

ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВА МАРГАРИНУ ПІД ВПЛИВОМ ГАЗІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ В КАВІТАЦІЙНИХ УМОВАХ

Вашкрак У.Ю., Шевчук Л.І., Афтаназів І.С.
Національний університет «Львівська політехніка»
пл. Святого Юра, 2, 79000, м. Львів
UlianaVashkurak@gmail.com
shev.lili2206@gmail.com
ivan.aftanaziv@gmail.com

Вивчено вплив газів різної природи – азоту, кисню, повітря, суміші газів азоту і кисню у співвідношенні 1:1 – на процес очищення стічних вод ВП «Львівський жиркомбінат», відділення маргарину. Проведено дослідження впливу барботованого газу як у кавітаційних умовах, так і без них. Розраховано ступені знезараження води в кавітаційних умовах. Наведено ряд згубного впливу газів на біологічні забруднення. *Ключові слова:* стічні води, кавітація, біологічні забруднення, гази різної природи.

Обеззараживание сточных вод производства маргарина под влиянием газов различной природы в кавитационных условиях. **Вашкурак У.Ю., Шевчук Л.И., Афтаназив И.С.** Изучено влияние газов различной природы – азота, кислорода, воздуха, смеси газов азота и кислорода в соотношении 1:1 – на процесс очистки сточных вод ОП «Львовский жиркомбинат», отделение маргарина. Проведено исследование влияния барботованого газа как в кавитационных условиях, так и без них. Рассчитано степени обеззараживания воды в кавитационных условиях. Приведен ряд пагубного влияния газов на биологические загрязнения. *Ключевые слова:* сточные воды, кавитация, биологические загрязнения, газы различной природы.

Disinfection of wastewater of margarine production under the influence of the gases of different nature in cavitation conditions. **Vashkrak U., Shevchuk L., Aftanaziv I.** The influence of gases of different nature – nitrogen, oxygen, air, a mixture of nitrogen and oxygen gases in the ratio of 1: 1 to the process of wastater treatment – VP “Lviv fat plant”, branch of margarine as studied. The study of the influence of bubble gas in both cavitation conditions and without them is carried out. Has calculated the degrees of water disinfection in cavitation conditions. A number of harmful effects of gases on biological pollution are presented. *Key words:* wastewater, cavitation, biological pollution, gases of various nature.

Постановка проблеми. Зростання потужностей підприємств олійно-жирової галузі на сьогоднішньому етапі розвитку харчової промисловості призводить до утворення надзвичайно великих кількостей відпрацьованих вод, які формують стічні води виробничого процесу. До складу таких стічних вод входять не лише органічні, але й біологічні забруднення.

Обслуговуючі очисні споруди нездатні очистити забруднені стічні води до рівня санітарних вимог. Це створює вагомую екологічну проблему, оскільки зумовлює забруднення поверхневих вод. Основним джерелом їх надходження є стоки виробництв харчової олії [1]. Біологічні речовини, які присутні у стічних водах, дають поштовх процесам гниття, цвітіння води, зараження її хвороботворними бактеріями, а також становлять негативний вплив на довкілля.

Актуальність дослідження. Сьогодні якісне очищення стічних вод олійно-жирової галузі потребує значних зусиль і створює серйозну проблему для навколишнього середовища. Тому пошук нових економічно доцільних технологій очищення стічних вод є актуальним для забезпечення екологічної безпеки

олійних і маргаринних виробництв. До таких технологій належать кавітаційні технології очищення стічних вод, які дають змогу одночасно руйнувати забруднення стічних вод різного походження.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Стічні води різних підприємств відрізняються за типом і кількістю забруднювачів, для знешкодження яких необхідно застосовувати різні методи водоочислення. Важливим завданням є пошук і дослідження методів, які були б ефективними для різного роду забруднювачів. Нами проведено дослідження, які підтверджують ефективність застосування кавітації в поєднанні з газами різної природи для стічних вод пивоварної промисловості [2]. Аналогічні дослідження є необхідними і для стічних вод, одержаних внаслідок виробництва маргарину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кавітація – це утворення в рідині порожнин низького тиску, які швидко ростуть, а потім асиметрично розриваються з великою інтенсивністю. Явище кавітації зазвичай можна розглядати як хмару бульбашок, що утворюються поблизу ульт-

тразвукового (УЗ) джерела (УЗ рога) [3]. Бурхливий розрив бульбашок під час кавітації викликає екстремальні локальні температури та тиски, що виробляють вільні радикали та дають початок багатьом хімічним реакціям (наприклад, окислення забруднюючих речовин, стерилізація, полімеризація, десульфурація тощо). Водночас у потоці кавітації генеруються потокові струми, надзвичайно швидкі мікроструми і величезні сили зсуву, що сприяє широкому діапазону фізичних (механічних) впливів (наприклад, емульгування, фрагментація частинок, осередки порушення, гомогенізація, диспергування, деагломерація, дегазація тощо) [4].

