

Н.Л. МАКСИМІВ, В.Л. СТАРЧЕВСЬКИЙ, докт. техн. наук;
Національний університет «Львівська політехніка»

РУЙНУВАННЯ БАКТЕРІАЛЬНИХ КЛІТИН У ВОДНІЙ ДИСПЕРСІЇ ПІД ЧАС УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ

Досліджено вплив ультразвуку на процес руйнування бактеріальних кластерів та збільшення як концентрації живих мікроорганізмів так і швидкості біологічних процесів. Запропоновано математичну модель, яка описує руйнування бактеріальних агрегатів з утворенням окремих мікроорганізмів або агрегатів менших розмірів.

The influence of ultrasound on decomposition of bacterial clusters and the increase of the concentration of viable microorganisms in dispersion as well as the rate of biological processes has been investigated. Mathematical model describes decomposition of bacteria aggregates with formation of single microorganisms or small bacteria aggregates during sonication is proposed.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями.

Для міських стічних вод є характерним високе бактеріальне забруднення. Людина за добу виділяє близько $4,48 \cdot 10^{12}$ мікробів, відповідно і концентрація бактерій у неочищених міських стічних водах досягає десятків мільйонів в 1 мл. Бактеріальне населення міських стічних вод складається з апатогенних і патогенних бактерій. Для забезпечення високого ступеня очищення води від бактеріального забруднення актуальним є пошук нових ефективних методів водоочищення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ультразвук (УЗ) може використовуватись для покращення розкладу активного мулу при біологічній обробці стічної води [1 – 3]. Ультразвукова обробка добре диспергованих мікроорганізмів веде до їхньої деструкції чи знищення [4, 5].

Спостерігається зменшення бактерій *E. coli*, концентрованих в кавітуючих воронках, де кавітація генерувалась до 1000 разів [4]. Інактивація мікроорганізмів може пов'язуватись з їхньою обробкою з допомогою гідропероксидних радикалів, утворених з води внаслідок росту і колапсу мікробульбашок за умов кавітації [5, 6].

Метою нашого дослідження було порівняння впливу ультразвуку на руйнування колоній *Saccharomyces cerevisiae* в дисперсії і продуктів їх роз-

паду, а також на зменшення ХСК бактеріальних дисперсій. Створення моделі ультразвукової обробки для комплексного окислення бактерій та органіки.

Для експериментів використовувались дисперсії дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* різних концентрацій. Застосовувався ультразвуковий генератор УЗДН-2Т з робочою частотою 22 кГц та потужністю 40 Вт. Мікробне число (МЧ) визначали до і після обробки з допомогою поверхневого висівання на м'ясопептонному агарі. Вплив ультразвуку вимірювався для 4 різних концентрацій клітин дріжджів при різній тривалості обробки і температурі 36 °С.

Дослідження концентрації живих мікроорганізмів після диспергування сухих *Saccharomyces cerevisiae* протягом озвучування показує, що їхня концентрація зростає протягом перших 30 хв. до максимуму. Далі їхня кількість різко зменшилась у порівнянні з необробленими бактеріями (рис. 1).

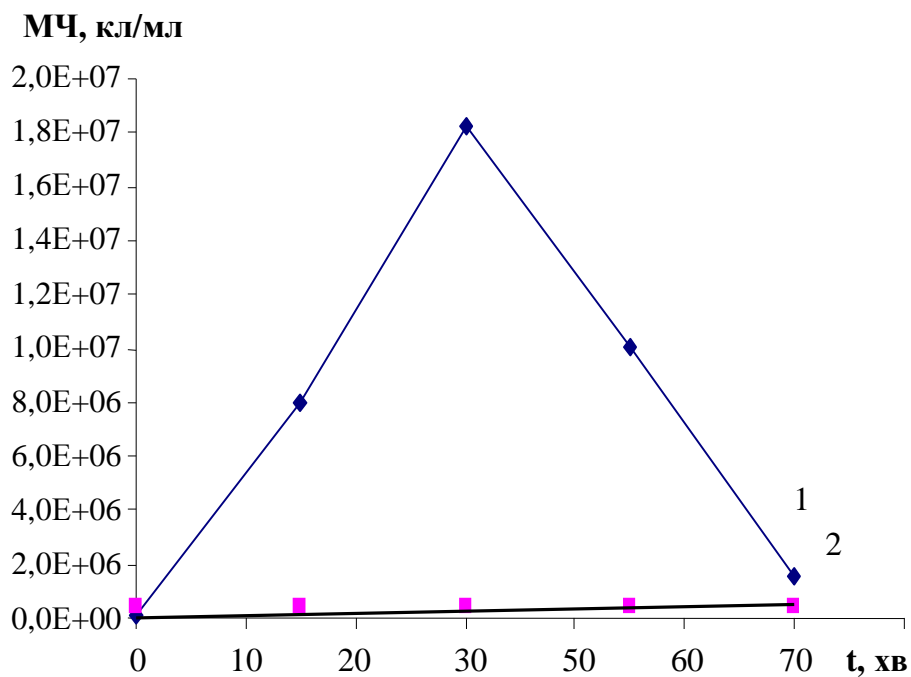


Рис. 1. Залежність числа живих *Saccharomyces cerevisiae* в одиниці об'єму дисперсії від часу протягом озвучування (1) і без нього (2). Початкова концентрація 1,6 г/л

