

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОЗОНУВАННЯ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПРІСНОЇ ВОДИ

©Т. І. П'ятковський¹, О. В. Покришко¹, С. О. Данилков²

Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України¹
Національний медичний університет імені О. О. Богомольця²

РЕЗЮМЕ. Попит на ефективні та безпечні для навколишнього середовища методи дезінфекції джерел прісної води має першорядне значення для вирішення зростаючих проблем із патогенними мікроорганізмами, що передаються через воду. Метод очищення води, який використовує озон для дезінфекції та очищення води, набув популярності завдяки своїм потенційним перевагам перед традиційними методами дезінфекції.

Метою було проведення оцінки ефективності озонування для дезінфекції прісної води з метою розуміння можливості його застосування та придатності для різних типів води.

Матеріал і методи. Відбирали зразки водопровідної, джерельної та води відкритих водойм, озонування води проводили електролітичним методом комерційним портативним озонатором протягом 2 та 5 хвилин. Для збільшення тривалості дії вже утвореного у воді озону зразки витримували додаткові 5 та 10 хвилин. Оброблені та необроблені зразки піддавали мікробіологічному дослідженню із підрахунком загального мікробного числа. Додатково оцінювали мінералізацію зразків води.

Результати показали, що озонування має значний потенціал дезінфекції, ефективно зменшуючи мікробне навантаження, порівняно з контролем. Ефективність інактивації залежала від вихідної концентрації мікроорганізмів у воді та тривалості озонування. Водопровідна вода була найменш контамінованою і очищалася повністю, джерельна вода містила $\sim 2,7 \log$ КУО/мл, які вдалося інактивувати озонуванням протягом 5 хвилин з додатковою експозицією у 5 хвилин. Вода з відкритих водойм містила $\sim 3,8 \log$ КУО/мл, з яких навіть після озонування протягом 5 хвилин та додатковою експозицією у 10 хвилин вдалося знешкодити тільки $1,9 \log$ КУО/мл. Мінералізація достовірно зменшилася лише у джерельній воді з 421 мг/л до 388 мг/л.

Висновки. Озонування є ефективним методом знезараження води, однак на його ефективність можуть впливати різні фактори, включаючи якість води, дозування озону та час контакту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: озон; знезараження води; інактивація мікроорганізмів; портативний генератор озону.

Вступ. Необхідність у чистій воді для різних галузей промисловості та у життєдіяльності людини є незаперечною. Традиційно воду знезаражують хлоровмісними дезінфектантами чи, рідше, ультрафіолетовим випромінюванням або їх комбінацією [1]. Зі зростанням популярності дезінфекції повітря, поверхонь та води газоподібним озonom, отриманим методом коронного розряду, зростає і кількість досліджень та наукових публікацій у цьому напрямку. Завдяки своїм сильним окисним властивостям, озон є ефективним біоцидом і може використовуватися для дезінфекції як альтернатива традиційним дезінфектантам [2]. Показана ефективність озону у знешкодженні вегетативних клітин бактерій у планктонному стані [3], бактеріальних спор грам-позитивних мікроорганізмів [4] та біоплівки, утворених бактеріями [5]. Крім того, повідомлялося про інактивацію озonom грибів [6] та кишкових і респіраторних вірусів [7, 8]. Озон може застосовуватися у газоподібному стані та у формі насиченої озonom води [9]. Особливістю озону є його швидке розкладання з утворенням кисню та відсутністю утворення токсичних залишків, що робить його привабливим з точки зору екологічної безпеки [10]. За рахунок сильних окисних властивостей озон може ефективно знешкоджувати мікроорганізми, окислюю-

чи жирні кислоти, викликаючи денатурацію білків та пошкоджуючи нуклеїнові кислоти [10]. Портативні побутові генератори як газоподібного озону, так і його водного розчину, відносно недавно почали наповнювати ринок споживачів, і дослідження з їх використанням є нечастими. Такі пристрої для озонування води використовують електролітичний спосіб насичення води озonom, на відміну від традиційного способу барботування газоподібного озону крізь воду. Газоподібний озон може викликати подразнення слизових оболонок дихальних шляхів та очей [11], тому усунення необхідності у використанні газоподібної фази озонування робить портативні озонатори економічно доступними та безпечними в побуті. Оскільки озон є нестійким у середовищі з періодом піврозпаду близько 30 хв у водному розчині [12], рекомендується щоразу використовувати свіжоприготований розчин озону [13].

