсифікувальний ефект кавітаційних явищ та ефекту флотації спостерігали за введення повітря у

частці 2 %, що давало змогу, окрім пульсацій синусоїдального характеру (див. рис. 1, б), підтримувати усереднене значення величини акустичного сигналу на рівні -12 дБ. При цьому усереднений розмір флотаційних бульбашок, що відповідав значенню резонансної частоти 4250 Гц, становив 0,78 мм, а реакційна система набувала інтенсивного й рівномірного молочно-білого забарвлення, зумовленого нагромадженням дрібнодисперсних бульбашок.

Залежність ступеня насичення води киснем (x , % від максимально можливого за відповідних умов (температур середовища та атмосферного тиску)), утвореним внаслідок сонолізу молекул води під час кавітації, від тривалості кавітаційного оброблення (t , хв) за різного вмісту введеного у середовище повітря наведено на рис. 2.

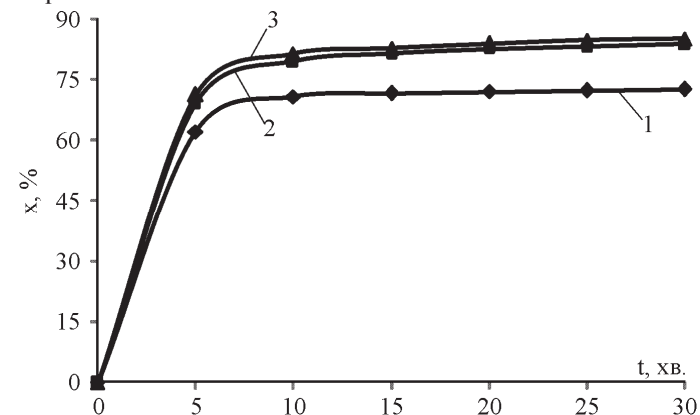


Рис. 2. Залежність ступеня насичення води киснем (x , %) від тривалості кавітаційного оброблення (t , хв); вміст введеного у водне середовище повітря (% об.): 1) 0; 2) 2; 3) 3

Із рис. 2 видно, що ступінь насичення води киснем за рахунок сонолізу її молекул у кавітаційних полях впродовж 30 хв становить 72,69 % від максимально можливого. Збільшення вмісту введеного у водне середовище повітря від 0 до 2 % зумовлює зростання ступеня насичення на 11,24 % (від 72,69 до 83,93 %). Подальше збільшення вмісту повітря не спричиняє істотного зростання ступеня насичення – зростає всього на 1,24 % (від 83,93 до 85,17 %). Це пов'язано із встановленням абсорбційно-десорбційної рівноваги у системі "рідина – газ". Тому з метою запобігання перевитрат повітря доцільно вводити його у частці 2 % щодо об'єму рідкофазного середовища. Позитивними аспектами генерування кисню у кавітаційних полях внаслідок сонолізу молекул води є підвищення ймовірності деструкції органічних забруднювачів та ефективності процесу флотації внаслідок його десорбції з рідкої фази.

Вплив частки введеного у рідкофазне середовище повітря на ефективність процесу флотації досліджували на прикладі суспензії сірчаної руди. Вміст сірки у вихідній руді становив 19,81 % мас. Залежність вмісту сірки у флотоконцентраті (C_s , % мас.) від частки введеного у водне середовище повітря ($C_{нов}$, % об.) наведено на рис. 3.

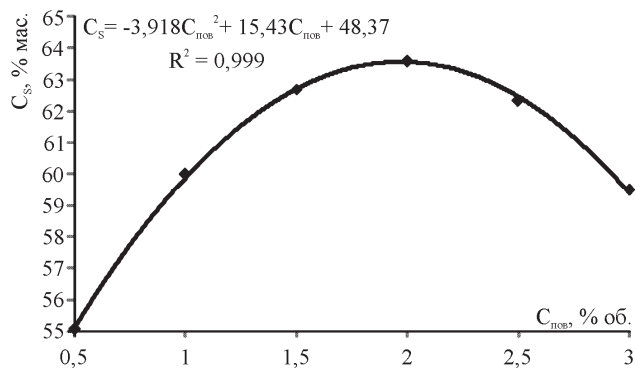


Рис. 3. Залежність вмісту сірки у флотоконцентраті (C_s , % мас.) від частки введеного у водне середовище повітря ($C_{пов}$, % об.)

