

виявився найслабшим антимікробним агентом під час озвучування суспензії з підвищеним вмістом аеробних бактерій (рід *Sarcina*), але його варто використовувати для процесу знезараження води від *Pseudomonas fluorescens*, про що й говорилось вище. Це знову ж таки вказує на те, що руйнування мікробних клітин значною мірою залежить від того, в атмосфері якого газу проводилося озвучування.

Отже, використання УЗ-оброблення природної води в присутності різних газів дає змогу одержати високий антимікробний ефект, що приводить до покращання санітарно-епідеміологічних показників якості води.

1. Кульський Л.А., Строкач П.П. *Технология очистки природных вод.* – К.: Вища шк., 1986. – 352 с. 2. Комолова Г.С., Левинсон М.С. *Действие ультразвука на дрожжевые клетки в зависимости от характера присутствующего газа // Известия Сибирского отд.* – 1960. – 11. – С. 130–134. 3. Финкельштейн Д.Н. *Инертные газы.* – 2-е изд. – М.: Наука, 1979. – 200 с.

УДК 66.684

Н.Л. Максимів, В.Л. Старчевський
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра загальної хімії

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ БАКТЕРІАЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ НА ВЕЛИЧИНУ ХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ

© Максимів Н.Л., Старчевський В.Л., 2008

Досліджено вплив концентрації біологічного забруднення у воді на зміну величини хімічного споживання кисню (ХСК) води. Результати показують, що збільшення концентрації бактерій у воді не має значного впливу на величину ХСК стічної води. Величина хімічного споживання кисню визначається концентрацією живих клітин бактерій, водорозчинних продуктів їх руйнування та концентрацією органічного забруднення. Протягом 60 хв озвучування бактеріальної суспензії значення ХСК знижується на 7 %, а мікробне число (МЧ) – на 79 %.

The influence of concentrations of biological impurities in water on the change of chemical oxygen demand (COD) of water has been investigated. Our results show that the increases of the concentrations of bacteria in water have no significant influence on COD of wastewater. The COD of water is determined by the concentrations of microorganisms, water soluble products of their destruction and concentration of organic impurities. 79 % inactivation of the microorganisms and the COD decrease percentage 7 % were achieved during ultrasonic irradiation for 60 min.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями. Зростання вимог до якості води вимагає впровадження в практику водопідготовки нових методів очищення, знезараження та кондиціонування води. Очищення води за допомогою ультразвуку (УЗ) характеризується простотою системи очищення та відсутністю токсичних побічних продуктів. Для проведення ефективного процесу очищення води за допомогою ультразвуку доцільним є встановлення залежності величини хімічного споживання кисню (ХСК) від концентрації бактеріального забруднення води.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ступінь забруднення стічних вод визначається за показниками хімічного та біологічного споживання кисню (БСК5) (1). У зв'язку з тривалістю визначення БСК5 найчастіше в дослідженнях використовують показник ХСК, особливо якщо вода

містить органічні речовини, стійкі до біологічного окиснення (1). Так, за зміною величини ХСК визначають як ступінь очищення від хімічних забруднень води (2), так і ступінь руйнування мікроорганізмів під час очищення від біологічних забруднень за допомогою різних методів: за допомогою ультразвуку (УЗ) (3), аеробного очищення (4) або комбінованого методу очищення (ультразвук + аеробне очищення + ензими) (5).

Мета роботи – дослідити вплив концентрації бактеріального забруднення на величину ХСК, а також зміну значення ХСК під час руйнування мікроорганізмів.

Для досліджень використовували дисперсії сухих хлібопекарських дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* різних концентрацій. Дисперсії готували шляхом диспергування наважки дріжджів в 1 л дистильованої води протягом 2 год до повного диспергування і набухання дріжджових клітин. Одержану дисперсію розводили водою для одержання дисперсій з концентраціями 0,8–20 г/л. Джерелом УЗ був магнітострикційний випромінювач, хвилевід якого занурювали у воду і з'єднували із УЗ генератором УЗДН-2Т. Частота УЗ – 22 кГц, температура – 30–40 °С, як окисник використовували чистий кисень. Вимірювали рН, ХСК дисперсій і робили висів для визначення мікробного числа методом глибинного висівання на чашках Петрі з русловим агаром. Число макроколоній підраховували через 48 год інкубації за температури 37 °С. Значення рН проб вимірювали з точністю до $\pm 0,5$ на рН метрі рН-673. Значення ХСК вимірювали методом зворотного титрування проб, які відбирали через кожні 15 хв. Контролем були проби, взяті до озвучування. Оптичну густину дисперсій вимірювали на ФЕКН-56М за довжин хвиль від 364 до 434 нм.

Вимірювання величини ХСК дріжджових суспензій показало, що величина ХСК бактеріальної суспензії із значенням мікробного числа 400000 кл/мл становить близько 190 мг/дм³.

З рис. 1 зрозуміло, що із збільшенням мікробного числа дисперсій в 25 разів величина ХСК зростає тільки в 7,5 раза. Отже, концентрація бактеріального забруднення води незначно впливає на величину хімічного споживання води.