Основний принцип УЗ ґрунтується на руйнуванні як бактеріальних клітин, так і важко деградуючих органічних речовин. Під час вивчення впливу УЗ на мікроорганізми, які містяться у стічних водах целюлозної промисловості, експеримент проводився за двох різних частот (35 кГц, 130 кГц) для різних періодів часу (5, 10, 20 і 30 хв). Аналіз результатів проводився за різними параметрами (ХСК, БСК, загальний фосфор і загальний азот). Було встановлено, що у міру збільшення частоти та тривалості проведення дослідів зменшилася кількість бактерій, а також частота 130 кГц була більш ефективною, ніж 35 кГц [5].

Методика УЗ очищення води досліджується за різних умов: як основний метод очищення, як попередня обробка або як комбінований метод з іншими методами дезінфекції (УФ, використання хлору, озону). Встановлено, що більш висока швидкість потоку, вища електрична потужність і більш висока питома енергія призводять до швидшого видалення бактерій. Проводилися дослідження УЗ як процесу попередньої обробки для підвищення ефективності використання гіпохлориту натрію для інактивації *E. Coli* за 20 і 850 кГц. Застосування частоти УЗ 850 кГц може бути дуже ефективним за тривалості 1 хв, тоді як частоту УЗ 20 кГц з хлоруванням краще використовувати в короткий період. В іншому дослідженні показано вплив УЗ попередньої обробки за 500 Вт і 20 кГц на діоксид хлору (ClO_2). Зрозуміло, що під час дії УЗ досягнуто більш високої інактивації. Доведено вплив УЗ за 36 кГц і 200 Вт та відсутності й присутності 1,0 г/мл діоксиду титану (TiO_2), під час дослідження інактивації *Legionella*. Як показали дослідження, без TiO_2 всього 18% життєздатних клітин *Legionella* інактивували, тоді як із TiO_2 97% клітин інактивували через 30 хв [6].

Під час дослідження впливу УЗ на зменшення кількості водоростей у водоймах встановлено, що короткочасний вплив УЗ сприяє «згортанню» газових вакуолей водоростей, що призводить до втрати плавучості та регулюючої здатності і, відповідно, локалізації клітин. До 30, 60, 90, 120 і 150 секунд обробки УЗ, відповідно 8.55, 35.22, 67.22, 90.67 і 100% водоростей було знищено. Крім того, збільшення часу обробки УЗ має значний вплив на видалення водоростей. Результати показують, що немає

значного скорочення популяції водоростей менш ніж за 30 секунд проведення дослідів [7].

Новизна. Експериментальне доведення ефективності спільного застосування УЗ з газами різної природи для знезараження стічних вод виробництва маргарину та визначення газу, який у поєднанні з УЗ проявляє найбільш згубну дію на біологічні забруднення.

Методологічне або загальнонаукове значення. Санітарно-епідеміологічна оцінка якості води визначається мікробним числом (далі – МЧ) – загальною кількістю бактерій в 1 мл. Суть методу полягає у визначенні загальної кількості мікроорганізмів, здатних рости на агарі за температури $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$ протягом 24 год в 1 мл води з подальшим обліком колоній, що виростили в цьому середовищі. Експерименти проводилися за таких сталих значень: частоти – 22 кГц, температури – 298 К, тиску – $1 \cdot 10^5$ Па, змінною була лише природа газу.

Виклад основного матеріалу. УЗ хвилі впливають на різноманітні мікроорганізми – патогенні й непатогенні, анаеробні й аеробні, вегетативні й спорові, а також руйнують продукти їхньої життєдіяльності. Бактерицидна дія УЗ хвиль залежить від такого: параметрів даних фізичних факторів (інтенсивності, частоти коливань, експозиції); морфологічних особливостей збудника (розміру і форми бактеріальної клітини, наявності капсули, хімічного складу мембрани, віку культури).

Під час спільної обробки УЗ та кисню МЧ стічних вод досягає найкращого результату. Впродовж всього процесу проведення дослідів значення МЧ значно зменшується ($326,8 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$ до $13,5 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$), отже вода знезаражується в 1,98 рази.

