

## ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД З РІЗНИМИ ТИПАМИ ЗАБРУДНЕНЬ

© Савка І.М., Шевчук Л.І., Никулишин І.Є., Піх З.Г., 2008

Сучасні технологічні процеси зумовлюють утворення різної кількості стічних вод. Такі стоки є складними системами, сумішшю органічних і неорганічних сполук різних концентрацій. Кількість стічних вод, зокрема і тих, що містять шкідливі органічні речовини, невпинно зростає з року в рік. Сучасні методи біохімічного очищення не забезпечують достатнього зниження їхньої концентрації. Одним з методів інтенсифікації окиснення органічних сполук є використання енергії акустичної кавітації. Цей спосіб використаний для очищення стічних вод діючих львівських виробництв, для яких проблема очищення стоків від забруднень органічного характеру є актуальною.

Modern technological process stipulate formation of different amount of waster waters. Such sewages are the difficult systems, mixture of organic and inorganic compounds of different concentrations. Amount of waster waters, including those which contain harmful organic compounds, incessantly grows from year to year. The modern methods of the biochemical cleaning do not provide the sufficient decline of their concentration. One of intensification methods of organic compounds oxidation processes there is the use of acoustic cavitation energy. This method is utilized by us for the process of waster waters cleaning of operating Lviv productions for which a problem of sewage cleaning from contaminations of organic character is vital problem.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями. Діючі виробництва в технології використовують велику кількість продуктів (вихідних, проміжних і кінцевих), які зумовлюють утворення різної кількості стічних вод, забруднених різноманітними органічними і неорганічними речовинами. Такі стічні води є складними системами, сумішшю сполук різних концентрацій. Скидання стічних вод у водойми здійснюють тільки за умови виконання спеціальних вимог, які встановлені Законом України “Про охорону навколишнього природного середовища” і регламентуються “Правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами”. Основним показником кількості органічних забруднень, що надходять у водойми зі стічними водами, є величина повного біохімічного споживання кисню (БСК<sub>повне</sub>). Сучасні методи очищення стічних вод в аеротенках дають змогу зменшити концентрацію органічних речовин на 80–90 %. Паралельно проходять процеси біохімічного та хімічного окиснення речовин киснем повітря. Основними недоліками цих процесів є великий об'єм аеротенків та мала продуктивність реакційного об'єму. Проте кількість стічних вод, зокрема і тих, що містять органічні сполуки, збільшується з року в рік. Сучасні методи біохімічного очищення не забезпечують достатнього зниження концентрації органічних речовин. Треба відзначити також високу вартість біохімічного очищення вод [1].

Одним з методів інтенсифікації окиснення органічних сполук є використання енергії акустичної кавітації, що виникає при проходженні через рідину коливань різної частоти.

**Мета роботи** – застосування акустичної кавітації для очищення стічних вод діючих львівських виробництв, для яких проблема очищення стоків від забруднень органічного характеру є актуальною, встановлення закономірностей використання кавітації для підвищення ефективності і продуктивності водоочищення.

**Експериментальна частина. Об'єкти досліджень:** стічні води підприємства АТ “Світоч”; штучно створені модельні суміші н-бутанол (модельна суміш № 1) та бензиловий спирт (модельна суміш № 2).

Технологічний процес очищення стічних вод на підприємстві поділяється на такі стадії:

- бактерицидна обробка;
- механічні фільтри;
- пом'якшення води ;
- знезалізнення води;
- хлорування води.

Таке очищення знижує концентрацію органічних речовин лише на 80 %.

Відомо, що швидкість окиснення органічних речовин під дією УЗ визначається двома складовими: швидкостями термічного та звукохімічного ініціювання [2], які по-різному залежать від умов ведення процесу [3–5]. Тому для встановлення оптимальних умов автоокиснення та звукохімічного окиснення домішок органічних сполук на підприємстві АТ “Світоч”, вивчено залежність ефективності дії УЗ від температури у реакційній системі. Досліди з окиснення домішок здійснювали при температурах  $T = 293\text{--}333\text{ K}$  та тиску  $p=0,5\cdot 10^5\text{--}4\cdot 10^5\text{ Па}$  (надл.) для суміші з н-бутанолом, підбираючи однакові умови експерименту для ведення процесу як в ультразвуковому полі, так і без нього. Відповідно готувалися вихідні розчини з однаковими початковими значеннями хімічного споживання кисню (ХСК). Неочищена стічна вода АТ “Світоч” містить велику кількість домішок як органічного, так і неорганічного походження: пропіленгліколь; етиловий спирт; н-бутанол; ізопропіловий спирт; триацетил; моносахариди (сахароза, глюкоза, лактоза, фруктоза); диметилсульфоксид; гліцерин; жири. Для аналізу взято неочищену стічну воду АТ “Світоч” на стадії подавання стічної води на очисні споруди з початковим значенням  $\text{ХСК}_0=1000\text{--}3000\text{ мг/дм}^3$ . Були здійснені дослідження стічних вод підприємства АТ “Світоч”(табл. 1).