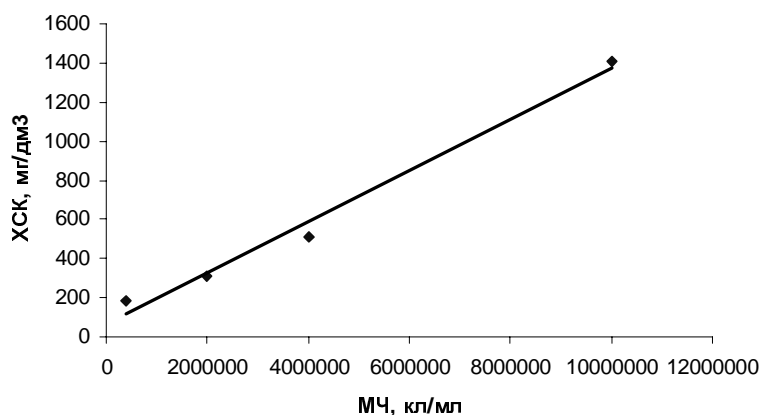


Рис. 1. Залежність ХСК від МЧ бактеріальних дисперсій з концентраціями дріжджів 0,8–20 г/л

Дослідження зміни величини хімічного споживання кисню під час руйнування бактерій проводились в аеробних, анаеробних умовах та під впливом ультразвуку.

В аеробних умовах результати досліджень показали зменшення концентрацій живих клітин як в поверхневому шарі води, так і в об'ємі розчину, що пов'язано з автолізом дріжджових клітин. Під час автолізу відбувається руйнування структури клітин, в розчин потрапляють водорозчинні продукти розпаду бактерій. Збільшення значення рН пов'язане з тим, що під час автолізу дріжджів та окислювального декарбоксілювання виділених ними амінокислот утворюються аміни. Вимірювання величини ХСК в поверхневому шарі дисперсій, які зберігались в аеробних умовах, показало, що ця величина повільно зростає, досягаючи максимуму протягом 6–10 днів. Величина ХСК, очевидно, пов'язана як з присутністю живих клітин дріжджів, так і з концентрацією

водорозчинних органічних продуктів руйнування бактерій. Тому залежність величини хімічного споживання кисню води дріжджових дисперсій можна описати у першому наближенні як суму концентрацій цих компонентів:

$$\text{ХПК} = K_1 \cdot C_{\text{др.}} + K_2 \cdot C_{\text{орг. р.}}, \quad (1)$$

де K_1 і K_2 – константи; $C_{\text{др.}}$ і $C_{\text{орг. р.}}$ – концентрації живих клітин дріжджів і водорозчинних органічних речовин в поверхневому шарі води.

Оскільки концентрація водорозчинних органічних речовин фактично пропорційна до зменшення кількості клітин в об'ємі розчину, то можна прийняти, що

$$C_{\text{орг. р.}} = K_3 \cdot (D_0 - D), \quad (2)$$

де K_3 – константа.

Перетворивши рівняння (1) з врахуванням умови (2), одержимо

$$\text{ХПК}/C_{\text{др.}} = K_1 + K_2 \cdot K_3 \cdot (D_0 - D)/C_{\text{др.}} \quad (3)$$

Як бачимо з рис. 2, одержані дані добре описуються в координатах рівняння (3).

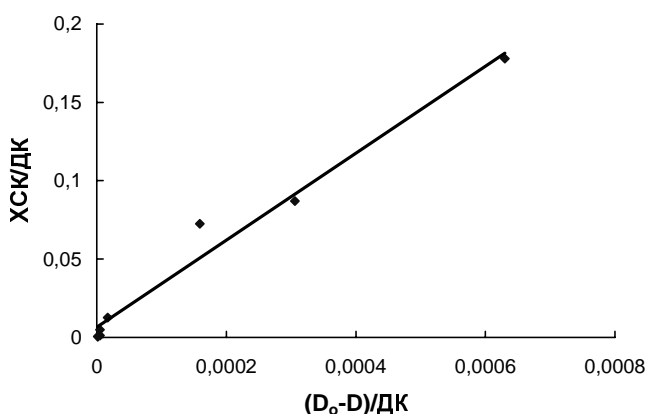


Рис. 2. Залежність відношення ХСК до концентрації живих дріжджових клітин в поверхневому шарі води від відношення оптичної густини дисперсії дріжджових клітин в об'ємі до концентрації дріжджових клітин в координатах рівняння (3) за початкових концентрацій дріжджів в межах 0,1–0,8 г/л

Дослідження рН та оптичної густини (таблиця) показало, що в анаеробних умовах руйнування дріжджів відбувається із значно меншою швидкістю і при цьому на відміну від дисперсій, що зберігались в аеробних умовах, їх рН знижується. В анаеробних умовах значення ХСК води дріжджових дисперсій не змінюється, що пов'язано з іншим механізмом руйнування дріжджів та складом водорозчинних продуктів.