Важливо зазначити, що барботування самим киснем досліджуваної води призводить до суттєвого зростання мікроорганізмів протягом перших 30 хв – з $29,4 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$ до $33,2 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$. Проте протягом наступних 30 хв спостерігаємо спад кривої, що свідчить про зменшення МЧ з $33,2 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$ до $27,6 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$ і, відповідно, зменшення у 1,63 рази від початкового значення. Під час використання УЗ – зменшення МЧ з $14,2 \text{ КУО/см}^3$ до $10,6 \text{ КУО/см}^3$, тобто у 1,33 рази. Це зменшення є досить незначним, тому ми можемо зазначити, що знезараження стоків лише УЗ вважається неефективним.

На рис. 2 наведено результати, одержані під час впливу азоту на знезараження води. Найвищий ступінь знезараження одержано за спільної дії УЗ та барботованого газу азоту в досліджувану воду, це значення МЧ зменшується з $17,8 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$ до $7,5 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$. Під час застосування лише азоту можемо спостерігати також ефективний результат, а саме: зменшення МЧ з $38,5 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$ до $21 \cdot 10^6 \text{ КУО/см}^3$. Дія самого лише УЗ є найменш ефективною.

Вагомий ефект на знезараження стоків спричиняє суміш газів азоту та кисню у співвідношенні

1:1 (рис. 3). Значення МЧ зменшується (з $26,44 \cdot 10^6$ КУО/см³ до $12,17 \cdot 10^6$ КУО/см³), впродовж усього досліді число мікроорганізмів зменшувалося рівномірно. Під час додавання до суміші газів азоту та кисню ультразвукових хвиль стає помітним вагоме зменшення мікроорганізмів, проте протягом першої години досліді кількість мікроорганізмів різко зменшується з $26,44 \cdot 10^6$ КУО/см³ до $11,48 \cdot 10^6$ КУО/см³, тобто у 2,3 рази. Під час наступної години МЧ знижується більш плавно у 1,28 рази. На час завершення досліді МЧ зменшилось з $26,44 \cdot 10^6$ КУО/см³ до $9 \cdot 10^6$ КУО/см³. Тому застосування суміші газів з ультразвуком можна вважати більш доречним, ніж саму суміш газів.

З рис. 4 можна зробити висновок, що під дією повітря в досліджуваній воді збільшується кількість мікроорганізмів. Найбільший приріст спос-

стерігається в перші 30 хв досліді, МЧ збільшується з $25,44 \cdot 10^6$ КУО/см³ до $26,68 \cdot 10^6$ КУО/см³. Проте впродовж наступних 30 хв експерименту бачимо суттєве зменшення з $26,68 \cdot 10^6$ КУО/см³ до $23,24 \cdot 10^6$ КУО/см³. Під час наступної години спостерігаємо плавний спад кривої, тобто кількість мікроорганізмів поступово зменшується.

Під час барботування повітря МЧ зменшується у 1,5 рази. За сумісної дії УЗ хвиль і повітря спостерігаємо дещо інший результат, число мікроорганізмів почало зменшуватись одразу після початку проведення досліді з $25,44 \cdot 10^6$ КУО/см³ до $14 \cdot 10^6$ КУО/см³, тобто у 1,8 рази.

На рис. 5. наведено порівняльний вплив природи барботованих газів на мікробіологічні забруднення у стічних водах жиркомбінату. Найефективнішим виявився вплив суміші газів азоту та кисню, спосте-

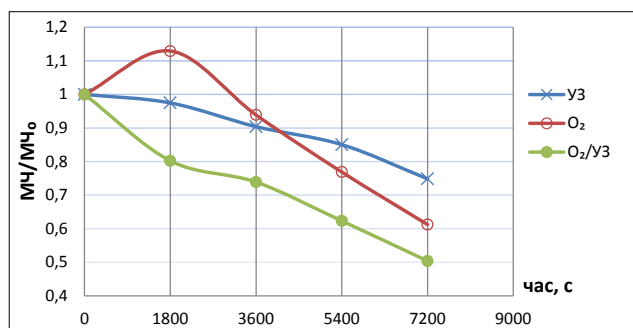


Рис. 1. Залежність відношення МЧ/МЧ₀ стічних вод ВП «Львівський жиркомбінат» в атмосфері кисню від часу за різних умов процесу

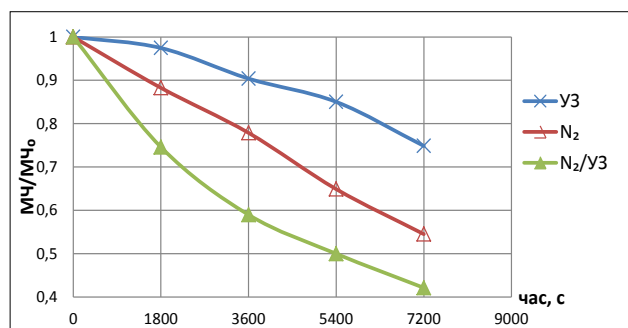


Рис. 2. Залежність відношення МЧ/МЧ₀ стічних вод ВП «Львівський жиркомбінат» в атмосфері азоту від часу за різних умов процесу

