

- народної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 16–17 травня 2022 року). – Полтава, 2022. С. 54–58. – URL: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/11931>.
- Zawiślak K., Sobczak P., Weldycz A. Mixing as CCP in the production of industrial feed. *Journal of Central European Agriculture Year*. 2012. Vol. 13, Issue 3. P. 545–553.
 - Сахно Т. В., Семенов А. О., Сахно Ю. Е., Барашков М. М. Визначення гомогенності кормів для тварин з використанням феромагнітних мікротрейсерів. *Вісник ПДАА*. 2022. № 1. С. 96–102. doi:10.31210/visnyk2022.01.12
 - Сахно Тамара, Семенов Анатолій. Перевірка якості змішування кормів та преміксів за допомогою феромагнітних мікротрейсерів. *Журнал «Корми і Факти»*. – 2022. – № 1. – С. 12.
 - Барашков Н. Н., Писаренко П. В., Крикунова В. Ю., Сахно Т. В., Крикунов О. А. Ферромагнитные микротрейсеры как индикаторы качества однородности комбикормов для животноводства и птицеводства // *Зернові продукти і комбікорми*. – 2016. – Vol. 63, N I.3. – С. 34–40. DOI <https://doi.org/10.15673/gpmf.v63i3.219>.
 - Сахно Т. В., Короткова І. В., Барашков Н. Н. Вивчення сегрегації феромагнітних мікротрейсерів від преміксів: результати тестування в модельних умовах і умовах транспортування і зберігання. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. № 17 (2). С. 28–33.
 - Sakhno T., Semenov A., Barashkov N. Assessing the quality of homogeneity of pet food using ferromagnetic microtracers. *Grain Products and Mixed Fodder's*. 2020. Vol. 20 (2, 78). P. 32–37.
 - GMP+ Feed Certification scheme Module: Feed Safety Assurance GMP+ BA2 Control of residues Version: 1st of July 2019.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

А. О. Семенов, к. ф.-м. н., доцент;

Є. В. Хмельницька, к. т. н., доцент;

Т. В. Сахно, д. х. н., професор

*Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський
університет економіки і торгівлі», Україна, м. Полтава*

Недостатня ефективність хлорування відносно деяких біологічних агентів (віруси, цисти найпростіших, спори і т. п.), негативний вплив на здоров'я людей побічних продуктів, що утво-

рюються в результаті нераціонального застосування реагентних методів знезараження води (хлорування, озонування), ініціювали використання фізичних методів очищення і знезараження [1].

До фізичних способів знезараження питної води відноситься використання ультрафіолетового випромінювання [2], ультразвукових коливань, термічної обробки, високовольтного імпульсного розряду, мембранні технології та інші.

Технологія мембранної фільтрації призначена для вирішення задач в загальних комплексах водопідготовки. Мембрани з розміром пор 0,01–0,005 мкм служать бар'єром для патогенних мікроорганізмів [3], оскільки розмір цист *Giardia* і ооцист *Cryptosporidium* – 5–15 мкм, бактерій *Escherichia coli* – 0,5 мкм, вірусів – 0,01–0,03 мкм. Якщо розглядати тільки аспекти знезараження: мембранна фільтрація залишається енергоємною технологією, відсутність післядії потребує використання інших методів, не завжди ефективна для знищення вірусів [1].

Для підвищення ефективності знезараження науковці пропонують застосовувати обробку води ультразвуком [4]. При впливі ультразвуку на рідину виникають специфічні фізичні, хімічні і біологічні ефекти, такі як кавітація, капілярний ефект, диспергування, емульгування, дегазація, знезараження, локальний нагрів і багато інших. Ефект УЗ-впливу на мікроорганізми залежить від інтенсивності: при низьких інтенсивностях і малій експозиції ультразвук може стимулювати активність і зростання мікроорганізмів [4]. При великій інтенсивності ультразвук виявляє згубну дію на найрізноманітніші мікроорганізми – патогенні і непатогенні, а також руйнує продукти їхньої життєдіяльності. Ефективність бактерицидної дії ультразвуку залежить від цілого ряду чинників: фізичних параметрів (інтенсивності, частоти коливань, експозиції); фізичних особливостей середовища (температура, в'язкість); морфологічних особливостей збудника (розмірів і форми бактеріальної клітини, хімічного складу мембрани). До переваг використання УЗ коливань можна віднести наступні: широкий спектр антимікробної дії, відсутність негативного впливу на органолептичні властивості води, незалежність бактерицидної дії від основних фізико-хімічних параметрів води. Недоліком УЗ коливань також є відсутність післядії, труднощі

конструювання установок великої продуктивності і методу оперативного контролю за ефективністю знезараження.