Метою роботи було дослідити ефективність дезінфекції прісної води озonom, утвореним електролітичним способом.

Матеріал і методи дослідження. Для перевірки ефективності знезараження води озonom брали зразки водопровідної (м. Тернопіль, мікрорайон «Центр»), джерельної (с. Гаї-Гречинські, Тернопільський район) та води відкритих водойм

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення (Тернопільський став). Зразки води відбирали у стерильні флакони в день експерименту та доставляли в лабораторію. При заборі водопровідної води кран стерилізували полум'ям, після чого воду спускали протягом 10 хвилин. Джерельну воду відбирали безпосередньо зі струменя. Пробу води з Тернопільського ставу відбирали на відстані 0,4 м від берега та на глибині 0,2 м.

Озонування води відбувалося комерційним портативним озонатором (виробник не вказаний за вимогою власника обладнання з метою уникнення реклами) шляхом насичення води озоном отриманим електролітичним шляхом [14]. Заявлена виробником початкова концентрація озону становить 0,8–1,3 мг/л в залежності від тривалості озонування. Виробником встановлені два режими електролітичного озонування води тривалістю 2 та 5 хвилин під напругою 5 V. За потреби виробником рекомендовано повторити озонування, якщо результат не відповідає потребі. У експерименті були випробувані обидва режими озонування без повторення озонування одного зразка двічі. Для збільшення тривалості дії вже утвореного у воді озону зразки витримували додаткові 5 та 10 хвилин. Перед кожним експериментом робочу частину озонатора промивали у стерильній дистильованій воді. Дезінфікувальні розчини не використовували для уникнення впливу залишків дезінфектантів на поверхнях на результати.

Мікробіологічне дослідження

Для перевірки ефективності знезараження води зразки обробленої та необробленої (контроль) води змішували з розтопленим та охолодженим до 50 °C м'ясо-пептонним агаром (МПА). Для цього 1 мл води, знезараженої озонуванням протягом 5 хв активного озонування, без додаткової та з додатковою експозицією протягом 5 та 10 хвилин, а також 1 мл необробленої води вно-

сили у стерильні чашки Петрі, додавали 10–12 мл розтопленого у водяній бані BiosanWB-4MS (BioSan SIA, Рига, Латвія) МПА та змішували їх похитуванням чашок. Після застигання агару чашки інкубували при 30 °C протягом 72 год з наступним підрахунком колонієутворювальних одиниць (КУО) [15].

Мінералізацію зразків води вимірювали кондуктометром HI98301 (Hanna Instruments, Сміт-філд, Род-Айленд, США). Для цього електроди промивали дистильованою водою при кімнатній температурі (23±1 °C) після чого занурювали у досліджуваний зразок води [16].

Усі експерименти проводили щонайменше тричі. Кількість КУО виражали в логарифмічних значеннях. При розрахунку середніх величин в якості похибки використовували середнє квадратичне відхилення ($M \pm sd$). Перевірку рівності середніх значень у двох вибірках проводили із використанням t-критерію Стьюдента. Порівняння між кількома групами проводили за допомогою одностороннього дисперсійного аналізу (ANOVA), використовуючи програмне забезпечення Statistica 8.0 (StatSoft Inc., Талса, Оклахома, США). Після цього був проведений пост-хок-аналіз Тьюкі для аналізу відмінності середніх значень. Відмінності при $p < 0,05$ вважали значущими.

Результати й обговорення. Проведені дослідження показали, що озонування достовірно знижує кількість мікроорганізмів у воді. Водопровідна вода і до обробки виявилася досить чистою із загальним мікробним числом (ЗМЧ) $28,3 \pm 3,6$ (до $1,5 \log$ КУО/мл). Вода, якою забезпечується м. Тернопіль, піддається хлоруванню, тому такий результат був очікуваним [17]. Після озонування, незалежно від його тривалості та додаткової експозиції, у водопровідній воді майже не виявляли бактерій (рис. 1).