Максимального коефіцієнта збагачення сірчаної руди (відношення вмісту сірки у флотоконцентраті до її вмісту у вихідній руді), що дорівнював 3,21, досягали у разі введення у водне середовище повітря у частці 2 %. Саме за такого вмісту повітря інтенсивність ерозійної дії кумулятивних струменів, що утворюються внаслідок сплескування кавітаційних бульбашок, на ступінь розкриття зерен руди і, відповідно, подрібнення частинок пустої породи є максимальною. Без введення повітря утворення флотоконцентрату не спостерігали.

Дослідження впливу незначних часток повітря, введених у рідкофазне середовище, на величину електрокінетичного потенціалу дисперсної фази та ефективність процесу кавітаційно-флотаційного вилучення забруднювачів, здійснювали із використанням рідкофазного середовища – імітату стічних вод шкіряних виробництв, що містив натрію оксалат. Натрію оксалат є протравою під час дублення шкіри й утворює з водою стійку колоїдну систему. Концентрація натрію оксалату в імітаті становила 1 г/дм³. Для вилучення забруднювача до імітату додавали стехіометричну кількість освітленої частини вапняного молока з вмістом $Ca(OH)_2$ 1,5 г/дм³. У лужному середовищі (за $pH > 9$) утворюється дигідрат кальцію оксалату, який швидко трансформується у моногідрат. Флотацію малорозчинного продукту взаємодії натрію оксалату з кальцію гідроксидом здійснювали у сумішеному апараті колонного типу, що складався з двох частин: нижньої – струменевого кавітатора зі системою профільованих сопел та верхньої – флотаційної. Значення тиску на вході у кавітатор під час флотації кальцію оксалату становило 0,35 МПа, оскільки подальше збільшення тиску зумовлювало зростання швидкості потоку середовища, що негативно впливало на прилипання дисперсних частинок до поверхні бульбашок і, як наслідок, ефективність процесу флотації значно знижувалась.

Залежність ступеня освітлення ($C_{осв}$, %) рідкофазного середовища від кратності кавітаційного оброблення (n , рази) наведено на рис. 4.

Зростання ступеня освітлення середовища за кратності кавітаційного оброблення 1,85 (5-хвилинне оброблення), порівняно із необробленим середовищем на 9,75 % (від 84,71 до 94,46 %), зумовлене гомогенізуванням системи "натрію оксалат – кальцію гідроксид" та хімічною взаємодією її компонентів. Подальше зменшення ступеня освітлення на 6,14 % (від 94,46 до 88,32 %), що від-

повідає кратності оброблення 3,7 (10 хв), можна пояснити утворенням кристалогідрату – дигідрату кальцію оксалату, який швидко трансформується в моногідрат. Упродовж наступних 10-ти хвилин (до 20-тої), що відповідає кратності оброблення 7,39, ступінь освітлення зростає на 6,31 % (від 88,32 до 94,63 %), що зумовлено розкладом у кавітаційних полях моногідрату до кальцію оксалату і флотацією останнього.

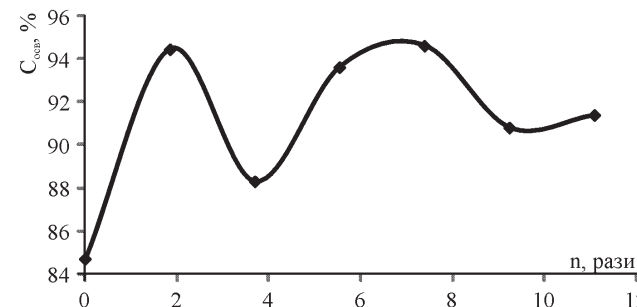


Рис. 4. Залежність ступеня освітлення ($C_{осв}$, %) рідкофазного середовища від кратності кавітаційного оброблення (n , рази)

Далі ступінь освітлення зменшується. Це, очевидно, спричинене блокуванням поверхонь бульбашок, до яких прилипають під час флотації частинки кальцію оксалату, подрібненими частинками кальцію гідроксиду та моногідрату кальцію оксалату, що призводить до збільшення гідрофільності поверхні частинок кальцію оксалату, зменшення адгезії частинок кальцію оксалату внаслідок зменшення ефективної площі прилипання і, відповідно, ефективності флотації. Погіршення ефективності флотації може бути зумовлене диспергуванням твердих частинок з утворенням т. зв. "шламового покриття", що супроводжується зростанням величини електрокінетичного потенціалу понад 40 мВ [11]. Для підтвердження чи спростування цього ефекту потрібно було дослідити зміну електрокінетичного потенціалу (ζ , мВ) частинок кальцію гідроксиду під час кавітаційно-флотаційного вилучення кальцію оксалату. Залежності величини ζ на межі розділу фаз "бульбашки – частинки $Ca(OH)_2$ " від тривалості кавітаційного оброблення (t , хв) за введення повітря у водне середовище і без нього наведено на рис. 5.

