

[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309039](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309039)

УДК 579.6

**В. І. Сачковська**<sup>1</sup>, магістр 2 року навчання

**О. Ю. Зінченко**<sup>1</sup>, к.б.н., доцент; <https://orcid.org/0000-0003-4338-3139>

**Б. С. Жуков**<sup>2</sup>, головний аудитор систем управління якістю (ISO 19011, ISO 15189, ISO 17025) ВЦ ІП «СЖС Україна», <https://orcid.org/0009-0000-9860-2023>

**С. С. Кравець**<sup>3</sup>, фахівець з безпеки та адаптації до екстремальних умов; інструктор зі спортивного орієнтування та екстремального туризму

<sup>1</sup> Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології, Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: [ozinchenko@onu.edu.ua](mailto:ozinchenko@onu.edu.ua)

<sup>2</sup> ВЦ ІП «СЖС Україна», вул. Отамана Головатого 40/42, м. Одеса, Україна, 65003

<sup>3</sup> Громадське Об'єднання «[KL] Survival» (м. Одеса)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХЛОРВМІСНИХ КОМЕРЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ПРОТИ КОЛІФОРМНИХ БАКТЕРІЙ

Вивчали ефективність семи засобів для знезараження води двох українських та п'яти закордонних виробників. Доведено, що усі досліджені засоби відповідають критеріям ВООЗ щодо забезпечення захисту від бактеріальних інфекцій. Вітчизняні препарати мають порівнювану з закордонними аналогами ефективність за низької собівартості знезараженої води та можливості отримувати її у великих об'ємах.

**Ключові слова:** вода, знезараження, *Escherichia coli*, Каховське водосховище, екологічна катастрофа.

Унаслідок руйнування греблі Каховської гідроелектростанції, що сталося в ніч 6 червня 2023 року в ході російського вторгнення в Україну, відбулося значне зростання ризиків погіршення санітарно-гігієнічного благополуччя населення та виникнення спалахів кишкових інфекцій. Цей випадок екоциду є одним з найбільш кричущих, але руйнування інфраструктури, пов'язані з воєнними діями, виникають постійно та створюють загрозу здоров'ю цивільного населення та військових. Недоступність централізованих джерел водопостачання або їхнє руйнування, в тому числі руйнування очисних споруд з подальшим потраплянням стічних вод у водойми та ґрунт, необхідність використання сільських колодязів, якість води в яких неможливо перевірити через ускладнений доступ працівників Держпродспоживслужби, можуть сприяти розповсюдженню збудників захворювань [22, 24, 27]. У звіті UNICEF за 2019 рік зазначено, що «під час затяжних конфліктів діти у віці до 15 років майже втричі частіше гинуть від захворювань, спричинених відсутністю безпечної питної води, санітарії та гігієни, ніж від прямого насильства» [9].

Одним з найпоширеніших збудників гострих кишкових інфекцій, що пов'язані з вживанням зараженої води, є кишкова паличка. *Escherichia coli*, яка продукує токсин Шига (Shiga-toxin producing *E. coli*, STEC), інфікує людей будь-якого віку, але до групи найбільшого ризику належать діти молодші 10 років. STEC інфекції мають середній інкубаційний період тривалістю три дні з діапазоном розбіжності від 1 до 10 днів. Захворювання супроводжується больовим синдромом, діареєю, іноді з домішками крові, та часто перебігає без стійкої лихоманки [18, 20].

Серед найсерйозніших наслідків захворювання STEC реєструють гемолітико-уремічний синдром (ГУС), що зазвичай виникає через 5–13 днів від початку лихоманки. Розвиток цього синдрому тісно корелює з віком та спостерігається у 15–20% дітей до 10 років з підтвердженою інфекцією *E. coli* O157 [10]. Цей синдром виявляє себе тріадою з неімуноопосередкованою гемолітичною анемією, тромбоцитопенією та гострого ураження нирок. Пошкодження клітин ендотелію нирок призводить до потрапляння до ниркового кровотоку патологічних мультимерів фактора фон Віллебранда, що, зв'язуючись з тромбоцитами, спричиняє локальне утворення тромбоцитарних агрегатів [19].

Окрім цього, для багатьох штамів *E. coli* характерна мультирезистентність до антибіотиків, що може стати додатковим тягарем для національної системи охорони здоров'я [21]. Кишкова паличка є одним з найбільш значущих резервуарів генів стійкості до антибіотиків у суспільстві, що є не тільки прямою загрозою для здоров'я людей, а й негативним фактором для харчової безпеки [7]. У зв'язку з цим заходи попередження захворюваності є одним з пріоритетних напрямків національного плану дій щодо боротьби зі стійкістю до протимікробних препаратів [5].