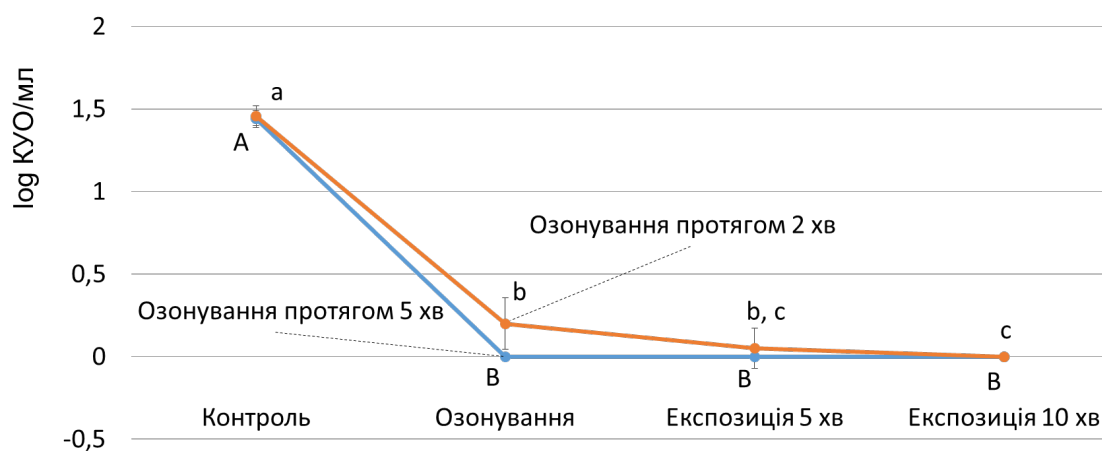


Рис. 1. Кількість мікроорганізмів у водопровідній воді, обробленій двома режимами озонування та додатковою експозицією, у порівнянні із контролем. Планки похибок відображають середнє квадратичне відхилення, літери біля маркерів значень представляють значущу різницю ($p < 0,05$).

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення

Джерельна вода очікувано виявилася більш контамінованою із ЗМЧ $514,0 \pm 106,2$ ($\sim 2,7$ log КУО/мл). Озонування протягом 2 та 5 хвилин викликало інактивацію бактеріальної флори такої води, зменшуючи кількість мікроорганізмів на 1,9 та 2,0 log КУО/мл відповідно у порівнянні із контролем ($p < 0,05$). Подальша, після початкової

обробки протягом 2 хвилин, 5- та 10-хвилинна експозиція дозволила інактивувати ще 0,3 та 0,4 log КУО/мл ($p < 0,05$). Після додаткової експозиції після початкової обробки протягом 5 хвилин мікроорганізми або не виявлялися зовсім або виявлялися поодинокі колонії (рис. 2).

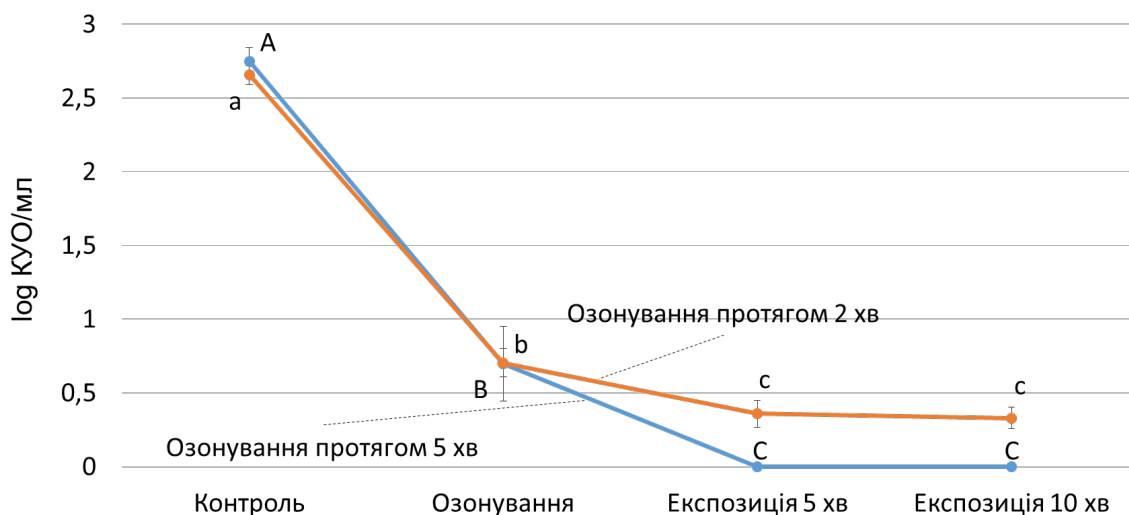


Рис. 2. Кількість мікроорганізмів у джерельній воді, обробленій двома режимами озонування та додатковою експозицією, у порівнянні із контролем. Планки похибок відображають середнє квадратичне відхилення, літери біля маркерів значень представляють значущу різницю ($p < 0,05$).

