

УДК 628.33

О.П.Завалій<sup>1</sup>, А.І. Зілінський<sup>1</sup>, І. А.Гришко<sup>1</sup>, Д. Р. Абдуліна<sup>2</sup><sup>1</sup> – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна<sup>2</sup> – Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, Україна

### Система для ультразвукової кавітаційної очистки води

Бактерія *Escherichia coli* – це бактерія, що зазвичай проявляється насамперед у нижніх відділах кишечника ссавців. Незважаючи на те, що більшість штамів цієї бактерії є нешкідливими, такий штам, як *E. coli*, здатен продукувати шігатоксін (STEC), що в свою чергу викликає тяжке харчове отруєння, кишкову інфекцію організму, простатит, запальовальні процеси органів малого тазу та ряд інших серйозних захворювань [1, 2].

Зазвичай штами мікроорганізмів зберігаються в Українській колекції мікроорганізмів в Інституті мікробіології і вірусології НАН України. у ході дослідження було використано бактерії, культивовані в рідкому поживному середовищі NB, у концентрації 13 г/л (Himedia, Індія). Самий же посівний матеріал для експерименту отримано у 1 л флаконах, стерильне поживне середовище інокульовано у об'ємі 10% об/об та, у ході експерименту, культивовано протягом 3 діб за температури 37 С у термостаті.

Варто зауважити, що основним джерелом спалахів STEC у більшості випадків є неочищена вода, а також сирі або не пройшли достатню теплову обробку продукти м'ясного походження, сире молоко та овочі, що були забруднені фекаліями тощо. Незважаючи на те, що часто хвороба може пройти сама, відомі такі випадки, коли організм не справлявся і розвивалися захворювання, які загрожували життю людини, наприклад, гемолітичний уремічний синдром (ГУС), що особливо тяжко проходив у дітей раннього віку та людей похилого віку [1].

Однак цікавим фактом є те, що STEC чутлива до високих температур. Беручи до уваги зазначену інформацію, було вирішено розробити систему для ультразвукової кавітаційної очистки води, яка могла б убезпечити людей від шкідливих наслідків використання неочищеної чи недостатньо очищеної води. У цьому власне і полягає актуальність даного дослідження.

Нами було розроблено ультразвукову кавітаційну установку з наступними параметрами: потужність – 800 В, частота коливань – 22,4 кГц, продуктивність – до 50 л/хв, тиск рідини – до 1,0 МПа, напруга живлення – 50 Гц.

Об'єктом дослідження, відповідно, є вода водопровідна не стерильна. Попередньо, перед самим експериментом, було визначено загальну кількість мікроорганізмів. Наступним кроком в кавітаційну установку було залито  $10 \pm 2$  л води.

У дослідженнях були використані наступні режими обробки, подані у таблиці 1, з використанням двох контурів перекачування рідини. Зазначимо, що контур 1 є незамкненим, а контур 2 – замкненим, адже вода циркулює безперервно і нікуди не зникає.