У військовий період різко загострюються ризики, що пов'язані з санітарно-гігієнічним благополуччям населення. Одним з прикладів є наслідки пошкодженнями об'єктів водної інфраструктури, що суттєво підвищує потребу в ефективних засобах знезараження питної води та води, що використовується у побутових цілях.

Серед найпоширеніших засобів знезараження води на ринку України є чотири активні речовини, зокрема: дихлорізоціанурат натрію, діоксид хлору та полігексаметиленгуанідин гідрохлорид.

Дихлорізоціанурат натрію (натрієва сіль дихлорізоціанурової кислоти) широко використовують в процедурах дезінфекції, в тому числі у лікарнях. Одна з основних переваг натрієвої солі дихлорізоціанурової кислоти полягає в тому, що вона є стабільним дезінфікуючим засобом, який вивільняє хлор протягом тривалого часу. Це дозволяє підтримувати постійну концентрацію хлору в системі водопостачання, що є важливим для ефективного усунення бактерій та інших забруднень [23, 26].

Діоксид хлору є безпечним і ефективним дезінфікуючим засобом навіть у низьких концентраціях від 20 до 30 мг/л. Крім того, ефективність діоксиду

хлору в основному не залежить від рН. Його можна ефективно використовувати для дезінфекції питної води без значної зміни її смакових якостей, а також для знищення патогенних мікроорганізмів, включаючи віруси, бактерії та грибки на поверхні овочів і фруктів [17, 25].

Полігексаметиленгуанідину гідрохлорид є катіонним полімером, який виявляє антимікробну активність і може усувати бактерії, віруси та інші мікроорганізми. Ця речовина належить до біоцидів родини гуанідинів з вираженою бактерицидною активністю [8].

Ці речовини можуть бути використані для знезараження води та мають активність проти бактерій, вірусів та інших мікроорганізмів, однак вони можуть значно відрізнятися за формою препарату, країною походження та, відповідно, вартістю та доступністю для населення.

**Мета роботи** – оцінка активності семи доступних на ринку України комерційних засобів для знезараження води проти бактерій групи кишкової палички та порівняння ефективності вітчизняної продукції з препаратами закордонних виробників.

### Матеріали та методи дослідження

У дослідженні використовували сім комерційних хімічних препаратів: два препарати українського виробництва, два препарати виробництва Франції та по одному препарату від виробників США, Ірландії та Великої Британії. Серед активних речовин було досліджено діоксид хлору, дихлорізоціанурат натрію та полігексаметиленгуанідин гідрохлорид (табл. 1).

Таблиця 1

#### Комерційні засоби знезараження води, використані у дослідженні

№	Назва	Виробник	Активна речовина	Форма	Термін придатності
1	Aquamira Water Treatment	Aquamira Technologies, USA	Діоксид хлору	Розчин	05.2026
2	Aquatone-10 A-1	Укрводбезпека, Україна	ПГМГ*	Розчин	10.2027
3	JavelClade	Societe Nouvelle Clade, France	Дихлорізоціанурат натрію	Таблетки	07.2027
4	Lifesystems Chlorine Tablets	Lifemarque, England	Дихлорізоціанурат натрію	Таблетки	06.2027
5	Oasis Water Purification Tablets	Hydrachim, France	Дихлорізоціанурат натрію	Таблетки	04.2027
6	Aquatabs Water Purification Tablets	Medentech, Ireland	Дихлорізоціанурат натрію	Таблетки	12.2027
7	Blanidas 300	Бланідас, Україна	Натрієва сіль дихлорізоціанурової кислоти	Таблетки	03.2026

\* Полігексаметиленгуанідин гідрохлорид

Модельним об'єктом для дослідження слугував штам *Escherichia coli* ATCC 25922.

Первинне накопичення біомаси та біохімічне підтвердження [16] видової приналежності було проведено за допомогою глибинної інокуляції поживного середовища TBX (Tryptone Bile X-glucuronide, Merck) згідно з методикою ISO 4832:2006, ДСТУ ISO 4832:2015 [1, 12] та ISO 16649–2:2001, ДСТУ ISO 16649–2:2014 [6, 11]. Відповідно до рекомендацій цих стандартів після інокуляції поживного середовища проведено інкубацію при температурі 44 °C протягом 24 годин з наступним проведенням біохімічних тестів.

Накопичення біомаси *E. coli* здійснено за допомогою поверхневої інокуляції поживного середовища NA (Nutrient agar, Merck) згідно з методикою ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022, ДСТУ EN ISO 4833–2:2014 та ДСТУ ISO 4833:2006 [2, 3, 13] з наступною інкубацією при температурі 44 °C протягом 24 год. По завершенні інкубації біомасу змивали з поверхні поживного середовища за допомогою підігрітої до 37 °C пептонної води для формування гомогенної суспензії тест-культури.