Прибережна вода з Тернопільського ставу була найбільш контамінованою, ЗМЧ становило $5963,1 \pm 1205,4$ ($\sim 3,8$ log КУО/мл). Озонування протягом 2 та 5 хвилин продемонструвало його меншу ефективність, у порівнянні з джерельною водою, знешкодивши 0,9 та 1,2 log КУО/мл відповідно

($p < 0,05$). Додаткова експозиція після 2 хвилин озонування знешкоджувала ще 0,4 та 0,1 log КУО/мл, а після 5 хвилин – 0,6 та 0,1 log КУО/мл ($p < 0,05$). Як і у випадку із джерельною водою, між значеннями після експозицій тривалістю 5 та 10 хвилин не було статистично достовірної різниці ($p > 0,05$) (рис. 3).

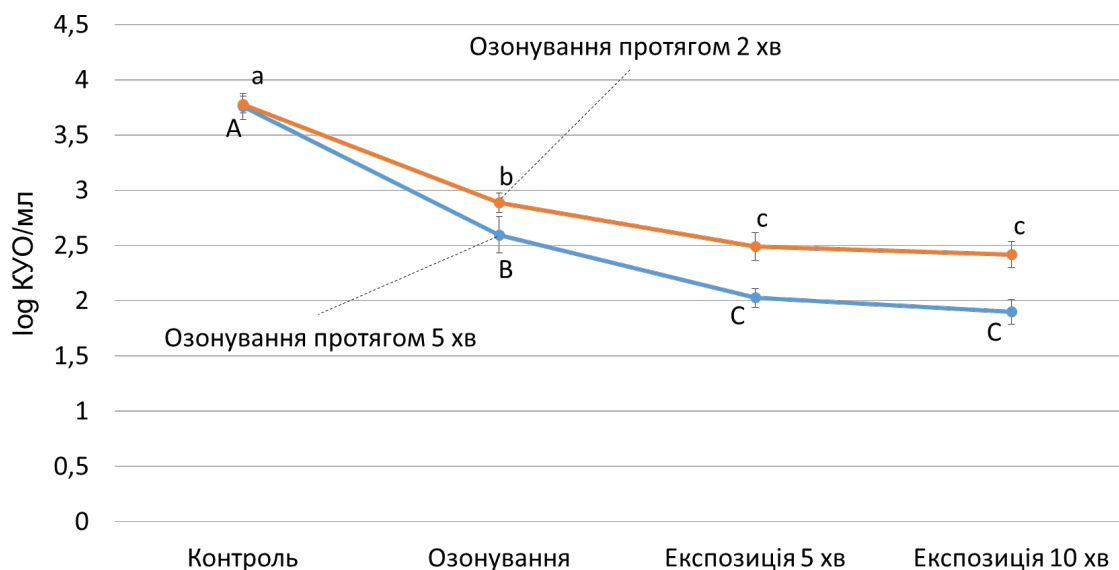


Рис. 3. Кількість мікроорганізмів у воді відкритих водойм, обробленій двома режимами озонування та додатковою експозицією, у порівнянні із контролем. Планки похибок відображають середнє квадратичне відхилення, літери біля маркерів значень представляють значущу різницю ($p < 0,05$).

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення

Як видно із графіків, основна інактивація відбувається під час процесу озонування води, а додаткова експозиція дає необхідний час для озону, щоб окислити достатньо компонентів бактеріальних структур для інактивації більшої кількості клітин. Проте, як видно з рисунків 2 і 3, під час додаткової експозиції ефективність знешкодження бактерій знижується. Такий тренд інактивації можна пояснити тим, що озон є нестійким і у водному розчині (дистильована вода) розкладається з періодом піврозпаду 20–30 хвилин при кімнатній температурі [1]. Наявність органічних речовин у воді прискорює цей процес, концентрація падає і, відповідно, дезінфікувальний ефект зменшується [18].