Із рис. 5 видно, що введення повітря у середовище спричиняє зростання величини ζ -потенціалу. Максимальне значення ζ -потенціалу на межі розділу фаз "бульбашки – частинки кальцію гідроксиду" як за введення повітря у середовище (72 мВ), так і без нього (48 мВ), відповідало тривалості кавітаційного оброблення 15 хв. Саме у цей період (10-20-та хвилини кавітаційного оброблення) відбувається флотація частинок кальцію оксалату, що супроводжується зростанням ступеня освітлення середовища. Однак, починаючи вже з 10-тої хвилини оброблення, величина ζ -потенціалу за введення повітря у середовище перевищує 40 мВ (становить 48 мВ) і надалі зростає до 72 мВ, тобто ймовірність диспергування частинок $Ca(OH)_2$ та блокування поверхонь бульбашок істотно зростає. За збільшення тривалості оброблення можливий навіть зворотний щодо флотації процес – седиментація кальцію оксалату внаслідок налипання на його поверхні дрібнодисперсних частинок кальцію гідроксиду. Це узгоджується

зі збільшенням ступеня освітлення середовища за кратності оброблення, що перевищує значення 9,24, тобто після 25-хвилинного оброблення.

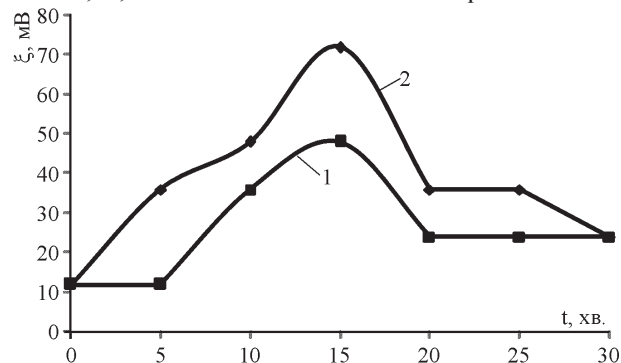


Рис. 5. Залежності електрокінетичного потенціалу (ξ , мВ) на межі розділу фаз "бульбашки – частинки кальцію гідроксиду" від тривалості кавітаційного оброблення (t, хв) за вмісту повітря (% об.): 1-0; 2-2

Висновки. Введення незначної частки повітря у рідкофазні середовища (2 %) інтенсифікує розвиток кавітаційних явищ, сприяє формуванню флотаційного шару, що містить велику кількість дрібнодисперсних бульбашок, збільшує ступінь насичення води киснем та величину електрокінетичного потенціалу (від 48 до 72 мВ за 15-хвилинного оброблення), що виникає на межі розділу фаз "бульбашки – частинки кальцію гідроксиду". Це позитивно впливає на показники процесу флотації дисперсних частинок: підвищує вміст сірки у флотоконцентраті та ступінь вилучення кальцію оксалату. Отже, результати виконаних досліджень дають змогу стверджувати, що введення незначних кількостей повітря значно підвищує ефективність кавітаційно-флотаційної технології очищення рідкофазних середовищ.