Дослідження розміру агрегату з допомогою седиментаційного методу показало, що середній радіус агрегатів зменшується протягом 30 хв озвучування (рис. 2).

Механізм уйнування бактеріальних агломератів може писуватись, враховуючи припущення, що енергія ультразвуку витрачається на утворення нової поверхні контакту з середовищем, коли руйнується агломерат. Об'єм бактеріального агломерату можна розраховувати відповідно до рівняння (1):

$$V = 4 \pi R^3 / 3 \quad (1)$$

де R – радіус агрегату, знайдений з допомогою седиментаційного методу.

Число агрегатів в одиниці об'єму дисперсії дорівнює (2):

$$N = c / (V \rho) \quad (2)$$

де c – початкова концентрація *Saccharomyces cerevisiae* в дисперсії; ρ – густина кулястих мікроорганізмів.

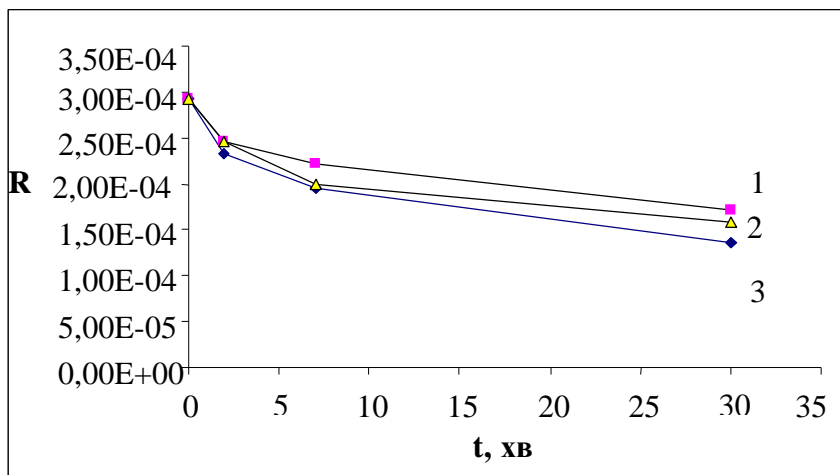


Рис. 2. Зміна радіусу агрегатів клітин в часі протягом озвучування. Початкові концентрації дріжджів в аеробних умовах були 1,6 (1), 4 (2) г/л і в анаеробних умовах 1,6 г/л (3)

Рис. 3 показує, що концентрація бактерій зростає практично лінійно в часі д 30 хв. Це співпадає з мікробіологічними даними (рис. 1). Швидкість утворення агрегату зростає, коли зростає початкова концентрація *Saccharomyces cerevisiae* в дисперсії.

Припускаючи, що виділення енергії ультразвуку є постійним в часі; швидкість формування нової поверхні зруйнованого агрегату є пропорційна до області поверхні, яка приймає участь у формуванні зв'язку між частинами в агрегаті (3):

$$dS_n / dt = - k S_n N \quad (3)$$

де k – константа утворення нової поверхні; S_0 – поверхня, яка приймає участь в утворенні зв'язку між частинами в агрегаті в одиниці об'єму дисперсії.

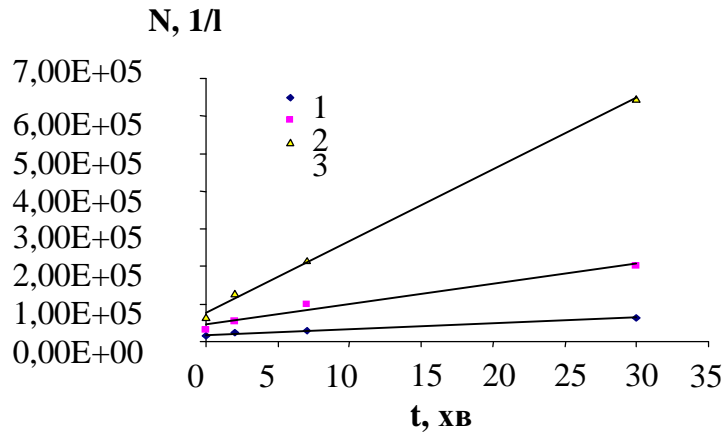


Рис. 3. Залежність числа агрегатів *Saccharomyces cerevisiae* в часі протягом обробки ультразвуком. Початкові концентрації дріжджів 1,6 (1), 4 (2) і 8 (3) г/л.