Високовольтний (20–100 кВ) або низьковольтний (1–10 кВ) імпульсний розряд у воді супроводжується потужними гідравлічними процесами з утворенням ударних хвиль, що є основою для радикалів групи ОН, які впливають на мікроорганізми [1]. Слід зазначити, що матеріал металевих електродів при розряді переходить в воду у вигляді іонів, які беруть участь в процесах знезараження та консервації, і може бути перевищений рівень ГДК цих іонів у воді. Ефективність знезараження визначається технічними параметрами процесу (величиною робочої напруги, сумарною щільністю енергії розряду). До недоліків знезараження води високовольтними імпульсним розрядом відносяться: порівняно висока енергоємність 0,3–1 (кВт·год)/м³ і складність використання апаратури, недостатній ступінь вивченості механізму дії розряду на мікроорганізми. Область застосування обмежується використанням тільки для спеціальних задач.

При термічному знезараженні води використовують гаряче повітря, перегрітий пар, відкрите полум'я. Серед видів термічної обробки води найбільш поширеним є її кип'ятіння, яке протягом декількох хвилин звільняє воду від вегетативних форм мікроорганізмів, інактивує віруси та спори за більш тривалий час. Загибель мікроорганізмів після кип'ятіння незворотна, що дозволяє відмовитися від оперативного контролю за ефективністю знезараження. Перевагами кип'ятіння є: надійність і швидкість знезараження, незалежність ефекту від фізико-хімічних показників води, простота контролю за ефективністю обробки, можливість автоматизації. До недоліків способу кип'ятіння слід віднести великі енергозатрати, незначна продуктивність. Кип'ячена вода легко піддається вторинному мікробному забрудненню, оскільки відсутній ефект післядії. В силу економічних і технологічних труднощів, кип'ятіння розглядають як спосіб знезараження індивідуальних запасів питної води в домашніх умовах, на автономних об'єктах, при складній епідемічній ситуації.

Аналіз показує, що найбільш перспективним методом знезараження води є технологія з використанням ультрафіолетового

випромінювання [5] або комбінація [6, 7], яка динамічно розвиваються в останні десятиліття в порівнянні з іншими методами очищення води [1].

Тенденція до широкого застосування методу УФ-зnezараження води замість хімічних методів зумовлена введенням посиленних вимог до якості води [8] і виявленням негативного впливу побічних продуктів [9].

Ультрафіолетове випромінювання (УФВ) з довжиною хвилі 250–260 нм має найбільшу антимікробну дію до бактерій, вірусів і спор. Чутливість мікроорганізмів до УФВ у цьому діапазоні добре вивчена і визначається за дозою випромінювання, що вимірюється в мДж/см². Антимікробний ефект УФ-випромінювання по відношенню до різних видів мікроорганізмів знаходиться в діапазоні доз від 2,5 до 440 мДж/см² [1].

УФ-випромінювання є ефективним засобом проти всіх мікроорганізмів, включаючи бактерії, віруси, грибки, плісень, дріжджі та водорості, що присутні у воді. Хоча всі бактерії можуть бути знешкодженні завдяки УФ-випромінюванню [1], але деякі з них більш стійкі чим інші. Під впливом УФ-випромінювання в клітинах мікроорганізмів відбуваються незворотні процеси, що викликають порушення молекулярних та міжмолекулярних зв'язків. Це призводить до денатурації (руйнування) білків клітин протоплазми, зокрема, до пошкодження ДНК, клітинних мембран, і як наслідок, до загибелі мікроорганізмів. Утворені під впливом УФ-випромінювання молекули озону, атомарний кисень, вільні радикали і гідроксильні групи додатково впливають на інактивацію мікроорганізмів у воді.