Недостатню ефективність разового використання озонатора для інактивації нормальної мік-

рофлори води із ЗМЧ вище 100 можна пояснити низькою концентрацією озону. J. Gomes et al. стверджували, що оптимальна доза озону для дезінфекції може коливатися від 2 до 15 мг/л залежно від концентрації органічних речовин у воді [1]. З іншого боку, Ding et al. показали, що навіть невисока концентрація озону (1,5 мг/л) може інактивувати мікроорганізми резистентні до хлорування [19].

При використанні озонатора спостерігали появу осаду схожого на накип, який утворюється при випаровуванні води. Було вирішено перевірити рівень мінералізації до та після використання озонатора протягом 5 хв. Результати (табл. 1) показали незначне зниження мінералізації у всіх зразках, яке, проте, було статистично достовірним лише у випадку з джерельною водою ($p < 0,05$).

Таблиця 1. Ефект озонування на мінералізацію води

Вода	Загальна кількість розчинених твердих речовин, мг/л	
	контроль	озонування протягом 5 хвилин
Водопровідна	446,7±3,5	443,0±2,6
Джерельна	421,0±3,6	388,0±3,0*
Вода відкритих водойм	171,7±6,1	160,7±1,5

Примітка. * – $p < 0,05$.

Подібне явище спостерігали A. Ikhlaq et al. [20] при каталітичному озонуванні питної води у східному Лахорі (Пакистан). Зменшення мінералізації вони пов'язували з іонним обміном, при якому відбувалася заміна кальцію на натрій. В. Wang також спостерігав зменшення мінералізації при електролізі води під низькою напругою (7,5–12 V) протягом 3–10 хвилин [21].

Висновки. Дослідження показали потенціал дезінфекції озонуванням, продемонструвавши зменшення мікробної популяції у воді в порівнянні з необробленими зразками. Ефективність знешкодження мікроорганізмів залежала від їх вихідної концентрації у воді та тривалості їх контакту з озоном. Водопровідна вода з найменшим мікробним забрудненням була повністю очище-

на. Джерельну воду, що містила приблизно $2,7 \log$ КУО/мл, було ефективно дезінфіковано за допомогою 5-хвилинного озонування з наступною додатковою 5-хвилинною експозицією. У воді, отриманій з відкритої водойми, із приблизно $3,8 \log$ КУО/мл, не вдалося нейтралізувати всі мікроорганізми. Після 5 хвилин озонування та додаткового 10-хвилинного впливу було знешкоджено $1,9 \log$ КУО/мл.

Перспективи подальших досліджень. Оцінка додаткового впливу озонування на мінералізацію та інші показники якості води є перспективним напрямком досліджень. Також перспективними є дослідження ефективності водного розчину озону для знешкодження умовно-патогенних та патогенних мікроорганізмів *in vitro* та *in vivo*.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ozone and photocatalytic processes for pathogens removal from water: A review / J. Gomes, A. Matos, M. Gmurtek [et al.] // *Catalysts*. – 2019. – Vol. 9 (1). – P. 1–23. DOI: 0.3390/catal9010046.
2. Yuliana T. Potential of aqueous ozone for the *in vitro* sterilization procedure of solanaceae / T. Yuliana, E. Prihastanti, Y. Nurchayati // *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. – 2020. – P. 138–141. DOI: 10.22159/ajpcr.2020.v13i10.38945.
3. Ersoy Z. G. Mechanisms of the *Escherichia coli* and *Enterococcus faecalis* inactivation by ozone / Z. G. Ersoy, S. Baris-

ci, O. Turkyay // *LWT – Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 100 (1). – P. 306–313. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.095.

4. The use of ozone gas for the inactivation of *Bacillus anthracis* and *Bacillus subtilis* spores on building materials / J. P. Wood, M. Wendling, W. Richter [et al.] // *PLOS ONE*. – 2020. – Vol. 15 (5). – P. e0233291. DOI: 10.1371/journal.pone.0233291.

5. Effect of gaseous ozone on *Listeria monocytogenes* planktonic cells and biofilm: An *in vitro* study / F. Panebianco, S. Rubiola, F. Chiesa [et al.] // *Foods*. – 2021. – Vol. 10 (7). – P. 1484. DOI: 10.3390/foods10071484.

Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення

6. Inactivation of fungal spores in water using ozone: Kinetics, influencing factors and mechanisms / G. Wen, Z. Liang, X. Xu [et al.] // *Water Research*. – 2020. – Vol. 185. – 116218. DOI: 10.1016/j.watres.2020.116218.
7. Wolf C. Kinetics of Inactivation of Waterborne Enteric Viruses by Ozone / C. Wolf, U. Von Gunten, T. Kohn // *Environmental Science and Technology*. – 2018. – Vol. 52 (4). – P. 2170–2177. DOI: 10.1021/acs.est.7b05111.
8. Alimohammadi M. Effectiveness of Ozone Gas on Airborne Virus Inactivation in Enclosed Spaces: A Review Study / M. Alimohammadi, M. Naderi // *Ozone: Science and Engineering*. – 2021. – Vol. 43 (1). – P. 21–31. DOI: 10.1080/01919512.2020.1822149.
9. Ozone application in different industries: A review of recent developments / E. I. Epelle, A. Macfarlane, M. Cusack [et al.] // *Chemical Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 454. – P. 140188. DOI: 10.1016/j.cej.2022.140188
10. Recent advances in applications of ozone in the cereal industry / S. Sivaranjani, V. A. Prasath, R. Pandiselvam [et al.] // *LWT*. – 2021. – Vol. 146. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111412.
11. Subiksha P. S. Ozone and its uses in root canal therapy – A review / P. S. Subiksha // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2016. – Vol. 8 (9). – P. 1073–1076.
12. Hirahara Y. Effect of Citric Acid on Prolonging the Half-life of Dissolved Ozone in Water / Y. Hirahara, K. Iwata, K. Nakamuro // *Food Safety*. – 2019. – Vol. 7 (4). – P. 90–94. DOI: 10.14252/foodsafetyfscj.d-19-00005.
13. Rice R. G. Applications of ozone for industrial wastewater treatment - A review / R. G. Rice // *Ozone: Science and Engineering*. – 1996. – Vol. 18, Issue 6. – P. 477–515. DOI: 10.1080/01919512.1997.10382859.
14. Heebner A. Electrolysis catalyzed ozonation for advanced wastewater treatment / A. Heebner, B. Abbassi // *Journal of Water Process Engineering*. – 2022. – Vol. 46. – 102638.
15. Екобіологічний захист та санітарний контроль води і ґрунту у нерестових корокових ставах / Н. Гриневич, Н. Семанюк, О. Хом'як [та ін] // *Таврійський Науковий Вісник*. – 2023. – № 129. – С. 277–284. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.129.36.
16. Морозова Л. Контроль якості лікувально-столових мінеральних вод Закарпаття за вмістом гідрокарбонатів та ступенем мінералізації / Л. Морозова, М. Гриневич // *Продовольчі ресурси*. – 2021. – № 9 (17). – С. 96–106. DOI: 10.31073/foodresources2021-17-10
17. Геоекологічні параметри компонентів навколишнього середовища міста Тернополя / Л. П. Царик, П. Л. Царик, Л. В. Янковська [та ін] // *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Конструктивна географія і геоекологія*. – 2019. – № 46 (1). – С. 198–210. DOI: 10.25128/2519-4577.19.2.25.
18. Application and Kinetics of Ozone in Food Preservation / R. Pandiselvam, S. Sunoj, M. R. Manikantan [et al.] // *Ozone: Science and Engineering*. – 2017. – Vol. 39 (2). – P. 115–126. DOI: 10.1080/01919512.2016.1268947.
19. Ozone disinfection of chlorine-resistant bacteria in drinking water / W. Ding, W. Jin, S. Cao [et al.] // *Water Research*. – 2019. – Vol. 160. – P. 339–349. DOI: 10.1016/j.watres.2019.05.014.
20. Potable Water Treatment in a Batch Reactor Benefited by Combined Filtration and Catalytic Ozonation / A. Ikhtlaq, U. Y. Qazi, A. Akram [et al.] // *Water (Switzerland)*. – 2022. – Vol. 14 (15). DOI: 10.3390/w14152357.
21. Wang B. B. Research on drinking water purification technologies for household use by reducing total dissolved solids (TDS) / B. B. Wang // *PLOS ONE*. – 2021. – Vol. 16 (9). – e0257865. DOI: 10.1371/journal.pone.0257865.

