

УДК 666.183: 661.666.2

КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ ЙОНАМИ СРІБЛА В УМОВАХ КАВІТАЦІЙНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ

О.Р. Гащин

Кандидат технічних наук, завідувач кафедру
Кафедра економіки підприємства
Тернопільський інститут соціальних та інформаційних
технологій
вул. Танцорова, 51, м. Тернопіль, Україна, 46008
Контактний тел.: 066-271-19-27
E-mail: gashchyn@rambler.ru

Т.М. Вітенько

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра обладнання харчових технологій
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна, 46000
Контактний тел.: (0352) 25-17-89
E-mail: vitenko@tstu.edu.ua

Вивчено знезаражуючу дію йонів Ag(I) на санітарно-показникові мікроорганізми Escherichia coli в умовах гідродинамічної кавітації. Встановлено, що кавітаційні ефекти інтенсифікують дію малих концентрацій Ag(I) (0,005 і 0,01 мг/дм³) за рахунок синергічного ефекту

Ключові слова: гідродинамічна кавітація, Escherichia coli, знезаражування, йони срібла Ag(I)

Изучено обеззараживающее воздействие ионов Ag(I) на санитарно-показательные микроорганизмы Escherichia coli в условиях гидродинамической кавитации. Установлено, что кавитационные эффекты интенсифицируют действие малых концентраций Ag(I) (0,005 и 0,01 мг/дм³) за счёт синергического эффекта

Ключевые слова: гидродинамическая кавитация, Escherichia coli, обеззараживание, ионы серебра Ag(I)

The inactivating action actions of silver ions Ag(I) on microorganisms of Escherichia coli in water in conditions of hydrodynamic cavitation is investigated in the article. It's shown that cavitation effects intensify action of small concentration of Ag(I) (0,005 and 0,01mg/dm³) due to synergic effects

Key words: hydrodynamic cavitation, Escherichia coli, inactivating, silver ions Ag(I)

1. Вступ

Стрімкий розвиток промислового виробництва та житлово-побутового будівництва супроводжується дефіцитом водних ресурсів. Вибір оптимальних, екологічно безпечних технологічних процесів знезаражування побутових і стічних вод, що містять різні види патогенної флори, набуває все більшого народногосподарського значення.

Аналіз досліджень в напрямку удосконалення та інтенсифікації процесів знезаражування води за допомогою ефектів гідродинамічної кавітації, засвідчив, що даний метод є достатньо ефективним [1, 4]. Серед відомих пристроїв, що забезпечують кавітаційний режим, найбільший технологічний інтерес викликають гідродинамічні кавітаційні пристрої. У цих пристроях, в потоці технологічного середовища забезпечується місцеве просторове зниження тиску. За таких умов виникає гідродинамічна кавітація, що супроводжується складними фізико-хімічними процесами. З точки зору конструктивного, технологічного і економічного рішення гідродинамічні кавітаційні пристрої статичного типу мають ряд переваг перед

динамічними [2]. Найпростіший пристрій статичного типу – це послідовно встановлені конфузори, протічна камера і дифузори.

Під час кавітаційного оброблення води, знезаражуючий ефект пояснюють одночасним впливом фізичних чинників, таких як: ударні хвилі, градієнти тиску, високі локальні температури, кумулятивні струминки. Водночас, у парогазовій фазі бульбашки, під час її стиснення ініціюються хімічні реакції, що призводять до утворення активних сполук: гідроксильних радикалів OH^{*}, озону O₃, пероксиду водню H₂O₂ тощо, які можуть здійснювати знезаражувальну дію [3]. Проте, даний метод оброблення води має такі недоліки, як відсутність "післядії" та енергоємність процесу. Вирішити ці питання можна шляхом використання комплексного методу, що забезпечує одночасну дію хімічних реагентів і кавітаційних процесів [4]. Зазвичай вибір хімічного окисника здійснюють за його характеристиками. Одним з перспективних реагентів на сьогодні є срібло, застосування якого у малих концентраціях дає змогу забезпечити достатню знезаражувальну дію і консервуючий ефект [5].

Тому метою досліджень було вивчення комплексної дії йонів срібла різної концентрації, в умовах кавітаційного перемішування, на санітарно-показникові мікроорганізми *Escherichia coli*.

2. Опис експериментальних стендів та методики експериментів

У дослідженнях використовували добову культуру *E.coli*, вирощену на м'ясо-пептонному бульйоні (МПБ) за температури 37°C протягом 18 год. Клітини мікроорганізмів центрифугували впродовж 10-ти хвилин, осад промивали стерильним фізіологічним розчином, процедуру повторювали тричі. Після центрифугування, з отриманого осаду у бідистильованій воді готували суспензію мікроорганізмів концентрацією 10^9 ос./см³.

