

ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНЕ ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ СТІЧНИХ ВІД

¹ Інститут імпульсних процесів та технологій НАН України,
² Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Анотація

Експериментально показано можливість значного скорочення хімічного навантаження на довкілля під час дезінфекції вод, забруднених *E.Coli*. Описано синергетичний ефект, що виникає при одночасному впливі електричного розряду та активного окислювача на воду, що знезаражується, та який дозволяє знизити необхідну кількість активного хлору і зменшити час обробки.

Ключові слова: електричний розряд, дезінфекція стічних вод, хлорування

Abstract

The possibility of significantly reducing the chemical load on the environment during the disinfection of water contaminated with E.Coli has been experimentally demonstrated. The synergistic effect that occurs when an electric discharge and an active oxidizing agent are simultaneously applied to the water being disinfected is described, and it allows to reduce the required amount of active chlorine and to reduce the treatment time.

Keywords: electric discharge, disinfection of waste water, chlorination

Вступ.

Забруднення природних вод хімічними та агресивними біологічними об'єктами є однією з найнагальніших проблем навколишнього середовища. Сучасний метод очищення стічних вод повинен мати можливість вибору бажаного рівня знезараження і мати довготривалу ефективність. Одним із найпоширеніших, затребуваних та надійних способів знезараження у процесах водопідготовки залишається хлорування. Поряд з явними перевагами цієї технології (відносна простота установок, стабільно висока продуктивність, висока дезінфікуюча здатність, пролонгована бактерицидна дія) має місце її неусувний недолік - утворення високотоксичних канцерогенних сполук при взаємодії з органічними домішками. Слід використовувати важливу перевагу цього методу – пролонговану дію на патогенні мікроорганізми і, доповнюючи її іншими методами знезараження, знизити шкідливий вплив хлорування на довкілля. Плазмові технології займають зараз помітне місце серед інструментів водоочищення від шкідливих та небезпечних мікробруднювачів, і знаходять застосування в очищенні стоків побутових вод, рециклінгу стоків промислових підприємств, доведенні природної води з поверхневих джерел до рівня придатності до пиття. Інструментом впливу на речовину при реалізації таких технологій є нерівноважна плазма - іонізований газ, що складається з електронів, іонів та нейтральних частинок, та ряд явищ, що виникають при переході речовини у цей стан. Одним із відносно простих способів створити плазмовий стан речовини є високовольтний електричний розряд.

Предмет наших досліджень – метод знезараження води, що включає комплексний вплив на воду високовольтного електричного розряду одночасно з хлоруванням, **метою** роботи є значне зниження концентрації необхідних у такому разі хімічних реагентів у порівнянні з традиційним хлоруванням та одночасна мінімізація енергії високовольтного розряду, яка потрібна для досягнення ефекту знезараження.

Результати дослідження.

Вивчення можливості зниження концентрації хлорагента при комплексуванні з електророзрядним впливом проводилося на лабораторній електророзрядній установці [1], що забезпечує робочу напругу від 15 до 25 кВ, ємність конденсаторної батареї варіювалася від 0,1 до 1 мкФ. Воду для обробки брали зі скидних водних мас Ігулецьких очисних споруд, вихідний вміст кишкових паличок *E.Coli* варіювався в них від 10^4 до 10^6 КУО/дм³ в залежності від часу забору води, ємності для відбору оброблених електричним розрядом проб стерилізувалися фламбуванням. Визначення *E.Coli* проводили методом мембранних фільтрів.

Бактерицидний вплив питомої енергії електричного розряду, введеної в об'єм води, що знезаражується (без додавання будь-яких хімічних реагентів-окислювачів), показано на рис. 1.

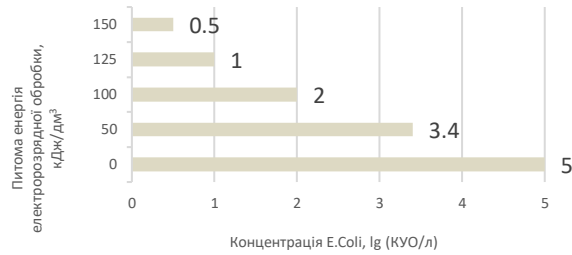
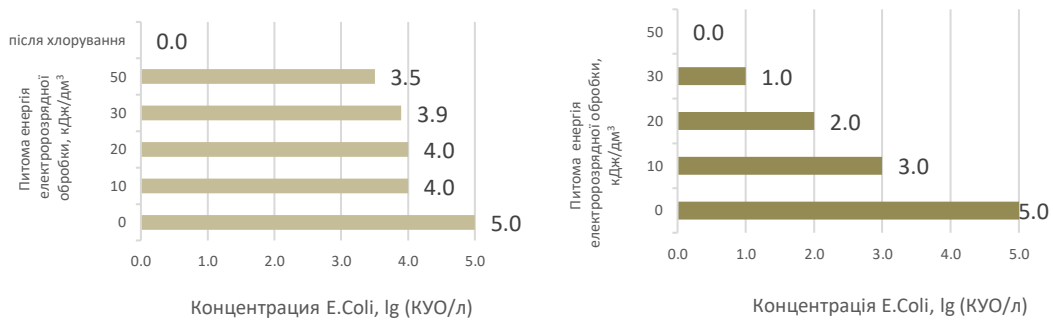


Рис. 1. Залежність концентрації *E.coli* від питомої енергії електророзрядної обробки