REFERENCES

1. Gomes, J., Matos, A., Gmurek, M., Quinta-Ferreira, R.M., & Martins, R.C. (2019). Ozone and photocatalytic processes for pathogens removal from water: A review. *Catalysts*, 9(1), 1-23. DOI: 10.3390/catal9010046.
2. Yuliana, T., Prihastanti, E., & Nurchayati, Y. (2020). Potential of aqueous ozone for the in vitro sterilization procedure of solanaceae. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 138-141. DOI: 10.22159/ajpcr.2020.v13i10.38945.
3. Ersoy, Z.G., Barisci, S., & Turkay, O. (2018). Mechanisms of the Escherichia coli and Enterococcus faecalis inactivation by ozone. *LWT – Food Science and Technology*, 100(1), 306-313. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.10.095.
4. Wood, J.P., Wendling, M., Richter, W., & Rogers, J. (2020). The use of ozone gas for the inactivation of Bacillus anthracis and Bacillus subtilis spores on building materials. *PLOS ONE*, 15(5). DOI: 10.1371/journal.pone.0233291.
5. Panebianco, F., Rubiola, S., Chiesa, F., Civera, T., & Di Ciccio, P.A. (2021). Effect of gaseous ozone on Listeria monocytogenes planktonic cells and biofilm: An in vitro study. *Foods*, 10(7). DOI: 10.3390/foods10071484.
6. Wen, G., Liang, Z., Xu, X., Cao, R., Wan, Q., Ji, G., Lin, W., Wang, J., Yang, J., & Huang, T. (2020). Inactivation of fungal spores in water using ozone: Kinetics, influencing factors and mechanisms. *Water Research*. DOI: 10.1016/j.watres.2020.116218.
7. Wolf, C., Von Gunten, U., & Kohn, T. (2018). Kinetics of Inactivation of Waterborne Enteric Viruses by Ozone. *Environmental Science and Technology*, 52(4), 2170-2177. DOI: 10.1021/acs.est.7b05111.
8. Alimohammadi, M., & Naderi, M. (2021). Effectiveness of Ozone Gas on Airborne Virus Inactivation in Enclosed Spaces: A Review Study. *Ozone: Science and Engineering*, 43(1), 21-31. DOI: 10.1080/01919512.2020.1822149.
9. Epelle, E.I., Macfarlane, A., Cusack, M., Burns, A., Okolie, J.A., Mackay, W., Rateb, M., & Yaseen, M. (2023). Ozone application in different industries: A review of recent developments. *Chemical Engineering Journal*, 454. DOI: 10.1016/j.cej.2022.140188.
10. Sivaranjani, S., Prasath, V.A., Pandiselvam, R., Kothakota, A., & Mousavi Khaneghah, A. (2021). Recent advances in applications of ozone in the cereal industry. *LWT*, 146. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111412.
11. Subiksha, P.S. (2016). Ozone and its uses in root canal therapy - A review. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8(9), 1073-1076.
12. Hirahara, Y., Iwata, K., & Nakamuro, K. (2019). Effect of Citric Acid on Prolonging the Half-life of Dissolved