Зміна оптичної густини рН дисперсій дріжджів в аеробних і анаеробних умовах за початкової концентрації мікроорганізмів 0,4 г/л

t, доба	D (аероб.)	pH (аероб.)	D (анаероб.)	pH (анаероб.)
0	0,34	5,1	0,34	5,4
8	0,06	6	0,25	3,2
9	0,06	5,8	0,28	3,9

Нами встановлено, що величина ХСК в початковий період часу 1–2 доби визначається кількістю живих бактерій, а після 3–4 діб основний внесок у величину хімічного споживання кисню робить концентрація водорозчинних продуктів руйнування бактерій.

Дослідження впливу ультразвуку на процес руйнування клітин дріжджів показало, що зменшення величини ХСК дріжджових дисперсій становить 7 %, тоді як величина МЧ зменшується на 79 % (рис. 3). Така зміна показника ХСК пов'язана з тим, що руйнування та лізис бактеріальних клітин відбувається протягом усього процесу озвучування.

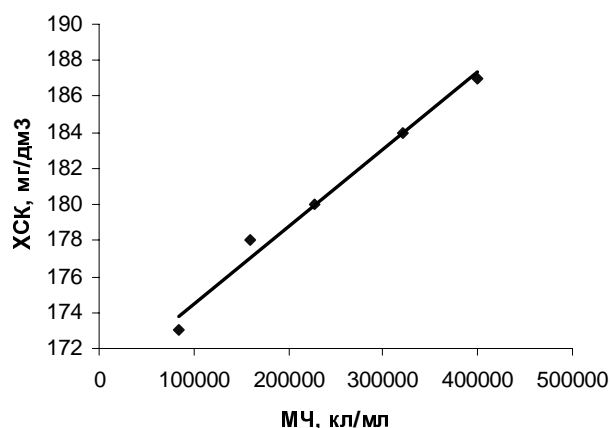


Рис. 3. Зміна ХСК та МЧ під час озвучення дріжджової дисперсії концентрації 0,8 г/л

Це пов'язано з тим, що під час руйнування мікроорганізмів за допомогою УЗ відбувається руйнуванням і зменшенням розміру бактеріальних агломератів, зовнішні клітинні матеріали з поверхні флокул потрапляють у розчин (клітинні полімерні сполуки, які містять полісахариди та протеїни); наступним етапом є руйнування та лізис клітин, стінки клітин фрагментуються, потрапляють в розчин полімери та ензими, які входили до складу клітинних стінок, вони прискорюють руйнування органічного матеріалу; відбувається вивільнення водорозчинних органічних сполук [8]; оскільки більшість органічного матеріалу є макромолекулярними сполуками, на останньому етапі макромолекули розкладаються до низькомолекулярних сполук, утворюються водорозчинні кислоти, зокрема нуклеїнові [8]. З цим пов'язана зміна значення рН: початкове значення рН – 5,3, після озвучення – 4,6.

Отже, нами встановлено, що із збільшенням мікробного числа бактеріальних дисперсій в 25 разів величина хімічного споживання кисню зростає тільки в 7,5 раза, тобто збільшення концентрації біологічного забруднення води не значно впливає на величину ХСК. В аеробних умовах значення ХСК води в поверхневому шарі визначається концентрацією живих клітин бактерій в початковий період і водорозчинними продуктами їх руйнування через 3–4 дні після одержання дисперсій. В анаеробних умовах значення хімічного споживання кисню не змінюється через інший механізм руйнування мікроорганізмів та утворення водорозчинних продуктів. Під час озвучування бактеріальної дисперсії величина ХСК знижується на 7 %, а МЧ – на 79 %.

1. Nasser S. and al. *Determination of the ultrasonic effectiveness in advanced wastewater treatment* // *Environ. Health Sci. Eng.* – 2006. – Vol. 3, № 2. – P. 109–111. 2. Малярєнко В.В., Яременко В.А., Жукова Е.Н., Гончарук В.В. *Использование ультразвуковой обработки для снижения ХПК при очистке сточных вод углем* // *Химия и технология воды.* – 2004. – Т. 26, № 5. 3. Tsukamoto I. and al. *Inactivation of Saccharomyces cerevisiae by ultrasonic irradiation* // *Ultrasonics Sonochemistry.* – 2004. – 11. – P. 61–65. 4. Iordache et al. *Sonochemical enhancement of cyanide ion degradation from wastewater in the presence of hydrogen peroxide* // *Polish Journal of Environmental Studies.* – 2003. – Vol. 12, #6, P. 735–737. 5. Preeti C. Sangave, Aniruddha B. Pandit. *Ultrasound and enzyme assisted biodegradation of distillery wastewater* // *J. of Environmental Management.* – 2006. – Vol. 80, Issue 1. – P. 36–46. 6. Chisti Y. *Sonobioreactors: using ultrasound for enhanced microbial productivity* // *Trends in Biotechnology.* – 2003. – Vol. 21, № 2.