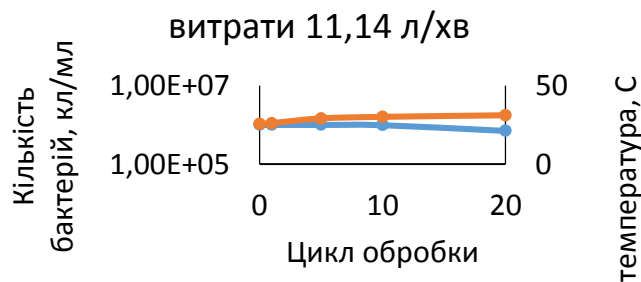
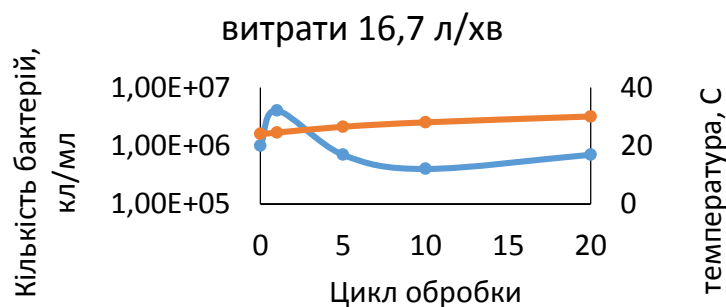
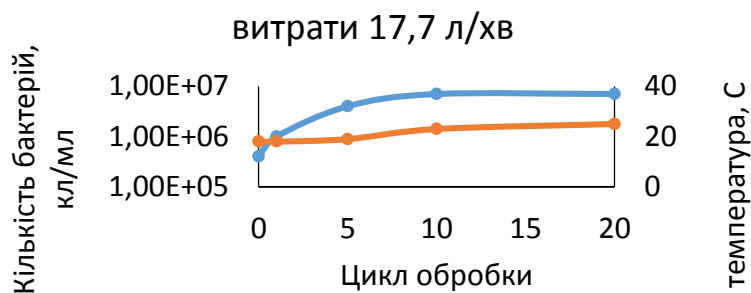
Таблиця 1. Режими обробки води водопровідної

Режим	Тиск, bar	Компресор, kg/cm <sup>2</sup>	Об'єм рідини, л	Час прокачування, сек (хв)	Витрати, л/хв	
Контур 1	1	2,0	6,3	6,0	32,29	11,14
	2	1,0	5,8	6,5	23,32	16,72
	3	0,2	5,8	5,5	18,52	17,70
Контур 2	4	2,0	6,3	-	60,0	11,14
	5	2,0	6,3	-	3,5 хв	3,5-4,0
	6	2,0	6,3	-	7,2 хв	1,0

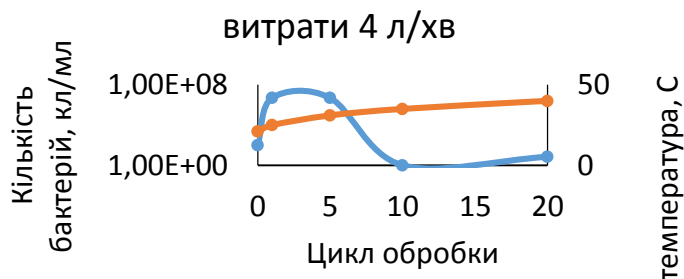
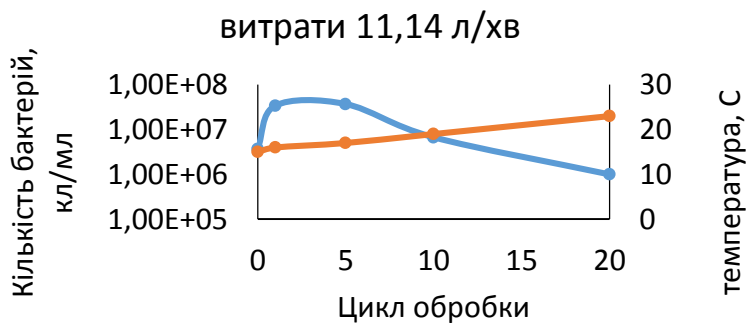
Наступним етапом дослідження стала ультразвукова обробка води із внесенням бактерій у початкових титрах  $10^6$  кл/мл; цю обробку було проведено на вказаному устаткуванні.

Режим обробки води на УЗДН-1 наступний: спершу проводимо обробку у потоковому режимі 10 л протягом встановленого часу, залежно від розрахованих за витратами циклів прокачування води, і лише після 1, 5, 10 і 20 циклів обробки відбираємо 10 мл проби на аналіз у стерильні пробірки.

У результаті УЗ обробки води із внесенням установленної кількості мікроорганізмів за використання обраних режимів було отримано наступні результати (рис.1).