Відповідний об'єм вихідної суспензії вносили в дистильовану воду до концентрації 10^4 ос./см³, що є наближеною до реальних умов забруднення річкової води.

У водну суспензію бактерій *E.coli* вносили розчин солі $AgNO_3$ концентрацією 0,005 і 0,01 мг/дм³. Під час вибору концентрації даного реагента керувалися гранично допустимими концентраціями для питної води, відповідно до ГОСТ 2974-82 "Вода питьевая" ГДК $Ag(I)$ становить 0,05 мг/дм³. Вживання мікроорганізмів визначали за кількістю КУО (колонієутворюючих одиниць) на середовищі Ендо під час посіву проб, відібраних через відповідні проміжки часу, з наступним їхнім культивуванням у термостаті за температури 37°C впродовж 20 – 24 год. Під час відбирання проб йони срібла нейтралізували розчином NaCl.

Воду обробляли у експериментальних стендах динамічного і статичного типів [6], за оптимальних режимів роботи кавітаційних пристроїв, що були встановлені у попередніх дослідженнях, зокрема: питома споживана енергія пристрою динамічного типу за таких умов становить $\epsilon=100$ Вт/дм³, число Рейнольдса $Re_M=6 \cdot 10^5$. Для статичного пристрою: $\epsilon=42$ Вт/дм³, $Re=8 \cdot 10^4$.

Ефективність комплексного впливу гідродинамічної кавітації і йонів $Ag(I)$ оцінювали за співвідношенням T/E , де T – теоретично розрахована частка інактивованих мікроорганізмів, (ос./дм³); E – експериментально отримані результати. Під час теоретичного розрахунку враховували вплив кожного із агентів окремо [7].

Відповідно до прийнятої класифікації, за $T/E < 1$ спостерігається антагоністичний вплив знезаражуючих агентів, за $T/E = 1$ – адитивний, за $T/E > 1$ – синергійний.

Константи швидкості відмирання мікроорганізмів (K) розраховували за рівнянням:

$$K = \frac{\lg(N_t / N_0)}{t}, \quad (1)$$

де $\lg(N_t / N_0)$ – десятичний логарифм відношення кількості мікроорганізмів, що вижили до їхньої початкової кількості; t – час оброблення (експозиція), с.

3. Результати та їх обговорення

На рис. 1 подано результати щодо антимікробної дії йонів срібла концентрацією 0,005 і 0,01 мг/дм³ в умовах турбулентного режиму.

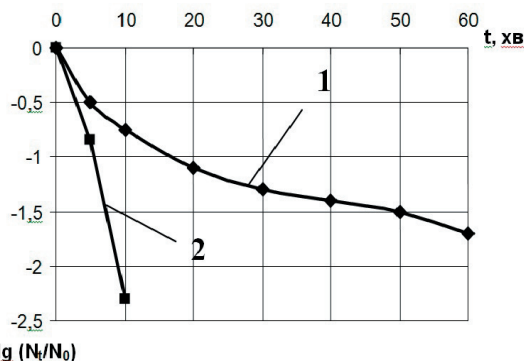
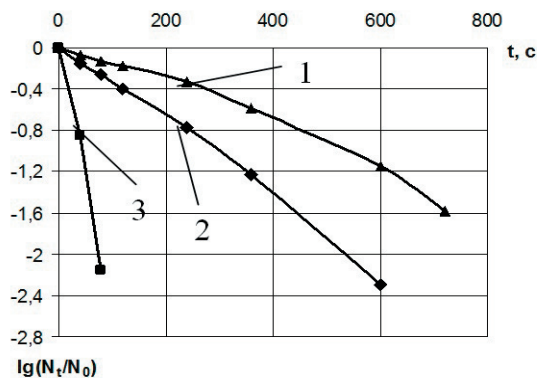
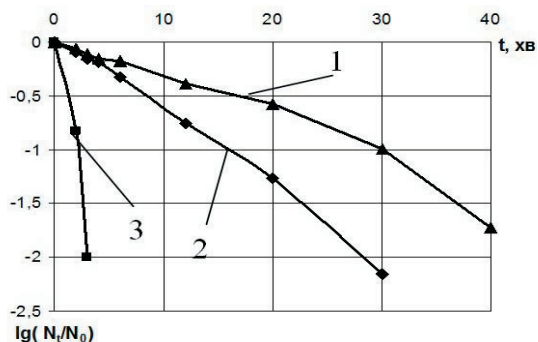


Рис. 1. Інактивація мікроорганізмів *E.coli* у воді під дією йонів срібла концентрацією: 1 - 0,005 мг/дм³; 2 - 0,01 мг/дм³

На рис. 2 наведено знезаражуючу дію $Ag(I)$ вищезказаних концентрацій в умовах кавітаційного перемішування та вплив кожного із чинників окремо. Кінетику інактивації мікроорганізмів *E.coli* під час оброблення суспензії у пристрої динамічного типу подано на рис. 2, а, а в пристрої статичного типу – на рис. 2, б.