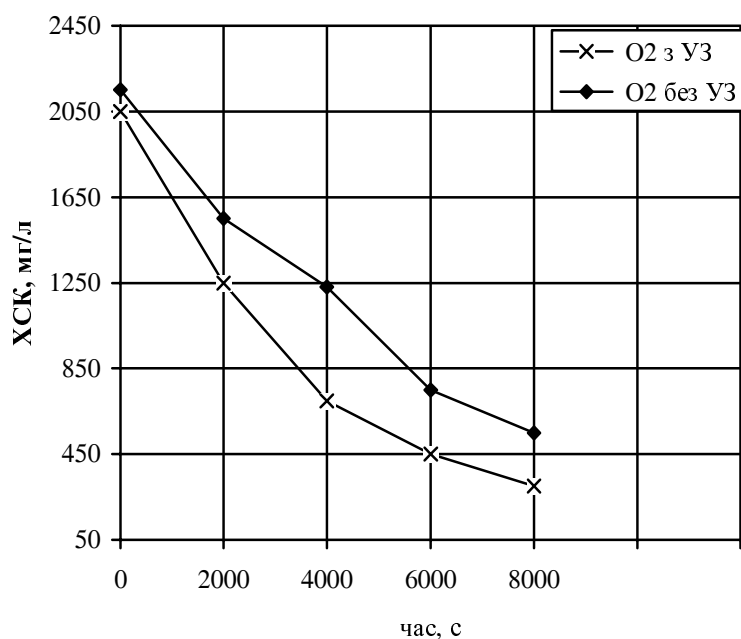
Таблиця 1

Аналіз проб стічних вод АТ “Світоч”

| № проби | ph    | БСК,<br>мг $O_2^*$ / дм <sup>3</sup> | ХСК,<br>мг $O_2^*$ /дм <sup>3</sup> | Сухий залишок,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Залізо загальне,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Хлориди,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Аміак,<br>мг/дм <sup>3</sup> |
|---------|-------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------------------|------------------------------|
| 1       | 11.50 | 577.0                                | 1400.0                              | 2732.0                               | 1.05                                   | 304.9                          | 19.24                        |
| 2       | 9.00  | 892.2                                | 2000.0                              | 1624.0                               | 1.76                                   | 248.2                          | 21.30                        |
| 3       | 7.90  | 177.3                                | 420.0                               | 904.0                                | 0.97                                   | 124.1                          | 8.24                         |
| 4       | 8.40  | 1240.0                               | 2700.0                              | 2524.0                               | 1.83                                   | 88.6                           | 17.60                        |
| 5       | 8.0   | 380.0                                | 600.0                               | 861.0                                | 1.69                                   | 177.3                          | 26.80                        |
| 6       | 7.65  | 121.6                                | 140.0                               | 1031.0                               | 0.44                                   | 159.5                          | 4.20                         |
| 7       | 9.30  | 289.2                                | 800.0                               | 1031.0                               | 0.88                                   | 159.5                          | 2.22                         |
| 8       | 8.8   | 1480.0                               | 2400.0                              | 1278.0                               | 2.02                                   | 248.2                          | 31.40                        |
| 9       | 7.8   | 1376.0                               | 2000.0                              | 2288.0                               | 2.56                                   | 106.4                          | 3.90                         |
| 10      | 8.20  | 592.0                                | 800.0                               | 2582.0                               | 1.75                                   | 195.0                          | 5.70                         |
| 11      | 7.65  | 432.0                                | 5400.0                              | 943.0                                | 1.45                                   | 70.9                           | 2.05                         |
| 12      | 7.30  | 3040.0                               | 1100.0                              | 855.0                                | 2.80                                   | 88.6                           | 2.50                         |
| 13      | 8.25  | 1280.0                               | 1500.0                              | 3199.0                               | 1.91                                   | 106.35                         | 12.70                        |
| 14      | 7.75  | 444.2                                | 1400.0                              | 787.0                                | 1.93                                   | 124.07                         | 8.70                         |
| 15      | 8.10  | 802.4                                | 600.0                               | 960.0                                | 0.50                                   | 350.95                         | 19.10                        |
| 16      | 9.30  | 162.3                                | 1000.0                              | 1230.0                               | 0.90                                   | 124.1                          | 4.80                         |
| 17      | 9.20  | 336.3                                | 1400.0                              | 1211.0                               | 0.20                                   | 326.14                         | 22.10                        |
| 18      | 8.85  | 202.3                                | 2500.0                              | 1231.0                               | 2.00                                   | 159.52                         | 7.02                         |

Аналіз отриманих експериментальних даних показує, що за постійної температури  $T=303$  К частково спостерігається зменшення ХСК, однак експериментальні дані мають дуже розрізнений характер і лабораторні експерименти не дали змоги отримати відтворювані результати, що пов'язано з нестабільністю і непостійним якісним та кількісним складом органічних домішок. Тому для одержання коректних даних і визначення оптимальних умов реакції було створено дві модельні суміші: № 1 (н-бутанол) та № 2 (бензиловий спирт) за фіксованих кількісного та якісного складів органічних домішок. Вибір цих компонентів зумовлений їхньою найбільшою концентрацією у розчині “Манодес”, який на цьому виробництві використовується для миття форм після завершення технологічного процесу (прозора, безбарвна рідина такого складу: денатурований спирт, ізопропіловий спирт, н-бутанол, вода, бензиловий спирт, каприлові гліцериди).