Отриману суспензію клітин *E. coli* додавали до 1 л стерильної дистильованої води. Для визначення робочого титру тест-мікроорганізму готували десятикратні розведення за допомогою підігрітої до 37 °C пептонної води (PW, Merck) згідно з методикою ISO 6887–1:2017, ДСТУ ISO 6887–1:2003 [4, 14]. З отриманих розведень проводили поверхневу інокуляцію МПА згідно з методикою ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022, ДСТУ EN ISO 4833–2:2014 та ДСТУ ISO 4833:2006 [2, 3, 13] та інкубували при температурі 44 °C протягом 24 год з наступним підрахунком кількості колоній.

Розрахунок кінцевого титру здійснювали згідно з методикою ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022, ДСТУ EN ISO 4833–2:2014, ДСТУ ISO 4833:2006 [2, 3, 13], з врахуванням рекомендацій ISO 7218:2007 [15]:

$$X = \frac{\sum c}{V \times (n_1 + 0.1 \times n_2 + 0.01) \times d}$$

де:

- X – результат, КУО/см<sup>3</sup>;
- C – кількість колоній, що підраховано у окремій чашці Петрі;
- V – об'єм інокуляції поживного середовища;
- n<sub>1</sub> – кількість чашок Петрі, що містить колонії з першим розведенням, що враховується;
- n<sub>2</sub> – кількість чашок Петрі, що містить колонії з другим розведенням, що враховується;
- d – розрахунковий коефіцієнт, що відповідає першому розведенню, яке взято до розрахунку (у даному випадку дорівнює 0,001, оскільки розрахунок почато з розведення 10<sup>-3</sup>)

Паралельно залишок отриманої суспензії мікроорганізмів розподіляли на сім робочих аліквот об'ємом 100 см<sup>3</sup>. Необхідну кількість засобу знезараження води перераховували на робочий об'єм суспензії згідно з супровідною документацією, наданою виробником. Розрахункову кількість засобів знезараження надано у табл. 2.

Таблиця 2

**Розрахункова кількість досліджуваних засобів знезараження на 100 см<sup>3</sup> суспензії**

№	Назва	Спосіб застосування за інструкцією	Вихідна вага/об'єм препарату	Розрахункова вага/об'єм на 100 см <sup>3</sup> води	Експозиція
1	Aquamira Water Treatment	7 крап. А + 7 крап. В / 1 л води	7 краплин – 0,320 мл	0,032 мл	15 хв
2	Aquaton-10 A-1	1 стік / 5–6 л води	1 стік – 3 мл	0,055 мл	60 хв
3	JavelClade	1 табл. / 37,5 л води	1 табл. – 3,550 г	0,009 г	30 хв
4	Lifesystems Chlorine Tablets	1–2 табл. / 1 л води	1 табл. – 2,850 г	0,021 г	30 хв
5	Oasis Water Purification Tablets	1 табл. / 10 л води	1 табл. – 0,140 г	0,014 г	30 хв
6	Aquatabs Water Purification Tablets	1 табл. / 4–5 л води	1 табл. – 0,055 г	0,001 г	30 хв
7	Blanidas 300	1 табл. / 10 л води	1 табл. – 2,850 г	0,029 г	5 хв

Розраховану кількість досліджуваних препаратів додавали до робочих аліквот суспензії тест-мікроорганізму. Кожен розчин ретельно перемішували та розміщували на експозицію при кімнатній температурі згідно з рекомендаціями виробника.

Для визначення ефективності засобів дезінфекції з кожної робочої суспензії готували ряд десятикратних розведень за допомогою підігрітої до 37 °С пептонної води згідно з методикою ISO 6887–1:2017, ДСТУ ISO 6887–1:2003 [4, 14], проводили поверхневу інокуляцію поживного середовища NA згідно з методикою ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022, ДСТУ EN ISO 4833–2:2014 та ДСТУ ISO 4833:2006 [2, 3, 13] та інкубували при температурі 44 °С впродовж 24 год з наступним підрахунком кількості колоній.

Для підтвердження відсутності колоній проводили додатковий змив з поверхні чашок, що містили зразок вихідного матеріалу без розведення підігрітою до 37 °С пептонною водою з наступним центрифугуванням змиву протягом 2 хв при 300 об/хв. Осад забарвлювали за методом Грама для виявлення клітин за допомогою мікроскопування.