Контур 1



Контур 2

Рис. 1. Зміна кількості бактерій за різних режимів обробки води проточним УЗ кавітатором

Взяття проби на аналіз здійснюється з метою повторного виявлення кількості бактерій, але уже після теплової обробки. Кількість бактерій було визначено методом десятикратних граничних посівів у поживне середовище. Отримані результати оброблено статистично, а найбільш ймовірне число мікроорганізмів (клітини) в одиниці об'єму води (мл) розраховували за допомогою спеціальної таблиці Мак-Креді [3].

З огляду на вищенаведене можемо зробити наступний висновок: чим менші витрати установки та вища температура, тим більше бактерій знищується, і, відповідно, чистішою стає вода.

Цікавим фактом є наступне: якщо витрати установки достатньо високі (наприклад, 17,7 л/хв), а температура нижче 25°C, таке середовище створює лише сприятливий клімат для розмноження бактерій, і їх стає ще більше, ніж було до термічної обробки.

Укрупнені дані стосовно кількості бактерій при відповідних витратах, отримані протягом декількох циклів, вирахуємо аналітичним способом і побудуємо відповідні графіки (рис. 2).

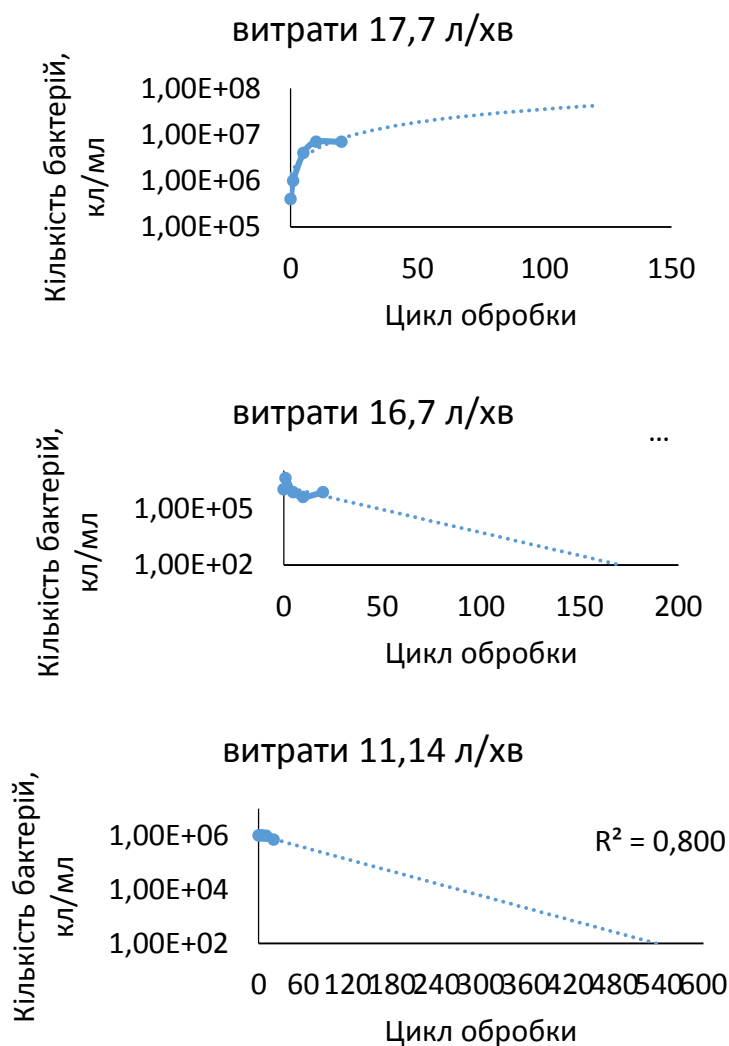


Рис. 2. Дані апроксимації даних УЗ обробки за допомогою проточного кавітатора (800 Вт, 22,4 кГц)

Для порівняння двох режимів обробки з однаковими витратами води 11.14 л/хв, але за двох контурів потоку води в установці було побудовано узагальнюючий апроксимований графік, де кількість циклів переведена у хвилини обробки (рис. 3).

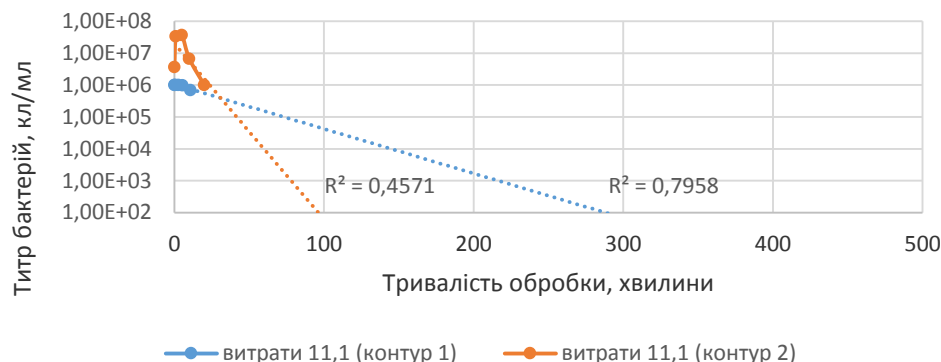


Рис. 3. Порівняння різних режимів потоку рідини (контурів) за УЗ обробки проточним кавітатором

Підсумок нашого дослідження наведемо у таблиці 2.

Таблиця 2. Ефективність УЗ обробки води за наявності культур мікроорганізмів

Культура бактерій	Проточний УЗ кавітатор (КПІ, Україна), потужність 800 Вт, частота 22,4 кГц, тривалість обробки					
	1 цикл		20 циклів		Дані апроксимації, Ефективність, 99,9999%	
	Початкова кількість, кл/мл	Залишкова кількість, кл/мл	Ефективність, %	Залишкова кількість, кл/мл	Ефективність, %	Цикл (термін обробки, год)
<i>Escherichia coli</i>	<b>Витрати 11,14 л/хв (контур 1)</b>					
	1*10 <sup>6</sup>	1*10 <sup>6</sup>	0	7*10 <sup>5</sup>	70,0	520-550 (5 годин)
	<b>Витрати 11, 14 л /хв (контур 2)</b>					
	3,67*10 <sup>6</sup>	3,37*10 <sup>7</sup>	0	1,0*10 <sup>6</sup>	27,2	(1 год 40 хв)
	<b>Витрати 4 л/хв (контур 2)</b>					
	1*10 <sup>2</sup>	5,05*10 <sup>6</sup>	0	0,7*10 <sup>1</sup>	-	-
	<b>Витрати 1 л/хв (контур 2)</b>					
	0	0	0	0	-	-
	<b>Витрати 16,7 л/хв (контур 1)</b>					
	1*10 <sup>6</sup>	4*10 <sup>6</sup>	0	7*10 <sup>5</sup>	70,0	170-180 (1,8 годин)
<b>Витрати 17,7 л/хв (контур 1)</b>						
4*10 <sup>5</sup>	1*10 <sup>6</sup>	0	7*10 <sup>6</sup>	0	-	

## Висновки:

1. Отже, після проведення дослідження було з'ясовано, що ефективність обробки води від бактерій проточним кавітатором склала 70,0% на 20 цикл обробки, що нижче від значень стаціонарного кавітатора (99,0%).

За даних режимів обробки із витратами води 11,2-16,7 л/хв, тривалість обробки води для знезараження до допустимих санітарних норм (для технічної води) тривалість обробки повинна складати 1,8-5,0 годин, а при використанні режиму з витратами води 11,14 л/хв, але за іншого контуру (2) ефективний час обробки зменшувався до 1 год 40 хв.

Зазначимо, що у подальшому доцільно провести повторне дослідження режимів із витратами води 4 л/хв, та 1 л/хв.

## Список використаних джерел:

1. E. coli [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>.
2. Инфекции, вызываемые Escherichia coli [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.msdmanuals.com/escherichia-coli>
3. Попов Е. М. Финансы организаций: учебник / Е. М. Попов. – Минск, 2015. – 431 с.