

БЕЗПЕЧНІСТЬ І ТОКСИЧНІСТЬ КАВІТАЦІЙНОЇ АКТИВАЦІЇ ВОДИ У ПРИСТРОЯХ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ТИПУ

Вітенько Т.М., д-р техн. наук, проф.,

Ворошук В.Я., канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

Зміну фізико-хімічних властивостей рідин під дією кавітаційної обробки, що відома в літературі як «активація», використовують у багатьох галузях промисловості для інтенсифікації тепломасообмінних і фізико-хімічних процесів. Разом із тим існує велика кількість питань, пов'язаних з механізмом і кінетичними закономірностями хімічних перетворень, що виникають у воді під впливом фізичних ефектів гідродинамічної кавітації, з безпечністю її використання в харчовій і хіміко-фармацевтичній промисловостях. Слід зауважити, що складність досліджуваних явищ потребує в кожному випадку їхнього індивідуального вивчення з використанням сучасного обладнання. Тому метою роботи було дослідження та обґрунтування можливого механізму і кінетики фізико-хімічних перетворень у воді під дією кавітаційних ефектів та узагальнення отриманих результатів щодо безпечності й токсичності активації рідини. Згідно з отриманими результатами кавітаційної обробки у пристрої динамічного типу деаерований дистилат змінює рН лише на 4%, дистилат – на 12%, а водопровідна вода – на 16%. Різницю отриманих за рН результатів можна пояснити наявними у водопровідній воді солями, з якими може сполучатися іон H^+ , і газами. Оскільки зміна рН середовища характеризує його активність, то з практичної точки зору важливо, наскільки довго цей показник залишається незмінним. Для вивчення цього питання досліджували зміни рН із часом після кавітаційної обробки. Згідно з отриманими даними без доступу повітря рН залишається незмінним із часом. Результати визначення озону показали, що його кількість не перевищує 0,0001 ммоль/л. Це мізерні концентрації, які не можуть впливати на якість процесу, і вони надалі не розглядалися. Спостерігається накопичення пероксиду водню.

Досліди показали, що швидкість накопичення H_2O_2 не залежить від тривалості процесу обробки води в інтервалі 0...20 хв і від величини рН в інтервалі 6...8 і визначається величиною енергії, що поглинає система (E), а також складом парогазової фази. Нижче наведені типова залежність концентрації H_2O_2 ($M \cdot 10^6$) від часу обробки води (τ) при рН = 7 в атмосфері повітря при $E = 100 \text{ Вт/дм}^3$ і кінетичне рівняння накопичення H_2O_2 (табл.).

Таблиця – Залежність концентрації H_2O_2 від часу обробки води

τ, c	150	300	420	540	600	900	1200
$[H_2O_2], M \cdot 10^6$	1,43	2,80	3,96	5,06	5,61	8,36	11,2

$$d [H_2O_2]/dt = k_1. \quad (1)$$

При $pH=7$ і $E=100$ Вт/дм³ вміст в атмосфері кисню $k_1=15,9 \cdot 10^{-9}$ М·с⁻¹, аргону – $5,63 \cdot 10^{-9}$ М·с⁻¹. Ініціювання хімічних перетворень можна пояснити елементарними процесами, які відбуваються в умовах високих локальних температур і тисків у парогазовому об'ємі бульбашок, і далі у воді, куди вони потрапляють після сплескування останніх. Теоретично механізм цих процесів наведено у працях із ультразвукової кавітації, радіолізу, електророзрядної кавітації тощо. Механізм утворення частинок активованої води, її розпад на радикали та іони, утворення озону і перекису водню підтверджений експериментально, а дані використано для математичного опису процесів і розрахунку концентрацій відповідних сполук. Отримані результати відповідають таким значенням енергетичного виходу продуктів розкладу води під час її кавітаційного оброблення (частинки на 100 еВ): $H_2O_2 - 7,2 \cdot 10^{-6}$, $HO_2^+ - 4,4 \cdot 10^{-4}$, $OH - 5,8 \cdot 10^{-5}$. Слід зазначити, що незважаючи на малий термін життя цих сполук і малі концентрації, сама їх наявність у рідкій фазі викликає сумніви щодо можливостей застосування такої обробки для приготування настоянок чи використання такої води в харчовій промисловості. Тому спільно з аспірантами ТДМУ були проведені дослідження щодо безпечності й токсичності води після кавітаційної обробки і настоянки шовковиці для тварин, яка була приготовлена з використанням активованого екстрагенту. Тваринам вводили еквівалентну кількість (20 мг/кг) активованої питної води, 40 або 70%-ву спиртову настоянку шовковиці. Оцінювали загальний стан, летальність, динаміку маси тіла тварин, а по закінченні досліду після виведення тварин з експерименту проводили макроскопічну оцінку стану внутрішніх органів і систем та розраховували масові коефіцієнти внутрішніх органів. За отриманими результатами ознак інтоксикації в день введення та протягом 14 діб у щурів обох статей не виявлено: тварини були охайними, активними, реагували на звукові та світлові подразники, процеси сечовиділення і дефекації були в нормі, порушення дихання та судом не було, рефлексорна збудливість була збережена. Споживання води та їжі щурів цих груп було в нормі. Загибелі тварин протягом усього періоду спостереження не зареєстровано. Ці результати свідчать про те, що зазначений вид обробки може використовуватись для активації води й екстрагентів.