Література

1. Знак З.О. Розроблення кавітаційно-флотаційного процесу очищення стічних вод в аспекті реалізації сучасних концепцій синтезу хіміко-технологічних систем / З.О. Знак, Ю.В. Сухачький, Р.В. Мних // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Хімія, технологія речовин і їх застосування. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2014. – № 787. – С. 75-79.
2. Знак З.О. Дослідження залежності ефективності роботи гідродинамічного струменевого кавітатора від конструктивних параметрів кавітувального елемента / З.О. Знак, Ю.В. Сухачький, Р.В. Мних // Вібрації в техніці та технологіях : зб. наук. праць. – 2015. – № 2 (78). – С. 18-26. – ISSN 2306-8744.
3. Анісімов В.В. Сучасні уявлення про кавітацію як явище та інтенсифікуючий фактор в хімічній технології / В.В. Анісімов, П.П. Єрмаков // Вопросы химии и химической технологии : сб. науч. тр. – 2012. – № 4. – С. 178-183.
4. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах : монографія / Т.М. Вітенько. – Тернопіль : Вид-во ТДТУ ім. Івана Пулюя, 2009. – 224 с.
5. Маргулис М.А. Звукохимические реакции и сонолюминесценция / М.А. Маргулис. – М. : Изд-во "Химия", 1986. – 288 с.
6. Ralston J. Flotation. Bubble-particle capture / J. Ralston // Encyclopedia of Separation Science. – San Diego: Elsevier Science Publishing Co Inc., 2000. – Vol. 4. – Pp. 1464-1471.
7. Colic M. The development and application of centrifugal flotation systems in wastewater treatment / M. Colic, W. Morse, J.D. Miller // Int. J. Environment and Pollution. – 2007. – Vol. 30, No. 2. – Pp. 296-312.

8. Инженерный справочник. Таблицы TehTab.ru. Децибел, как единица измерения звукового давления. Абсолютная величина. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://tehtab.ru/guide/guideunitsalphabets/guideunitsalphabets/decibel/decibelsoundpressurelevelunits/>.

9. Метгер И. Физическая природа кавитации и механизм кавитационных повреждений / И. Метгер // Успехи физических наук : сб. науч. тр. – 1948. – Т. XXXV, вып. 1. – С. 52-79.

10. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Химия", 1975. – 512 с.

11. Jowett A. Slime coating of coal in flotation pulps / A. Jowett, H. El-Sinbawy, H.G. Smith // A Quaterly Journal of Fuel and Combustion Science. – 1956. – Vol. 35, No. 3. – Pp. 303-309.

Надійшла до редакції 03.06.2016 р.

Сухачький Ю.В. Исследование эффективности кавитационно-флотационной технологии очистки жидкофазных сред от дисперсных частиц

На основе метода сонохимического анализа исследовано влияние воздуха, введенного в количестве 0,5-3,0 % по объему жидкофазной среды, на интенсивность развития кавитационных явлений, в частности в гетерогенных системах "жидкость-дисперсные твердые частицы". Установлено влияние введенного воздуха на эффективность процессов флотации в различных системах: флотационного обогащения серной руды и степень извлечения высокодисперсного кальция оксалата. Уменьшение эффективности флотации с увеличением продолжительности кавитационной обработки дисперсных гетеросистем обусловлено блокированием поверхности флотационных пузырьков, что подтверждено методом подвижной границы – по величине электрокинетического потенциала дисперсных частиц кальция гидроксида.

Ключевые слова: кавитация, флотация, жидкофазные среды, дисперсные частицы, электрокинетический потенциал.

Sukhatskiy Yu. V. The Study of the Efficiency of Cavitation-flotation Technology of the Liquid Phase Environment Treatment from Dispersed Particles

On the basis of the sound chemical analysis the influence of air introduced in an amount of 0.5...3.0 % on about the volume of liquid phase environment, on the intensity of cavitation, particularly in heterogeneous systems "liquid – dispersed solid particles", was investigated. The influence of air introduced on flotation process efficiency in different systems was established to be the following: flotation concentration of sulfuric ores and the degree of extraction of high grade calcium oxalate. Reduced effectiveness of flotation with increasing duration of cavitation processing dispersed heterosystems occurs due to blocking surface of flotation bubbles confirmed by the method of the limit moving – largest of electrokinetic potential of dispersed particles of calcium hydroxide.

Keywords: cavitation, flotation, liquid phase medium, dispersed particles, electrokinetic potential.

УДК 674.093.26

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФАНЕРИ З ПОПЕРЕДНІМ ІНФРАЧЕРВОНИМ ПРОГРІВАННЯМ ПАКЕТІВ ШПОНУ

В.В. Форос^{1,2}

Проаналізовано основні проблеми із виробництва фанери, наведено можливі варіанти їх вирішення. Запропоновано використання інфрачервоного випромінювання для операції попереднього прогрівання пакетів шпону. Визначено вплив режимних параметрів виготовлення зразків фанери: температури інфрачервоного прогрівання, тривалості прогрівання підпресованих пакетів шпону в спектрі інфрачервоного випромінювання та

¹ аспір. В.В. Форос – НУ біоресурсів і природокористування України, м. Київ;

² наук. керівник: проф. П.А. Бехта, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів.