

acoustic radiation of ultrasonic range on modification of natural clinoptilolite by ions of argentums // Chemistry, Technology and Application of Substances / Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2020. – Т 3. – №1. – С. 33-39.

3. Знак З.О., Маиталер А.С., Зінь О.І., Жук Т.В. Модифікування природного клиноптилоліту йонами срібла для застосування в косметології та медицині // Науковий підхід до сфери практичної косметології: актуальні питання й тренди : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (11 березня 2020 р., м. Харків). – Х.: НФаУ, 2020. – С. 87-91.

Робота виконана в межах виконання з/д №0624 «Дослідження модифікування природного клиноптилоліту для одержання сорбентів з додатковими функційними властивостями».

ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНОЇ ДЕКТРУКЦІЇ БЕНЗЕНУ В ГІДРОДИНАМІЧНОМУ КАВІТАТОРІ

**З.О. Знак¹, Ю.В. Сухацький¹, О.І. Зінь¹, П. Танекар², П.Р. Гогейт²,
Н.М. Гнатишин³**

¹Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів

²Інститут хімічної технології, Мумбаї, Індія

³ДВНЗ «Калуський політехнічний коледж»

RESEARCH OF CAVITATION DESTRUCTION OF BENZENE IN A HYDRODYNAMIC CAVITATOR

Z.O. Znak¹, Yu.V. Sukhatkyi¹, O.I. Zin¹, P. Thanekar², P.R. Gogate², N.M. Hnatyshyn³

¹Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

²Institute of Chemical Technology, Mumbai, India

³State Higher Education Establishment "Kalush Polytechnic College"

For neutralization of benzene and its homologues in the wastewater of industrial enterprises, it is proposed to use the method of cavitation using a hydrodynamic jet-type cavitator. The peculiarities of cavitation oxidation of benzene depending on the pressure at the inlet to the cavitator and air flow are established. It is shown that with increasing pressure, the efficiency of benzene decomposition may decrease due to the course of parallel reactions involving water sonolysis products. Studies have confirmed the prospects of using the cavitation tank of sodium for wastewater treatment from benzene.

Бензен та його гомологи утворюються в багатьох технологіях: коксування кам'яного вугілля, нафтоперероблення, органічний синтез тощо. Ці сполуки піддаються біодеградації, але цей процес є доволі тривалим і на його швидкість істотно впливають інші домішки у стічних водах. належать до одних з поширених забруднювачів природних водоем. Окрім того, згідно з Правилами приймання стічних вод необхідне їх попереднє очищення за місцем утворення. Тому одним з напрямків вирішення цієї проблеми є організація високо ефективного процесу окисної деструкції ароматичних сполук з утворенням кінцевих сполук – води та вуглекислого газу – безпосередньо на підприємстві. Виконаними з використанням ультразвукового випромінювача «Ultrasonic UD-20» (частота випромінювання 20 кГц) дослідженнями було показано високу ефективність розкладу бензену під дією кавітаційних явищ. Тому наступним кроком було дослідження цього процесу в кавітаторі гідродинамічного типу, який легко масштабувати з метою

впровадження у промислових умовах.

Дослідження проводили на установці, зображеній на рис. 1. Головним елементом установки був гідродинамічний кавітатор, виконаний з кварцового скла, що містив 3 сопла з діаметром вихідного отвору 2 мм, кут між осями яких дорівнював 160...165°.

Аналіз водного середовища на вміст бензену здійснювали спектрофотометрично за допомогою спектрофотометрів Spescord 40M і ULab-102 в діапазоні довжин хвиль 200...900 нм.

Калориметрично встановлено, що зі збільшенням тиску на вході у кавітатор ефективність кавітації зростає, що підтверджується інтенсивнішим збільшенням температури (рис. 2). Методом акустичного аналізу показано, що за тиску менше 0,2 МПа кавітація практично не відбувається.

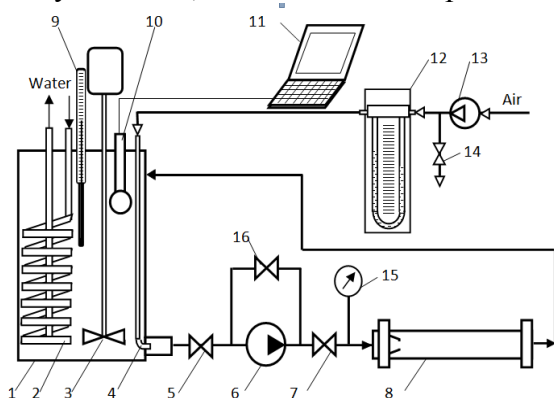


Рис. 1. Установка з гідродинамічним кавітатором для дослідження деструкції бензену:

- 1 – циркуляційна ємність; 2 – система охолодження; 3 – мішалка; 4 – вхід повітря; 5, 7, 14, 16 – крани;
- 6 – циркуляційний насос; 8 – кавітатор; 9 – термометр; 10 – гідрофон; 11 – ПК; 12 – реометр; 13 – компресор;
- 15 – манометр

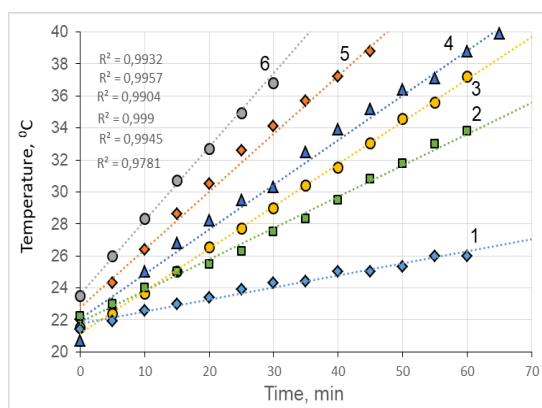


Рис. 2. Залежність зміни температури від часу:

- Тиск, МПа: 1 – 0,15; 2 – 0,20; 3 – 0,27;
- 4 – 0,30; 5 – 0,36; 6 – 0,39

Дослідження кавітаційного розкладу бензену в двох паралельних дослідах підтвердив хорошу відтворюваність результатів (максимальна відносна похибка не перевищувала 6,7 %) – рис. 3.

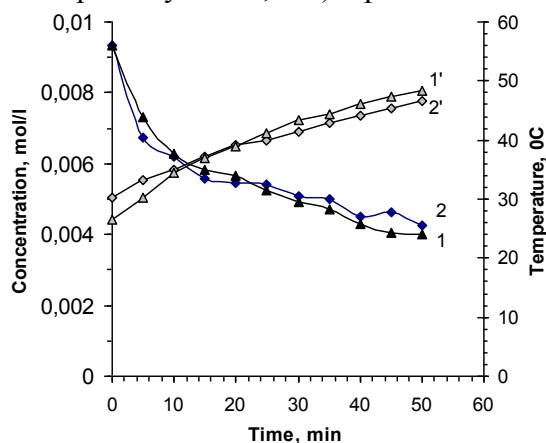


Рис. 3. Залежність концентрації бензену та температури від часу: 1, 2 – концентрація бензену, моль/дм³; 1', 2' - температура, °C

Відносно низький ступінь перетворення, ймовірно, пов'язаний з тим, що процес відбувався при підвищеній початковій температурі розчину (понад 30 градусів), яка згодом зростає до 40 і більше градусів. Попередні дослідження виявили, що саме в районі 40 градусів швидкість перетворення ароматичних сполук є найнижчою.

Встановлено, що найбільший ступінь перетворення та найвища швидкість перетворення бензену досягались не за тиску 0,39 МПа,

чого варто було чекати, а дещо нижчого – 0,24 МПа (рис. 4). Такий ефект можна пояснити тим, що під час кавітації генеруються радикали як продукти сонолізу води. Зі збільшенням тиску ефективність кавітації зростає, що призводить до більшого виходу сполук радикальної природи, внаслідок чого їх концентрація та ймовірність взаємодії між собою збільшуються. Відтак швидкість реакції з ароматичними сполуками зменшується. Відповідно зменшується й ступінь перетворення бензену (рис. 4).

Введення в потік водно-бензенової суміші повітря сприяє окисній деградації ароматичної сполуки (рис. 5). Очевидно, що незначні кількості газу, введеного у водне середовище перед насосом, сприяє збудженню кавітації та генеруванню продуктів радикальної природи.

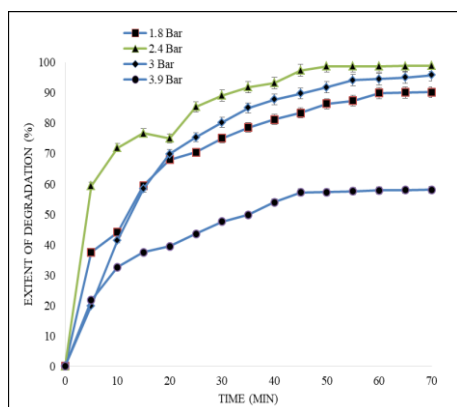


Рис. 4. Вплив тиску на вході на ступінь деградації бензолу в адіабатичних умовах:

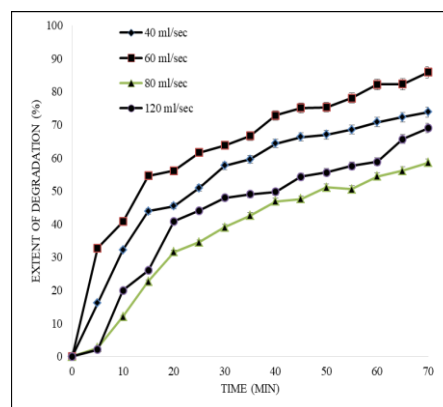


Рисунок 5: Вплив поєднання гідродинамічної кавітації з повітрям на ступінь деградації бензолу в адіабатичних умовах

Отже, виконаними дослідженнями показано, що головні закономірності розкладу бензену під дією ультразвукових коливань підтверджуються в гідродинамічному кавітаторі струменевого типу. Більше того, ступінь перетворення бензену впродовж такого самого часу у гідродинамічному кавітаторі є більшим, ніж в УЗ-випромінювачі за меншої питомої витрати енергії.

Отримані результати підтверджують доцільність та перспективність проведення подальших досліджень кавітаційного розкладу бензену.

1. Z. Znak, Yu. Sukhatskiy, O. Zin, R. Mnykh. Application of cavitation in technologies for purification of industrial wastewater from aromatic compounds // WATER SUPPLY AND WASTEWATER DISPOSAL: Designing, Construction, Operation and Monitoring / Edited by Henryk Sobczuk, Beata Kowalska. – Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2020. – P. 336-348.
2. Yu.V. Sukhatskiy, Z.O. Znak, O.I. Zin. Cavitation and its Combinations with other Advanced Oxidation Processes in Phenol Wastewater Treatment: A Review // Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii, 2020, No. 4, pp. 16-30.
3. Сухацький Ю.В., Знак З.О., Капаціла С.М., Садова І.Б. Кавітація у комбінованих технологіях очищення стічних вод від толуену // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки. 2020, № 1. – С. 96-104.

Робота виконана на замовлення Міністерства освіти і науки України в рамках виконання Україно-Індійської науково-дослідного проекту М/39-2020 «Hydrodynamic cavitation based intensified and low cost technology for industrial wastewater treatment containing toxic organic compounds and solid particles».