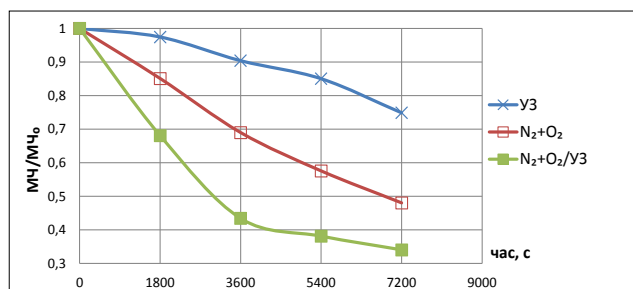


Рис. 3. Залежність відношення МЧ/МЧ₀ стічних вод ВП «Львівський жиркомбінат» в атмосфері азоту з киснем від часу за різних умов процесу

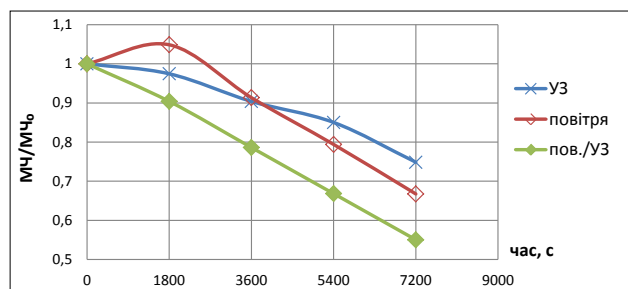


Рис. 4. Залежність відношення МЧ/МЧ₀ стічних вод ВП «Львівський жиркомбінат» в атмосфері повітря від часу за різних умов процесу

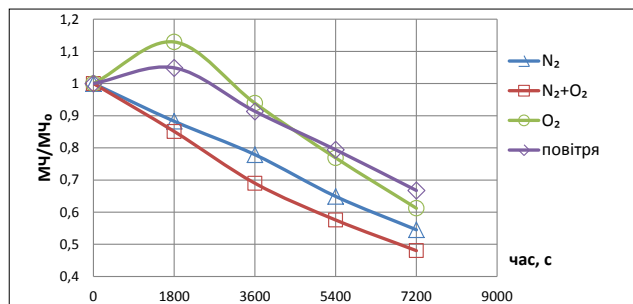


Рис. 5. Залежність відношення МЧ/МЧ₀ стічних вод ВП «Львівський жиркомбінат» в атмосфері різних газів від часу за різних умов процесу

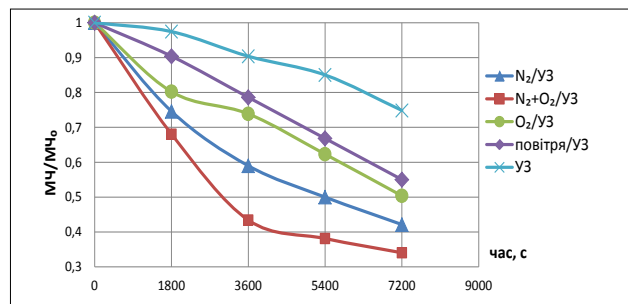


Рис. 6. Звукохімічна залежність відношення МЧ/МЧ₀ стічних вод ВП «Львівський жиркомбінат» в атмосфері різних газів від часу за різних умов процесу

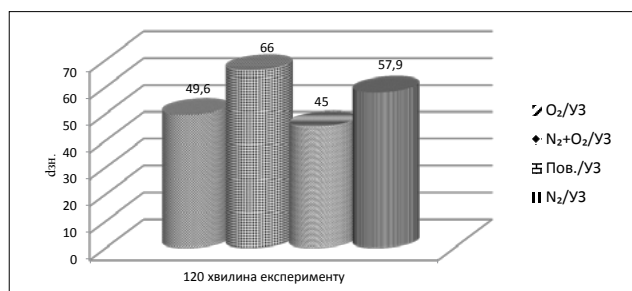


Рис. 7. Степінь знезараження на 120 хв досліджуваної води в присутності газів різної природи з використанням ультразвукових хвиль

рігається активний спад кривої впродовж двох годин експерименту. Підтвердженням цього є зменшення МЧ у 2,08 рази від початкового значення. Під час барботування азоту спостерігаємо близьке значення, МЧ знизилось у 1,83 рази.