Метод зnezараження води УФ-випромінюванням має ряд переваг перед іншими методами [1, 7]: УФ-опромінення ефективно інактивує не тільки більшість бактерій, вірусів, але і паразитарних найпростіших, у тому числі стійких до дії хлору та інших окиснювачів; УФ-зnezараження води не призводить до утворення в ній шкідливих побічних продуктів у разі багаторазового перевищення необхідної для зnezараження дози. УФ-випромінювання не погіршує органолептичні властивості води (запах, присмак); на процес УФ-зnezараження не впливають рН та температура води, на відміну від окисних технологій зnezара-

раження; час знезараження при УФ-опроміненні становить декілька секунд в проточному режимі, тому відсутня необхідність у створенні контактних резервуарів; метод УФ-знезараження більш безпечний і екологічний порівняно з хімічними технологіями; УФ-обладнання компактне; сучасні УФ-комплекси на основі дугових ламп низького тиску працюють на промисловому енергоживленні з напругою 110, 220, 380 В; сучасні бактерицидні лампові системи та пускорегулююча апаратура мають високий експлуатаційний ресурс [10]. Негативними сторонами знезараження води УФВ є [1]: залежність бактерицидного ефекту від мутності і кольоровості води, виду мікроорганізмів, їхньої кількості, дози опромінення; дана технологія не має ефекту післядії, що може бути причиною вторинного росту бактерій в оброблюваній воді.

Проте відзначені недоліки не зменшують ефективність використання УФ-технологій бактерицидного знезараження води, а тільки є приводом подальших досліджень і пошуку альтернативного використання УФ-методів у поєднанні з озонуванням, ультразвуковим диспергуванням, хлоруванням та іншими фізичними і хімічними методами.

Список використаних джерел

1. Семенов А. О. Ультрафіолетові технології знезараження води : монографія. – Publisher: GlobeEdit is a trademark of Dodo Books Indian Ocean Ltd., member of the OmniScriptum S.R.L Publishing group, 2021, 117 с.
2. Semenov A. Device for disinfection of water by using ultraviolet radiation. Physics of Liquid Matter: Modern Problems (PLMMP 2018): 8-th International Conference, Kyiv, Ukraine, 18–22 May, 2018. 1-20 P.
3. Knops F. N. M., Franklin B. Ultrafiltration for 90 MLD Cryptosporidium and Giardia free drinking water: a case study for the Yorkshire Water Keldgate Plant. Proc. of the Conf. on Membranes in Drinking and Industrial Water Production (Paris, 3–6 October), 2000. P. 71–78.
4. Frizzell L. A., Suslick K. Biological Effects of Acoustic Cavitation in Ultrasound: Chemical, Physical, and Biological Effects. VCH Publishers, Inc., New York, 1988. P. 287–303.
5. Семенов А. О., Кожушко Г. М., Семенова Н. В. Використання ультрафіолетового випромінювання для бактерицидного знезара-

ження води, повітря та поверхонь. Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України : зб. наук.-тех. пр. Львів : РВЦ НЛТУ України. 2013. № 23.02. С. 179–186.

6. Semenov A., Sakhno T., Korotkova I., Barashkov N., Disinfection of water in swimming pools by combined action of UV-light and ozone. Proc. 258th American Chemical Society National Meeting and Exposition. San Diego, CA, August 25–29, 2019, San Diego, 2019, no. ENVR 394.
7. Семенов А. О. Кожушко Г. М., Сахно Т. В. Знезараження води комбінованими методами – УФ-випромінювання в поєднанні з іншими технологіями. Технологический аудит и резервы производства, 2016. № 3/3(29). С. 67–71.
8. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПін 2.2.4-171-10. Наказ №400 від 12.05.2010 р, зареєстровано за №452/17747 від 01 липня 2010 р.
9. Красовский Г. Н., Егорова Н. А. Хлорирование воды как фактор повышенной опасности для здоровья населения. Гигиена и санитария, 2003. 237 с.
10. Семенов А. О. Особливості конструкції одноцокольних ламп для ультрафіолетового опромінювання. Scientific Journal «ScienceRise» № 5/2 (4), 2014. С. 64–67.

УМОВИ ФОРМУВАННЯ ЯКІСНОГО МЕТАЛОКЕРАМІЧНОГО ПЛАЗМОВОГО ПОКРИТТЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

*Т. В. Чумаченко, д. т. н., професор кафедри
матеріалознавства та інженерії матеріалів;*

*Т. В. Ніколаєва, асистент кафедри
матеріалознавства та інженерії матеріалів, аспірант;*

*І. В. Пасєка, студент
Державний університет
«Одеська політехніка», Україна, м. Одеса;*

*О. А. Каргопольцев, інженер
Україна, м. Одеса*

Кераміка є одним з основних матеріалів, яка використовується в промисловості і повсякденному житті, її називають третім промисловим матеріалом, поряд з металами і полімерами [1, 2]. Вона має високі температури плавлення, твердість, зносо-