### Результати та їх обговорення

Згідно з результатами розрахунку, концентрація живих клітин, або колонієутворюючих одиниць (КУО) *E. coli* у воді, що підлягала дослідженню, складала 1239819 КУО/см<sup>3</sup>, або  $1,2 \cdot 10^6$  клітин у 1 см<sup>3</sup> рідини.

Результати підрахунку відображено у табл. 3.

Таблиця 3

**Результати підрахунку титру живих клітин тест-мікроорганізму після зараження зразка води**

Розведення		Вихідне	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>
Кількість колоній	Репліка 1	>300	>300	>300	124	14
	Репліка 2	>300	>300	>300	118	18

У результаті дослідження було продемонстровано повну відсутність росту мікроорганізмів на поверхні МПА при використанні усіх засобів знезараження води.

За результатами мікроскопування осаду, отриманого за допомогою змиву з поверхні чашок з агаризованим середовищем, клітин мікроорганізмів виявлено не було.

Враховуючи Пуассонівський розподіл та мінливість меж довірчого інтервалу методу поверхневої інокуляції поживного середовища від  $\pm 16\%$  до  $\pm 52\%$  відповідно до кількості випробуваних колоній, неможливо достовірно стверджувати повну відсутність мікроорганізмів в досліджуваній робочій суспензії [2, 3, 13]. Тому вважаємо доречним вираження результатів як  $<10$  КУО/см<sup>3</sup> у відповідності до стандартизованого визначення методу.

Відповідно до Міжнародної схеми методів обробки побутової води, запропонованої ВООЗ, зменшення вмісту бактерій у воді після обробки на 4 порядки та більше дозволяє оцінити засіб як ефективний [27]. Початкова концентрація живих клітин у воді, яка була оброблена, складала  $1,2 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, а після обробки живих клітин не виявлено. Згідно з цим можна стверджувати, що усі досліджені засоби забезпечують ефективний захист від бактеріальних інфекцій, що передаються водним шляхом.

Отже, встановлено, що всі сім комерційних засобів дезінфекції води мають високу ефективність проти бактерій групи кишкової палички.

Результатами дослідження продемонстровано порівняну ефективність як вітчизняних комерційних хлорвмісних засобів знезараження води, так і препаратів закордонних виробників. Окрім цього продемонстровано однакову ефективність діоксиду хлору, дихлорізоціанурату натрію та полігексаметиленгуанідину гідрохлориду проти бактерій групи кишкової палички. Суттєвої відмінності між препаратами дихлорізоціанурату натрію та натрієвої солі дихлорізоціанурової кислоти різних виробників не виявлено.

На наступному етапі дослідження оцінювали зручність використання засобів для знезараження води на основі типу пакування, часу експозиції та ринкової ціни. Вартість 1 л очищеної води для кожного засобу розраховували, виходячи з середньої ціни відповідного продукту на ринку України.

Відповідно до даних табл. 4 найшвидшим засобом знезараження серед усіх досліджених є засіб українського виробництва Vlanidas 300, який також забезпечує низьку вартість отриманої знезараженої води та великий її обсяг (3000 л). Використання цього засобу дозволить забезпечити знезараженою водою великі групи людей, однак розмір та вага пакування (1 кг) робить незручним його використання у польових умовах. Вітчизняний препарат Aquaton-10 A-1 є зручнішим для транспортування при необхідності комплектації дорожніх наборів, однак вартість 1 л очищеної води є значно вищою. Серед засобів закордонного виробництва оптимальним за співвідношенням ціна/зручність пакування, а також за тривалістю обробки та об'ємом отриманої знезараженої води, є засіб JavelClade.

Таблиця 4

**Порівняння економічної доцільності та зручності використання засобів для знезараження води різних виробників**

Назва	Форма випуску	Мінімальна упаковка продукту	Об'єм очищеної води на одиницю	Експозиція, хв	Орієнтовна вартість 1 л очищеної води, грн
Aquaton-10 A-1 (Україна)	Саше з реагентом у картонній коробці	5 саше, Загальний об'єм засобу 15 мл	6 л/стік 30 л/упаковка	60	3,17
Vlanidas 300 (Україна)	Таблетки у пластиковій банці	300 таблеток, 1 кг	10 л/таблетка 3000 л/банка	5	0,11
Aquamira Water Treatment (USA)	Краплі у двох скляних флаконах з крапельницею	30·2 мл	165 л/флакон	15	5,80
JavelClade (France)	Таблетки в блістерах у картонній упаковці	20 таблеток	37,5 л/таблетка 750 л/упаковка	30	0,24
Oasis Water Purification Tablets (France)	Таблетки в блістерах	10 таблеток	10 л/таблетка 100 л/блістер	30	1,66
Lifesytems Chlorine Tablets (England)	Таблетки в картонній упаковці	30 таблеток	1 л/таблетка 30 л/упаковка	30	4,20
Aquatabs Water Purification Tablets (Ireland)	Таблетки в блістері	10 таблеток	5 л/таблетка 50 л/блістер	30	1,98

У підсумку, на українському ринку представлені ефективні засоби знезараження води як вітчизняного, так і закордонного виробництва, які практично не відрізняються за ефективністю. З метою отримання великих кількостей знезараженої води можна рекомендувати засіб Бланідас 300 українського виробництва. Однак споживання води, знезараженої за допомогою будь-якого з досліджених засобів, рекомендується розглядати лише як екстрений захід та не може бути тривалим через токсичність сполук хлору для організму людини.