Дія кисню та повітря впродовж перших 30 хв майже ідентична, спостерігається приріст мікроорганізмів. Упродовж наступних 30 хв кількість мікроорганізмів суттєво зменшується, МЧ для кисню та повітря зменшується у 1,06 рази та 1,09 рази відповідно. Проте впродовж двогодинного дослідження МЧ для кисню знизилось у 1,63 рази, а для повітря – у 1,49 рази. Утім, дані значення є надто малими порівняно з попередніми дослідженнями, тому використання кисню, а також повітря можна вважати недоцільним.

Аналізуючи сумісний вплив газів та УЗ (рис. 6), спостерігаємо, що найменш ефективним є вплив самого УЗ. за дії азоту з УЗ видно, що кількість мікроорганізмів плавно спадає, а МЧ зменшується в 1,8 рази. Обробка досліджуваної стічної води киснем з УЗ дає порівняно кращий результат, при цьому МЧ спадає в 1,98 рази. Проте під впливом азоту з УЗ результат покращується і МЧ знижується у 2,37 рази.

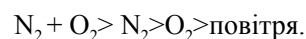
Найкращого ефекту досягнуто під час використання суміші газів азоту та кисню у співвідношенні 1:1 з УЗ, впродовж першої години кількість мікроорганізмів різко спадає, при цьому МЧ зменшується у

2,94 рази. Тому для найбільш ефективного очищення стічних вод доречно застосовувати суміш газів з УЗ.

На рис. 7 наведено ступені знезараження води в кавітаційних умовах.

Застосування УЗ з газами різної природи суттєво покращує знезараження стічних вод. За спільної дії суміші газів азоту та кисню з УЗ ступінь знезараження становить 66%. Вплив азоту з УЗ поступається спільній дії кисню з УЗ, ступінь знезараження за дії азоту з УЗ становить 57,9%. Посередній результат одержано під час обробки досліджуваної води киснем з УЗ, ступінь знезараження – 49,6%. Найменш ефективним є вплив повітря з УЗ, де досягається ступінь очищення 45%.

На основі проведених досліджень впливу природи газів на кавітаційне знезараження стічних вод жиркомбіанату встановлено відносний ряд згубного впливу газів за кавітаційних умов на біологічні забруднення:



Головні висновки і перспективи подальших досліджень. На основі проведеного дослідження впливу природи барботованого газу на знезараження стічних вод жиркомбіанату було встановлено, що найефективнішим є барботування суміші газів азоту та кисню у співвідношенні 1:1 в кавітаційних умовах. Експериментально доведено, що за сумісної дії УЗ з газом відбувається підвищення знезаражувальної дії. Найвищого результату досягнуто за сумісної дії суміші газів азоту та кисню у співвідношенні 1:1 з УЗ. Розраховано і наведено ступені знезараження стічної води в кавітаційних умовах. Відповідно до одержаних результатів встановлено ряд згубного впливу газів на біологічні забруднення в умовах кавітації.

Перспективою подальших досліджень є зміна основних параметрів процесу – температури і тиску – для досягнення глибшого очищення стічної води від біологічних забруднень та одержання вищого ступеня знезараження води.

Література

1. Пономаренко Р.В. Підвищення рівня екологічної безпеки питного водопостачання регіону в умовах забруднення поверхневого джерела. *Екологічна безпека*. Кременчук: КрНУ, 2013. Вип. 1/2011(15).
2. Використання кавітаційних технологій для очищення стічних вод пивоварні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: «Хімія, технологія речовин та їх застосування». № 868. С. 267–272.
3. Шевчук Л.І., Старчевський В.Л., Кавітація. Фізичні, хімічні, біологічні та технологічні аспекти. Видавництво Львівської політехніки, 2014. 376 с.
4. Acoustic Cavitation: The driving force behind ultrasonic processing Alexey Peshkovsky, Ph D Industrial Sonomechanics Jan, 2 2016.
5. Kumar et al., J Chem. Effect of Two Waves of Ultrasonic on Waste Water Treatment *Journal of Chemical Engineering & Process Technology Process Technol.* 2014, 5:3 DOI: 10.4172/2157-7048.1000193.
6. Doosti M.R., Kargar R., Sayadi M.H. Water treatment using ultrasonic assistance: Environment and Civil *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 2012. No 2(2). P. 96–110.
7. Application of Ultrasonic Technology for Water and Wastewater Treatment. *AH Mahvi School of Public Health and Center for Environmental Research, Tehran University of Medical Sciences*. 2009. Iran Vol. 38. No. 2. P. 1–17.