- Огляди літератури, **оригінальні дослідження**, погляд на проблему, випадок з практики, короткі повідомлення
- Ozone in Water. *Food Safety*, 7(4), 90-94. DOI: 10.14252/foodsafetyfscj.d-19-00005.
13. Rice, R.G. (1996). Applications of ozone for industrial wastewater treatment – A review. In *Ozone: Science and Engineering*, 18(6), 477-515. Taylor and Francis Inc. DOI: 10.1080/01919512.1997.10382859.
14. Heebner, A., & Abbassi, B. (2022). Electrolysis catalyzed ozonation for advanced wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 46, 102638.
15. Grynevych, N.Ye., Semaniuk, N.V., Khomiak, O.A., Sliusarenko, A.O., & Trofymchuk, A.M. (2023). Ekobiolohichnyy zakhyst ta sanitarnyy kontrol vody i gruntu u nerestovykh koropovykh stavakh [Ecobiological protection and sanitary control of water and soil in spawning carp ponds]. *Tavriyskyy Naukovyy Visnyk – Taurida Scientific Herald*, 129, 277-284. DOI: 10.32851/2226-0099.2023.129.36 [in Ukrainian].
16. Morozova, L., & Hrynevych, M. (2021). Kontrol yakosti likuvalno-stolovykh mineralnykh vod Zakarpattya za vmistom hidrokarbonativ ta stupenem mineralizatsiyi [Quality control of medical and table mineral waters of Transcarpathia by the content of hydrocarbonates and the degree of mineralization]. *Prodovolchi resursy – Food Resources*, 9(17), 96-106. DOI: 10.31073/foodresources2021-17-10 [in Ukrainian].
17. Tsaryk, L., Tsaryk, P., Yankovska, L., & Kuzyk, I. (2019). Heeokolohichni parametry komponentiv navkolyshnioho seredovyshcha mista Ternopolya [Geoeological parameters of components of environment of the city of Ternopil]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriya: Konstruktyvna heohrafiya i heeokolohiya – The Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Geography*, 46(1), 198-210. DOI: 10.25128/2519-4577.19.2.25 [in Ukrainian].
18. Pandiselvam, R., Sunoj, S., Manikantan, M.R., Kothakota, A., & Hebbar, K.B. (2017). Application and Kinetics of Ozone in Food Preservation. *Ozone: Science and Engineering*, 39(2), 115-126. DOI: 10.1080/01919512.2016.1268947.
19. Ding, W., Jin, W., Cao, S., Zhou, X., Wang, C., Jiang, Q., Huang, H., Tu, R., Han, S.-F., & Wang, Q. (2019). Ozone disinfection of chlorine-resistant bacteria in drinking water. *Water Research*, 160, 339-349. DOI: 10.1016/j.watres.2019.05.014.
20. Ikhlaq, A., Qazi, U.Y., Akram, A., Rizvi, O.S., Sultan, A., Javaid, R., Al-Sodani, K.A.A., & Ibn Shamsah, S.M. (2022). Potable Water Treatment in a Batch Reactor Benefited by Combined Filtration and Catalytic Ozonation. *Water (Switzerland)*, 14(15). DOI: 10.3390/w14152357.
21. Wang, B.B. (2021). Research on drinking water purification technologies for household use by reducing total dissolved solids (TDS). *PLOS ONE*, 16(9), e0257865. DOI: 10.1371/journal.pone.0257865.

ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF OZONATION FOR FRESH WATER DISINFECTION

©T. I. Pyatkovskyy¹, O. V. Pokryshko¹, S. O. Danylkov²

¹ I. Horbachevsky Ternopil National Medical University¹

² O. Bohomolets National Medical University²

SUMMARY. The demand for effective and environmentally safe methods of disinfection of fresh water sources is of paramount importance to address the growing problems with waterborne pathogens. A water treatment method that uses ozone to disinfect and purify water has gained popularity due to its potential advantages over traditional disinfection methods.

The aim – to evaluate the effectiveness of ozonation for fresh water disinfection in order to understand its applicability and suitability for different types of water.

Material and Methods. Samples of tap water, spring water and open water were taken, water ozonation was carried out electrolytically using a commercial portable ozonator for 2 and 5 minutes. To increase the duration of the action of ozone already formed in the water, the samples were kept for an additional 5 and 10 minutes. Treated and untreated samples were subjected to microbiological examination with the calculation of the total microbial number. The mineralization of water samples was additionally evaluated.

Results. Demonstrated that ozonation provided significant disinfection potential, effectively reducing the microbial load compared to the control. The effectiveness of inactivation depended on the initial concentration of microorganisms in the water and the duration of ozonation. The tap water was the least contaminated and was completely purified, the spring water contained ~2.7 log CFU/mL, which was inactivated by ozonation for 5 minutes with an additional exposure of 5 minutes. Water from open water bodies contained ~3.8 log CFU/mL, of which only 1.9 log CFU/mL could be neutralized even after ozonation for 5 minutes and an additional exposure of 10 minutes. Mineralization significantly decreased only in spring water from 421 mg/L to 388 mg/L.

Conclusions. Ozonation is an effective method of water disinfection, but its effectiveness can be affected by various factors, including water quality, ozone dosage, and contact time.

KEY WORDS: ozone; water disinfection; microbial inactivation; portable ozone generator.

Отримано 08.11.2023

Електронна адреса для листування: pyatkovskyy@tdmu.edu.ua