### Висновки

1. Після обробки сімома досліджуваними засобами для знезараження води спостерігалось зниження кількості живих бактерій *Escherichia coli* з вихідного титру  $1,2 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до концентрації  $>10$  КУО/см<sup>3</sup>. Зниження концентрації спостерігалось після використання концентрації діючої речовини та експозиції у параметрах, затверджених виробником.
2. Результати демонструють однакову ефективність діоксиду хлору, дихлорізоціанурату натрію та полігексаметиленгуанідин гідрохлориду проти бактерій групи кишкової палички.
3. Суттєвої відмінності між препаратами дихлорізоціанурату натрію та натрієвої солі дихлорізоціанурової кислоти від різних виробників не виявлено.
4. Дослідження свідчить про порівняну ефективність як вітчизняних комерційних хлорвмісних засобів знезараження води, так і препаратів закордонних виробників, та відповідність критеріям ефективності ВООЗ.

Стаття надійшла до редакції 3.12.2023

### Список використаної літератури

1. ДСТУ ISO 4832:2015 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку коліформ. Метод підрахунку колоній (ISO 4832:2006, IDT)
2. ДСТУ ISO 4833:2006 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку мікроорганізмів. Техніка підрахунку колоній за температури 30 °C (ISO 4833:2003, IDT).
3. ДСТУ ISO 4833:2006 Мікробіологія харчового ланцюга. Горизонтальний метод підрахунку мікроорганізмів. Частина 2. Підрахунок колоній за температури 30 °C методом поверхневого посіву по чашкам (EN ISO 4833-2:2013 + EN ISO 4833-2:2013/AC:2014, IDT)
4. ДСТУ ISO 6887-1:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Готування досліджуваних проб, вихідної суспензії та десятикратних розведень для мікробіологічного дослідження. Частина 1. Загальні правила готування вихідної суспензії та десятикратних розведень (ISO 6887-1:1999, IDT).
5. Кабінет міністрів України: Розпорядження від 6 березня 2019 р. № 116-р Про затвердження Національного плану дій щодо боротьби із стійкістю до протимікробних препаратів. Київ.
6. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку <бета>-глюкуронідаза-позитивних *Escherichia coli*. Частина 2. Техніка підрахунку колоній за температури 44 °C з використанням 5-бромо-4-хлоро-3-індоліл-β-D-глюкуроніду (ISO 16649-2:2001, IDT).
7. Arbab S., Hanif U., Weiwei W., Jiyu Z. Antimicrobial drug resistance against *Escherichia coli* and its harmful effect on animal health. *Veterinary Medicine and Science*. 2022. Vol. 8, Iss. 4. P. 1780–1786. DOI: 10.1002/vms3.825