а))



б)

Рис. 2. Логарифмічна залежність інактивації *E.coli* у кавітаційних пристроях динамічного (а) і статичного (б) типів: 1 – вплив ефектів гідродинамічної кавітації; 2 – сумісна дія $Ag(I)$ 0,005 мг/дм³ і кавітації; 3 – вплив $Ag(I)$ 0,01 мг/дм³ і кавітації

Із наведених експериментальних даних спостерігається підсилення антимікробної дії йонів Ag(I) в умовах кавітації та усунення “хвостових” ефектів на кривій відмирання мікроорганізмів під впливом Ag(I) концентрацією 0,005 мг/дм³ (крива 1). Так, константа швидкості інактивації E.coli в динамічному пристрої за $Re_m = 6 \cdot 10^5$ має значення 0,002с⁻¹, за умови внесення 0,005мг/дм³ Ag(I) вона збільшується до 0,0038с⁻¹, а внесення йонів срібла концентрацією 0,01мг/дм³ збільшує константу майже на порядок – $K = 0,028с^{-1}$. Така ж закономірність спостерігається і за умови знезаражування в статичному пристрої.

Інтенсифікуючу дію гідродинамічної кавітації можна пояснити послабленням клітинних бар'єрів та руйнуванням оболонок клітини внаслідок локальних градієнтів тисків. В робочому об'ємі утворюється велика кількість парогазових бульбашок (розміром $\approx 10^{-6}м$), які періодично сплескуються і створюють умови нестационарності, що сприяє швидкому проникненню срібла всередину клітини і ураженню життєво важливих центрів. Оскільки, в умовах кавітаційного поля у воді утворюється пероксид водню [3], то в присутності йонів Ag(I) відбувається реакція Фентона, що призводить до утворення радикалів OH•. Зміна рН води в лужну сторону також активізує бактерицидний ефект срібла [5].

Для комплексної оцінки ефективності та інтенсивності досліджуваних методів оброблення необхідно визначити час для досягнення потрібного ефекту. Час, необхідний для інактивації 99% мікроорганізмів ($lgN_t/N_0 = -2$) визначали за кінетичними кривими відмирання E.coli (рис. 1, 2). Результати розрахунків подано в табл. 1.

Таблиця 1

Час (хв), необхідний для знезаражування E.coli у воді на 99% під дією йонів срібла, ефектів гідродинамічної кавітації та їхнього поєднання

Методи знезаражування	Концентрація реагенту, $C_{Ag(I)}$, мг/дм ³		
	0	0,005	0,01
Ag(I) (кавітаційний вплив відсутній)		63	10
Ag(I) + кавітація (статичний пристрій)	42	28	3
Ag(I) + кавітація (динамічний пристрій)	14	7	1

Аналіз даних, поданих у таблиці засвідчив, що введення йонів Ag(I) дає змогу значно скоротити час оброблення у кавітаційних пристроях. Слід зауважити, що у пристрої динамічного типу процес знезаражування йонами срібла відбувається у 7–10 разів швидше (ніж при знезаражуванні лише Ag(I)), а у пристрої статичного типу дещо повільніше (у 3 рази скорочується час експозиції). Це можна пояснити тим, що у пристрої динамічного типу генерується більший об'єм парогазової фази, яка забезпечує ефективність кавітаційної дії.

З практичної точки зору важливо визначити характер взаємодії досліджуваних знезаражуючих агентів

(сумарний чи синергійний вплив). Для цього розраховували значення T/E за різних варіантів досліджень. Результати розрахунків для кавітаційного пристрою динамічного типу подано в таблиці 2, а для статичного – в табл. 3.

Таблиця 2

Результати комплексної дії (T/E) Ag(I) і кавітаційних ефектів на E.coli (пристрій динамічного типу)

C, мг/дм ³	Тривалість оброблення, с					
	40	80	120	240	360	600
Ag(I)						
0,005	2,43	2,64	3,07	4,82	9,6	50,8
0,01	11,43	193	відс.	відс.	відс.	відс.

Таблиця 3

Результати комплексної дії (T/E) Ag(I) і кавітаційних ефектів на E.coli (пристрій статичного типу)

C, мг/дм ³	Тривалість оброблення, хв					
	2	5	8	12	20	30
Ag(I)						
0,005	1,73	2,06	2,92	3,48	7,06	35,7
0,01	8,6	182	відс.	відс.	відс.	відс.

