



РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

Войтенко Л.М., Кононов О.В., Старчик П.Д.
Інститут ядерних досліджень НАН України

Самойленко Л.С., Ставська С.С.
Інститут колоїдної хімії та хімії води НАН України

Знезараження води при обробці високовольтними розрядами відбувається завдяки комплексному впливу на мікробіологічні об'єкти ультрафіолетового опромінення, ударних хвиль та бактерицидних пероксиду водню і озону, які утворюються при таких електричних розрядах. Виконані раніше дослідження цього напрямку використання електричних розрядів в основному пов'язані з визначенням ролі різних факторів на знезараження, впливу розрядів на різні види мікроорганізмів [1]. Систематичного пошуку умов оптимального знезараження досі не виконано.

У роботі висвітлено дослідження процесів знезараження в режимах розрядів, що забезпечуть мінімальні витрати енергії. Ці дослідження було виконано з метою визначення шляхів подальшого удосконалення технологічного процесу електророзрядного знезараження води. Основну увагу приділено з'ясуванню впливу нестабільності розрядів на знезараження при циклічній роботі знезаражувального пристрою та впливу розмірів і форми робочих камер знезаражувальних пристроїв на відтворення перебігу розрядів.

Електричні параметри розрядного кола в усіх випадках були однаковими (напруга - 28 кВ, ємність - 0,5 мкФ, індуктивність - 9 мкГн, відстань між електодами - 12 мм, об'єм води 1 дм³). Але осцилографічний контроль протікання розрядного струму виявив суттєву розбіжність у тривалості окремих коливальних розрядів. Спостерігались 2-х кратні і більші зміни часу протікання коливального струму в розрядах. Було виявлено, що така поведінка розрядів притаманна не тільки експериментам з водопровідною водою, а і розрядам у дистильованій воді. Причину явища, що спостерігається, вдалося з'ясувати за допомогою фотографування форми розрядних каналів. Виявлено, що розкид в

тривалості розрядів зобов'язаний змінам форми та довжини розрядних каналів. Останні обумовлені характером розвитку лідерного пробоя води [2]. Розряди виникають не тільки між кінцями стрижневих електродів, а можуть замикатися і на їх середину або стінки камери. Розряди в системі стрижень-площина дають більш стабільні результати, особливо при позитивній напрузі на стрижні. Зменшення контактної площини стрижневого електрода також стабілізує перебіг розрядів.

Для визначення ступеню впливу нестабільності розрядів на знезаражувальну їх дію було виконано виміри емісії ультрафіолетового випромінювання окремими розрядами, оскільки ультрафіолет вносить основний вклад у знезаражувальну дію цих розрядів. Порівняльні виміри доз УФ випромінювання води в камері дозволили з'ясувати залежність ступеню знезараження від зміни довжини розрядного проміжку та розрядної напруги.

Виміри доз УФ опромінення води проводились за допомогою монохроматора МДР-23 з фотоелектронною реєстрацією світла і покритого окисом цинку екрана, який було розташовано проти діагностичного вікна в розрядній камері. Доза отримувалась шляхом інтегрування сигналу інтенсивності за допомогою спеціальної радіосхеми. УФ випромінювання спостерігалось в основному під час протікання струму в каналі розряду. Подальші процеси дають суттєво менший вклад в дозу УФ-опромінення. Нестабільність енергії УФ-випромінювання спостерігалась при всіх довжинах розрядних проміжків. Навіть при найменшій відстані між електродами (7 мм), коли електричне поле в розрядному проміжку максимальне, спостерігалась три-кратна відміна в дозах опромінення.

Нестабільність випромінювання розрядів негативно впливає на енергетичну ефективність знезараження, оскільки при розрахунках для гарантованого знезараження потрібно спиратись на мінімальні дози. Стабілізація процесів утворення розрядних каналів може дозволити, принаймні, у 2-3 рази підвищити енергетичну ефективність знезараження.

Максимум середньої енергії розрядів при початковій напрузі розряду 40 кВ припадає на довжину розрядного проміжку $l = 12$ мм. Цей результат співпадає з отриманими у [3], де максимум

спостерігався також при $l = 12$ мм і може служити підставою для визнання по аналогії з роботою [3] головним біоцидним фактором при даному режимі знезараження УФ-випромінювання розрядів.

При оптимальній довжині розрядного проміжку 15 мм було вивчено залежність ефективності знезараження від прикладеної до електродів напруги U_0 . В таблиці наведено дані, отримані при $U_0 = 30$ кВ та $U_0 = 40$ кВ. Досягнуто задовільні для знезаражувальної технології результати в першому випадку після дев'яти імпульсів, в другому - після трьох.

**Вживаємість клітин E.coli після обробки електричним током
із загостреним електродом**

	Контроль	1 імпульс	3 імпульса	9 імпульсів		
	Час експозиції, хвилини					
	0	0	30	0	30	0 30
	(при напрузі 30 кВ)					
Кількість клітин в 1 мл	$1,1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^1$ 0
	(при напрузі 40 кВ)					
Кількість клітин в 1 мл	$1,1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	1	0	0 0

Таким чином, у відповідності з отриманими даними ефективність знезараження модельних суспензій E.coli. залежить від числа імпульсів, часу експозиції суспензії після обробки електричним розрядом, геометрії електродів та параметрів розрядного кола. Після відповідного вибору цих параметрів за допомогою кількох імпульсних розрядів досягається 99,9-100%

знезараження вміщених у камеру суспензій *E.coli*. Ступінь знищення інших мікроорганізмів може бути оцінена на підставі даних про енергію інактивації їх за допомогою УФ-випромінювання [4].

Досліджено режими розрядів, які забезпечують мінімальні витрати енергії. З'ясовано, що розчинені в природній воді солі суттєво впливають на знезаражувальну дію електричних розрядів завдяки зміні характеристик пробов при утворенні розрядів та поглинанню їх ультрафіолетового випромінювання.

В результаті розроблено рекомендації по вибору режимів знезараження, які забезпечують мінімальні енерговитрати.

Автори роботи висловлюють подяку Державному комітету з питань науки і технологій за фінансування проведених досліджень.

1. Жук Е.Г. Бактерицидные факторы импульсного электрического разряда при обеззараживании воды // ЭОМ - 1978. - №4 С.80-84.
2. Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости // Киев: Наукова думка. - 1986. - 204 с.
3. Vdebo L. Production of the bactericidal effect of transient electric arcs in aqueous system // Appl.Microbiol. - 1969, 17, №1, P.48-53.
4. Потапченко Н.Г., Савлук О.С. Использование ультрафиолетового излучения в практике обеззараживания воды // Химия и технология воды. - 1991. - Т.13. - №12. - С.1117-1128.