8. Asiedu-Gyekye I., Abdulai S.M., Awortwe C., Kwadwo A. A Preliminary safety evaluation of polyhexamethylene guanidine hydrochloride. *International Journal of Toxicology*. 2014. Vol. 33(6). P. 523–31. DOI: 10.1177/1091581814553036
9. Children living in protracted conflicts are three times more likely to die from water-related diseases than from violence. – URL: <https://www.unicef.org/ukraine/en/press-releases/children-living-protracted-conflicts-are-three-times-more-likely-die-water-related>.
10. Holtz L. R. Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: Clinical manifestations, diagnosis, and treatment (2023). – URL: <https://www.uptodate.com/contents/shiga-toxin-producing-escherichia-coli-clinical-manifestations-diagnosis-and-treatment>.
11. ISO 16649–2:2001 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli* – Part 2: Colony-count technique at 44 degrees C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl beta-D-glucuronide.
12. ISO 4832:2006 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique
13. ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 2: Colony count at 30 °C by the surface plating technique – Amendment 1: Clarification of scope.
14. ISO 6887–1:2017 Microbiology of the food chain. Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination. Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions.
15. ISO 7218:2007 Amd 1:2013(E) – Microbiology of food and animal feeding stuffs – General requirements and guidance for microbiological examinations.
16. Janezic K. J., Ferry B., Hendricks E. W., Janiga B. A., Johnson T., Murphy S. et al. Phenotypic and genotypic characterization of *Escherichia coli* isolated from untreated surface waters. *Open Microbiol J*. 2013. Vol. 7. P. 9–19. DOI: 10.2174/1874285801307010009
17. Jefri U. H. N. M., Khan A., Lim Y. C., Lee K. S., Liew K. B., Kassab Y. W. A systematic review on chlorine dioxide as a disinfectant. *J Med Life*. 2022. Vol. 15(3). P. 313–318. DOI: 10.25122/jml-2021–0180
18. Lee J. B., Kim S. K., Yoon J. W. Pathophysiology of enteropathogenic *Escherichia coli* during a host infection. *J Vet Sci*. 2022. Vol. 23(2). P. e28. DOI: 10.4142/jvs.21160
19. Liu Y., Thaker H., Wang C., Xu Z., Dong M. Diagnosis and treatment for shiga toxin-producing *Escherichia coli*. Associated hemolytic uremic syndrome. *Toxins*. 2023. Vol. 15(1). P. 10. DOI: 10.3390/toxins15010010
20. Pakbin, B., Brück, W.M., Rossen, J.W.A. Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A Review. *Int. J. Mol. Sci*. 2021. Vol. 22. P. 9922. DOI: 10.3390/ijms22189922
21. Pormohammad A., Nasiri M. J., Azimi T. Prevalence of antibiotic resistance in *Escherichia coli* strains simultaneously isolated from humans, animals, food, and the environment: a systematic review and meta-analysis *Infection and Drug Resistance*. 2019. Vol. 12. P. 1181–1197. DOI: 10.2147/IDR.S201324
22. Schillinger J., Özerol G., Güven-Griemert Ş., Heldewe M. Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. *WIREs. Water*. 2020. Vol. 7(6). P. e1480. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1480>
23. Sharafi K., Fazlzadeh M., Pirsaeheb M., Moradi M., Azari A., Sharafi H. et al. Wastewater disinfection using sodium dichloroisocyanate (NaDCC) and sodium hypochlorite (NaOCL): Modeling, optimization and comparative analysis. *Desalination and Water Treatment*. 2017. Vol. 66. P. 221–228. DOI:10.5004/dwt.2017.20227
24. Shumilova O., Tockner K., Sukhodolov A., Khilchevskiy V., De Meester L., Stepanenko S. et al. Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature sustainability*. 2022. Vol. 6. P. 578–586. DOI:10.1038/s41893–023–01068-x
25. Totaro M., Badalucco F., Costa A. L., Tuvo B., Casini B., Privitera G. et al. Effectiveness of disinfection with chlorine dioxide on respiratory transmitted, enteric, and bloodborne viruses: a narrative synthesis. *Pathogens*. 2021. Vol. 10(8). P. 1017. DOI: 10.3390/pathogens10081017
26. Wahman, D. G. Chlorinated cyanurates: review of water chemistry and associated drinking water implications. *J Am Water Works Assoc*. 2018. Vol. 110(9). P. E1–E15. DOI: 10.1002/awwa.1086
27. World Water Day: water in times of war – the case of Ukraine. (2022). – URL: <https://euneighbourseast.eu/news/publications/world-water-day-water-in-times-of-war-the-case-of-ukraine/>
28. International scheme to evaluate household water treatment technologies. – URL: <https://www.who.int/tools/international-scheme-to-evaluate-household-water-treatment-technologies>

**В. І. Сачковська<sup>1</sup>, О. Ю. Зінченко<sup>1</sup>, Б. С. Жуков<sup>2</sup>, С. С. Кравець<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології, Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: ozinchenko@onu.edu.ua

<sup>2</sup> ВЦ ПП «СЖС Україна», вул. Отамана Головатого 40/42, м. Одеса, Україна, 65003

<sup>3</sup> Громадське Об'єднання «[KL] Survival» (м. Одеса)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХЛОРВМІСНИХ КОМЕРЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ПРОТИ КОЛІФОРМНИХ БАКТЕРІЙ**

### **Резюме**

**Проблема.** Відомо, що вода є одним із основних чинників передачі кишкових інфекцій. Під час воєнних конфліктів ризик виникнення спалахів таких інфекцій підвищується внаслідок руйнування інфраструктури, недоступності джерел централізованого водопостачання, неможливості здійснення контролю якості питної води з боку державних наглядових органів. У такій ситуації виникає необхідність застосування засобів знезараження води для побутових потреб.

**Мета.** Оцінка активності семи доступних на ринку України комерційних засобів для знезараження проти бактерій групи кишкової палички та порівняння ефективності вітчизняної продукції з препаратами закордонних виробників.