Дані табл. 2 і 3 засвідчують зміну майже адитивно-го характеру взаємодії Ag(I) і ефектів гідродинамічної кавітації за малої концентрації (0,005мг/дм³) і короткої експозиції, на синергійний, який підсилюється зі збільшенням тривалості знезаражування і концентрацією йонів Ag(I). Максимальне значення T/E=193 зафіксовано при знезаражуванні E.coli йонами срібла концентрацією 0,005мг/дм³ в умовах кавітаційного перемішування в пристрої динамічного типу за час експозиції 80с.

4. Висновки

Отримані результати підтвердили перспективність комбінування гідродинамічної кавітації і йонів срібла в практиці знезаражування води, оскільки за відповідних умов досягається високий ступінь знезаражування за короткий проміжок часу, ніж при використанні кожного з чинників окремо. Завданням подальших досліджень є встановлення оптимальних концентрацій йонів Ag(I) і режимів гідродинамічного кавітаційного поля для досягнення максимального знезаражувального ефекту.

Література

1. Гащин, О.Р. Особенности кинетики обеззараживания воды, содержащей E.coli в условиях гидродинамической кавитации / О.Р. Гащин, Т.Н. Витенько // Химия и технология воды. – 2008. – №5 – С.56–575.
2. Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості / О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, П.М. Немирович, З. Кондрат. – К.: РВЦ УДУХТ, 1999. – 87с.
3. Гащин О.Р. Исследование химического фактора гидродинамической кавитации в процессах обеззараживания воды / О.Р. Гащин, Т.Н. Витенько // Екотехнологии и ресурсосбережение. – 2007. – №3 – С.44–48.

4. Гащин О.Р. Гідродинамічна кавітація в процесах знезараження під дією хімічних окислювачів / О.Р. Гащин, Т.М. Вітенько // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ, 2007. – №3(109). – С.49–53.
5. Интенсификация процессов обеззараживания воды. / под ред. Л.А. Кульского. – К. : Наук. думка, 1978. — 96с.
6. Гащин О.Р. Оцінка ефективності та інтенсивності роботи кавітаційних пристроїв у технології водопідготовки. / О.Р. Гащин, Т.М. Вітенько // Енергетика та електрифікація. – 2009. – № 1. – С. 49–52.
7. Потапченко Н.Г. Обеззараживание воды при совместном использовании пероксида водорода и ионов серебра / Н.Г. Потапченко, В.Н. Косинова, В.В. Илlyашенко [и др.] // Химия и технология воды. – 1995. — Т. 17, № 3. – С. 311–316.

УДК 004.942:519.876

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРАЖЕНИЙ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ТОКСИЧНОЙ ПРИМЕСИ В АТМОСФЕРЕ

Дана загальна характеристика методів і моделей для кількісного опису процесу розповсюдження викиду газоподібних речовин в атмосфері. Наведені критерії границь ураження небезпечною хімічною речовиною (НХР). Обґрунтовано застосування гаусових моделей розповсюдження нейтрального газу

Ключові слова: НХР, модель, вибухонебезпечна зона, отруєння

Дана общая характеристика методов и моделей для количественного описания процесса распространения выброса газообразных веществ в атмосфере. Приведены критерии пределов границ поражения опасным химическим веществом (ОХВ). Обосновано применение гауссовых моделей распространения нейтрального газа

Ключевые слова: ОХВ, модель, взрывоопасная зона, отравления

The article gives general characteristic of methods and models for quantitative description of the dispersion process of gaseous substances in the atmosphere. Criteria of boundary ejection limits of hazardous chemical substance (HCS) affecting are given. The application of Gaussian models of neutral gas dispersion has been substantiated

Keywords: HCS, model, explosive area, poisonings

С. А. Сафонова

Старший преподаватель

Кафедра компьютерной инженерии

Технологический институт Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля пр. Советский, 59 а, г. Северодонецк, Луганская обл., Украина, 93400

Контактный тел.: (0645) 70-22-92

E-mail: safonovasa@ukr.net

1. Введение

Одним из наиболее опасных проявлений аварий в промышленности является выброс ОХВ в парогововой фазе и распространение их в атмосфере. Крупнейшие техногенные катастрофы, такие как авария на химическом заводе Union Carbide в индийском городе Бхопал,

Индия 1984 г (число жертв до 18 тысяч человек), взрыв на химическом заводе компании «Нипро Кемикл Планта» г. Фликсборо, Великобритания 1974 г. (число жертв взрыва более 60 человек, мощные разрушения), взрыв и ядовитое облако в г. Севезо, Италия 1976г. стали причиной уничтожения целого города, а также толчком для появления в 1982 г. «директивы Севезо»,