Рівняння (4) може одержуватись з допомогою інтегрування рівняння (3):

$$\ln(S_n/S_{n0}) = -kt \quad (4)$$

де S_{n0} – початкова поверхня, яка приймає участь у формуванні зв'язку між частинами в агрегаті в одиниці об'єму початкової дисперсії (5):

$$S_n = N_1 S_1 - N S_a \quad (5)$$

де N_1 – загальна кількість мікроорганізмів в агрегаті або окремих бактерій; S_1 – область поверхні однієї окремої бактерії; S_a – зовнішня область поверхні агрегату.

$$S_a = 4\pi R^2 \quad (6)$$

Далі з рівнянь (4) – (6) можна отримати рівняння (7):

$$\ln(1 - 4\pi N R^2 / (N_1 S_1)) = \ln(1 - 4\pi N_0 R_0^2 / (N_1 S_1)) - kt \quad (7)$$

де N_0 і R_0 – початкові концентрації агрегатів в дисперсії і їхній радіус.

Таким чином, математична модель описує процес дисперсії агрегатів бактерій.

Висновки. Ультразвукова технологія є ефективним методом покращення руйнування бактеріальних кластерів, а також збільшення як концентрації живих мікроорганізмів в дисперсії, так і швидкості біологічних процесів. За-

пропонована математична модель, яка описує руйнування бактеріальних агрегатів з утворенням окремих мікроорганізмів або агрегатів меншого розміру.

Список літератури: **1.** *Chu C. P.* Weak ultrasonic pre-treatment on anaerobic digestion of flocculated activated biosolids / [C. P. Chu, D. J. Lee, B. V. Chang, C. S. You, J. H. Tay]. – Wat. Res. – 2002. – 36 (11). – P. 2681 – 2688. **2.** *Chu C.P.* Observation on changes in ultrasonically treated waste activated sludge / [C. P. Chu, B. V. Chang, G. S. Liao, D. S. Jean, D. J. Lee]. – Wat. Res. – 2001. – 35 (4). – P. 1038 – 1046. **3.** *Hogan F.* Ultrasonics Sludge treatment for enhanced anaerobic digestion / [F. Hogan, S. Mormedi, Clark P., M. Crane]. – Water Sci. Tech. 2004. – 50 (9). – P. 25 – 32. **4.** Fifth International Symposium on Cavitation., 1 – 4 November. 2003. – P. 5 – 12. **5.** *Wang X. K.* Sonochemical Degradation Kinetics of Methyl Violet in Aqueous Solutions / Xi Kui Wang, Guan Hong Chen, Wei Lin Guo // Molecules. – 2003. – № 8. – P. 40 – 44.

Надійшла до редколегії 06.06.09

УДК 541.138

Б.І. БАЙРАЧНИЙ, докт. техн. наук; **Л.В. ЛЯШОК**, канд. техн. наук;
І.О. АФОНІНА, **Г.М. ЩІЧКА**, **Т.В. ОРЄХОВА**; НТУ “ХПІ”, Харків

ЕЛЕКТРОСИНТЕЗ КАТАЛІТИЧНО АКТИВНОГО ЕЛЕКТРОДА ПОЛІАНІЛІН-ПАЛАДІЙ

Запропоновано використання метода електрохімічної полімеризації для формування електропровідникових плівок поліаніліну на різних підкладках і в електролітах, а також досліджена можливість диспергування паладію в полімерну матрицю. Досліджена електрохімічна поведінка Pd-Пан-систем (Пан – поліанілін), які синтезуються при електроосадженні паладію на Пан-ГрБ-електрод (ГрБ – графітізований бутилкаучук).

The use of method of electrochemical polymerization for forming of electrospending films of polianilina on different electrodes and electrolytes is offered, and also possibility of dispersion of palladium in a polymeric matrix is explored. The electrochemical behavior of Pd-Pan-Systems (Pan – polianilin), formed by electrodeposition of palladium on Pan-GRB-electrode is explored (GRB – grafitizing butyl rubber).

Проблема пошуку нових ефективних та дешевих електродних матеріалів для проведення електрокаталітичних реакцій залишається актуальною і досі. Одним із перспективних способів впливу на електрокаталітичну активність металевих електродів являється модифікація їхньої поверхні органічними по-