**Методика.** Методом серійних розведень з наступним підрахунком колоній визначали активність семи засобів знезараження води вітчизняного та закордонного виробництва щодо тест-організму *Escherichia coli* ATCC25922.

**Основні результати.** Встановлена висока ефективність досліджуваних препаратів проти бактерій групи кишкової палички. У випадку випробування кожного препарату спостерігалось зниження кількості живих *Escherichia coli* з вихідного титру  $1,2 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до концентрації  $< 10$  КУО/см<sup>3</sup> після часу експозиції, затвердженого виробником.

**Висновки.** Досліджені засоби для знезараження води вітчизняного та закордонного виробництва незалежно від природи діючої речовини (діоксид хлору, дихлорізоціанурат натрію, полігексаметиленгуанідин гідрохлорид) є активними проти бактерій групи кишкової палички та відповідають критеріям ефективності ВООЗ.

**Ключові слова:** вода, знезараження, *Escherichia coli*, Каховське водосховище, екологічна катастрофа.

V.I. Sachkovska<sup>1</sup>, O. Yu. Zinchenko<sup>1</sup>, B.S. Zhukov<sup>2</sup>, S.S. Kravets<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Microbiology, Virology and Biotechnology, 2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: ozinchenko@onu.edu.ua

<sup>2</sup> TC FE "SGS Ukraine", Otamana Holovatoho str., 40/42. Odesa, Ukraine, 65003

<sup>3</sup> Public Association «[KL] Survival» (Odesa)

## EVALUATION OF THE EFFICACY OF CHLORINE-CONTAINING COMMERCIAL PRODUCTS FOR WATER DECONTAMINATION AGAINST COLIFORM BACTERIA

### Summary

**Problem.** Water is a key factor in the transmission of intestinal infections. During war conflicts, the risk of outbreaks of such infections increases due to infrastructure damage, the inaccessibility of central water supplies, and the impossibility of governmental institutions to control drinking water quality. In such situations, the need arises for household water treatment methods.

**Aim.** To evaluate the efficacy of seven commercial water treatment products available in the Ukrainian market against enteric bacteria and to compare their efficacy.

**Methods.** The activity of water purification products against the model microorganism *Escherichia coli* ATCC25922 was evaluated using serial dilution methods followed by viable count assessment.

**The main results:** High efficacy of the studied preparations against enteric bacteria was detected. In each test, a significant decrease in the initial titer of *Escherichia coli* from  $1,2 \cdot 10^6$  CFU/cm<sup>3</sup> to  $< 10$  CFU/cm<sup>3</sup> was observed after the exposure time declared by the manufacturer.

**Conclusions:** The studied water treatment products from Ukrainian and foreign manufacturers were effective against enteric bacteria and met the WHO criteria for efficiency, regardless of the nature of the active compound (chlorine dioxide, sodium dichloroisocyanurate, or polyhexamethylene guanidine hydrochloride).

**Keywords:** water, disinfection, *Escherichia coli*, Kakhov reservoir, ecological disaster.

### References

1. DSTU ISO 4832:2015 Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv ta kormiv dlia tvaryn. Horyzontalni metod pidrakhuvannia koliform. Metod pidrakhuvannia kolonii (ISO 4832:2006, IDT)
2. DSTU ISO 4833:2006 Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv i kormiv dlia tvaryn. Horyzontalni metod pidrakhunku mikroorhanizmv. Tekhnika pidrakhuvannia kolonii za temperatury 30 °C (ISO 4833:2003, IDT).
3. DSTU ISO 4833:2006 Mikrobiolohiia kharchovoho lantsiuha. Horyzontalni metod pidrakhunku mikroorhanizmv. Chastyna 2. Pidrakhunok kolonii za temperatury 30 °C metodom poverkhnevoho posivu po chashkam (EN ISO 4833-2:2013 + EN ISO 4833-2:2013/AC:2014, IDT)
4. DSTU ISO 6887-1:2003 Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv ta kormiv dlia tvaryn. Hotuvannia doslidzhuvanykh prob, vykhidnoi suspenzii ta desiatykratnykh rozveden dlia mikrobiolohichnoho doslidzhuvannia. Chastyna 1. Zahalni pravyla hotuvannia vykhidnoi suspenzii ta desiatykratnykh rozveden (ISO 6887-1:1999, IDT).
5. Kabinet ministriv Ukrainy: Rozporiadzhennia vid 6 bereznia 2019 r. № 116-r Pro zatverdzhennia Natsionalnoho planu dii shchodo borotby iz stiikistiu do protymikrobnykh preparativ. Kyiv.
6. Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv i kormiv dlia tvaryn. Horyzontalni metod pidrakhuvannia <beta>-hliukuronidaza-pozytyvnykh *Escherichia coli*. Chastyna 2. Tekhnika pidrakhuvannia kolonii za temperatury 44 °S z vykorystanniam 5-bromo-4-khloro-3-indolil-β-D-hliukuronidu (ISO 16649-2:2001, IDT).