Видно, що із зростанням питомої енергії концентрація бактерій зменшується. При вихідній концентрації *E. Coli* 10^5 КУО/л та $E_{\text{пит}}=150$ кДж/дм³ (41 кВт·год/м³) спостерігається помітний, але не 100% бактерицидний ефект. Однак, такі питомі витрати надто високі для практичного застосування способу. Дані щодо бактерицидного ефекту при послідовному впливі на воду електричного розряду та хлорування представлені на рис. 2. За однією схемою обробляли воду спочатку електричним розрядом, знизивши питому енергію обробки до 50 кДж/дм³ (приблизно 13 кВт·ч/м³), а потім оброблену воду хлорували, доводячи до показників епідемічної безпеки питної води по *E. Coli* ($[Cl^*]=5$ мг/л, максимальний час експозиції – 4 год), рис. 2, а; по іншій – електророзрядній обробці протягом 20 секунд піддавали воду, попередньо хлоровану (час експозиції 10 хв), причому в цьому випадку концентрація активного хлору була знижена до $[Cl^*]=1$ мг/л – рис. 2, б.



а – послідовна обробка: електричний розряд, хлорування $[Cl^*]=5$ мг/л;
б – послідовна обробка: хлорування $[Cl^*]=1$ мг/л, електричний розряд.

Рис. 2. Залежність концентрації *E. Coli* від питомої енергії електророзрядної обробки при послідовній електророзрядно-хімічній обробці

Наступний етап наших робіт був спрямований на подальше зниження енерговитрат та зменшення концентрації хлорагента шляхом поєднання електророзрядної та хімічної обробки. Стадію попереднього хлорування виключили та відразу після додавання хлорагента в концентрації $[Cl^*]=1; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2$ мг/л розпочинали електророзрядну обробку. В ході обробки відбирали проби води з інтервалом 5 кДж/дм³ введеної енергії, початкова концентрація *E. coli* - 10^6 КУО/дм³, результати представлені на рис. 3.

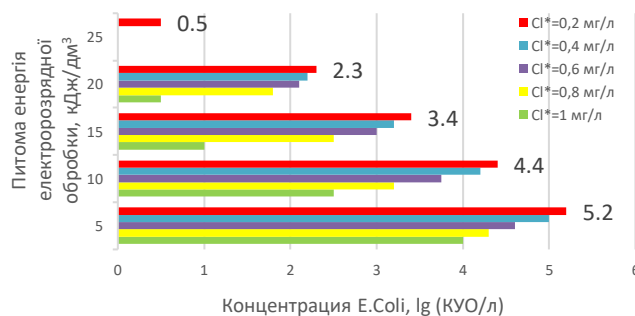


Рис. 3. Залежність концентрації *E. Coli* від питомої енергії електророзрядної обробки за одночасної електророзрядно-хімічної обробки

Вже додавання хлору в кількості 0,4 мг/л і одночасна електророзрядна обробка дають помітний бактерицидний ефект – після обробки водного розчину хлору електророзрядним способом з питомою енергією 25 кДж/дм³ у пробах не спостерігали колонієутворювальних одиниць *E.coli*. Пролонговану дію така обробка також зберігає — після відстоювання протягом 48 годин після обробки зразки води з вмістом [C1*]=1; 0,8; 0,6; 0,4 мг/л залишилися стерильними, а у зразку із вмістом [C1*]=0,2 мг/л кількість колонієутворюючих одиниць зросла з трьох до 200. Таким чином, при одночасній обробці забрудненої води методом хлорування та електричним розрядом спостерігається синергетичний ефект: бактерицидна дія такої комбінації потужніша, ніж кожного методу окремо з урахуванням значного зниження витраченої енергії та хімічних реагентів.

Висновки

Встановлено, що комплексне використання електророзрядної обробки забрудненої води та активного окислювача (хлора) дозволяє ефективно знезаражувати воду при зниженні кількості активного окислювача в 10 разів відносно існуючих нормативів.

Найефективнішою схемою при цьому є одночасне хлорування та електророзрядна обробка, використання такої схеми дозволяє значно знизити концентрацію активного хлору (до 0,4 мг/л) та енерговитрати (до 25 кДж/дм³).

Використання методу, що розглядається, є перспективним шляхом зниження хімічного навантаження на навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vinnychenko, D., Nazarova, N., Vinnychenko, I. Transformerless High-Voltage Resonant Charging Systems for Capacitive Energy Storage Devices for Electro-Discharge Technologies. 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 10 – 14, Oct. 2022. 2022, pp. 727-731. doi: 10.1109/ELNANO54667.2022.9927052.

2. Malyshevskaya, A.P., Koszelnik, P., Yushchishina, A., Mitryasova, O., Mats, A., Gruca-Rokosz, R. Synergy Effect during Water Treatment by Electric Discharge and Chlorination. *Environments* 2023, 10, 93. <https://doi.org/10.3390/environments10060093>.

3. Malyshevskaya, A.P., Koszelnik, P., Mitryasova, O., Yushchishina, A., Mats, A.; Papciak, D., Zdeb, M.M. Hybrid Water Disinfection Process Using Electrical Discharges. *Processes* 2024, 12, 1846. <https://doi.org/10.3390/pr12091846>.

Малюшевська Антоніна Павлівна — старший науковий співробітник ІІІТ НАН України, Миколаїв, e-mail: ninutsa@ukr.net

Мітрясова Олена Петрівна — професор кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Миколаїв, e-mail: eco-terra@ukr.net

Maliushevskaya Antonina P. — senior researcher, Institute of Pulse Processes and Technologies, Mykolaiv, email : ninutsa@ukr.net

Mitryasova Olena P. — professor of the Ecology Department of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, e-mail: eco-terra@ukr.net