Відомо, що підвищення температури полегшує виникнення кавітації, але ефективність розтріскування бульбашок при цьому зменшується [6]. Встановлено, що швидкість окиснення домішок в ультразвуковому полі є вищою, ніж без ультразвуку (див. рисунок).



Залежність ХСК суміші № 1 від часу при  $T = 313$  К і  $p = 10^5$  Па

Для суміші № 2 при 303 К швидкість окиснення в ультразвуковому полі становить 1,71 мг/л·с проти 1,50 мг/л·с без ультразвуку. При 318 К швидкість зростає в 1,39 раза (2,83 мг/л·с і 2,03 мг/л·с відповідно), при 328 К – на 5,4 % (2,52 мг/л·с і 2,39 мг/л·с). Отже, із зростанням температури швидкість звукохімічної реакції окиснення зростає повільніше ніж швидкість термічної (табл. 2). Аналогічна залежність спостерігається і для суміші № 2 (табл. 3).

Таблиця 2

**Залежність константи швидкості окиснення суміші № 2 від температури за різних умов експерименту**

| № з/п | Т, К | $(1/T) \cdot 10^3$ | $k \cdot 10^4, c^{-1}$ |        |
|-------|------|--------------------|------------------------|--------|
|       |      |                    | з УЗ                   | без УЗ |
| 1     | 303  | 3.3                | 2.82                   | 1.5    |
| 2     | 318  | 3.14               | 4.10                   | 3.83   |
| 3     | 328  | 3.04               | 5.13                   | 4.23   |

**Залежність константи швидкості окиснення суміші № 2  
від температури за різних умов експерименту**

| № з/п | Т, К | $(1/T) \cdot 10^3$ | $k \cdot 10^4, c^{-1}$ |        |
|-------|------|--------------------|------------------------|--------|
|       |      |                    | з УЗ                   | без УЗ |
| 1     | 303  | 3.3                | 1.57                   | 1.29   |
| 2     | 313  | 3.2                | 2.36                   | 2.0    |
| 3     | 323  | 3.1                | 3.52                   | 3.5    |
| 4     | 333  | 3.0                | 5.16                   | 6.2    |

Аналогічне явище – спадання швидкості звукохімічної реакції із зростанням температури – характерне для всіх процесів, що проходять в ультразвуковому полі. Це пояснюється тим, що хімічна дія ультразвуку пов'язана з явищем кавітації, що виникає в рідині при проходженні через неї коливань достатньої потужності. Із зростанням температури підвищується швидкість випаровування рідини і її парціальний тиск всередині кавітаційної порожнини, що полегшує стадію росту і підвищує ефективність кавітаційних процесів.

**Висновки.** Недосконалість хімічних та фізико-хімічних методів водоочищення зумовлює потребу у розробленні нових високоефективних технологій очищення стічних вод від органічних сполук, зорієнтованих на використання енергії ультразвукової кавітації.

- Встановлено, що неочищені стічні води підприємства АТ “Світоч” містять велику кількість домішок як органічного, так і неорганічного походження. Здійснено аналіз води на вміст заліза, хлоридів, аміаку, зважених речовин; визначено рН, БСК і ХСК стічних вод.
- Показано, що застосування акустичної кавітації дає змогу прискорити окиснення домішок у 1,2–1,7 раза.
- Встановлено практичну можливість застосування ультразвукової обробки для покращання ефективності водоочищення.

1. Мокрий Є.М., Старчевський В.Л. Каталітичні реакції в умовах кавітації. – Львів: Світ, 1993. – 69 с. 2. Мокрый Е.Н., Старчевский В.Л. Ультразвук в процессах окисления органических соединений. – Львов: Выща шк., 1987. – 119 с. 3 Маргулис М.А. Основы звукохимии. – М.: Выси. шк., 1984. – 272 с. 4. Маргулис М.А. Звукохимические реакции и сонолюминесценция. –М.: Химия, 1986. – 286 с. 5. Шевчук Л. І., Звукохімічне очищення стічних вод від домішок органічних сполук: Дис. канд. техн. наук. – Львів, 2002 – 143 с. 6. Маргулис М.А., Дмитриева А.Ф. Исследование динамики схлопывания кавитационного пузырька. Вывод уравнений движения пузырька с учетом теплообмена // Журн. физ. химии. – 1981. – Т. 55, вып. 1.