7. Arbab, S., Hanif, U., Weiwei, W., Jiyu, Z. (2022). Antimicrobial drug resistance against *Escherichia coli* and its harmful effect on animal health. *Veterinary Medicine and Science*, 8(4), 1780–1786. <https://doi.org/10.1002/vms3.825>
8. Asiedu-Gyekye, I., Abdulai, S. M., Awortwe, C., Kwadwo, A. (2014). A Preliminary safety evaluation of polyhexamethylene guanidine hydrochloride. *International Journal of Toxicology*, 33(6), 523–531. <https://doi.org/10.1177/10915818145530>
9. Holtz, L. R. (2023). Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: Clinical manifestations, diagnosis, and treatment. *UpToDate*. Retrieved July 06, 2023 from <https://www.uptodate.com/contents/shiga-toxin-producing-escherichia-coli-clinical-manifestations-diagnosis-and-treatment>.
10. Sorokopud, N. *Children living in protracted conflicts are three times more likely to die from water-related diseases than from violence* (2019, March 22). UNICEF. Retrieved July 08 from: <https://www.unicef.org/ukraine/en/press-releases/children-living-protracted-conflicts-are-three-times-more-likely-die-water-related>.
11. ISO 16649–2:2001 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli* – Part 2: Colony-count technique at 44 degrees C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl beta-D-glucuronide.
12. ISO 4832:2006 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique
13. ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 2: Colony count at 30 °C by the surface plating technique – Amendment 1: Clarification of scope.
14. ISO 6887–1:2017 Microbiology of the food chain. Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination. Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions.
15. ISO 7218:2007 Amd 1:2013(E) – Microbiology of food and animal feeding stuffs – General requirements and guidance for microbiological examinations.
16. Janezic, K. J., Ferry, B., Hendricks, E. W., Janiga, B. A., Johnson, T., Murphy, S. et al. (2013). Phenotypic and genotypic characterization of *Escherichia coli* isolated from untreated surface waters. *Open Microbiol J*, 7, 9–19. <https://doi.org/10.2174/1874285801307010009>
17. Jefri, U. H. N. M., Khan, A., Lim, Y. C., Lee, K. S., Liew, K. B., Kassab, Y. W. (2022). A systematic review on chlorine dioxide as a disinfectant. *J Med Life*, 15(3), 313–318. <https://doi.org/10.25122/jml-2021-0180>
18. Lee, J. B., Kim, S. K., Yoon, J. W. (2022). Pathophysiology of enteropathogenic *Escherichia coli* during a host infection. *J Vet Sci*, 23(2), e28. <https://doi.org/10.4142/jvs.21160>
19. Liu, Y., Thaker, H., Wang, C., Xu, Z., Dong, M. (2023). Diagnosis and treatment for shiga toxin-producing *Escherichia coli*. Associated hemolytic uremic syndrome. *Toxins*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.3390/toxins15010010>
20. Pakbin, B., Brück, W.M., Rossen, J.W.A. (2021). Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A Review. *Int. J. Mol. Sci*, 22, 9922. <https://doi.org/10.3390/ijms22189922>
21. Pormohammad, A., Nasiri, M. J., Azimi, T. (2019). Prevalence of antibiotic resistance in *Escherichia coli* strains simultaneously isolated from humans, animals, food, and the environment: a systematic review and meta-analysis *Infection and Drug Resistance*, 12, 1181–1197. <https://doi.org/10.2147/IDR.S201324>
22. Schillinger, J., Özerol, G., Güven-Griemert, Ş., Heldewe, M. (2020). Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. *WIREs. Water*, 7(6), e1480. <https://doi.org/10.1002/wat2.1480>
23. Sharafi, K., Fazlzadeh, M., Pirsaeheb, M., Moradi, M., Azari, A., Sharafi, H. et al. (2017). Wastewater disinfection using sodium dichloroisocyanate (NaDCC) and sodium hypochlorite (NaOCL): Modeling, optimization and comparative analysis. *Desalination and Water Treatment*, 66, 221–228. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20227>
24. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskiy, V., De Meester, L., Stepanenko, S. et al. (2022). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature sustainability*, 6, 578–586. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>
25. Totaro, M., Badalucco, F., Costa, A. L., Tuvo, B., Casini, B., Privitera, G. et al. (2021). Effectiveness of disinfection with chlorine dioxide on respiratory transmitted, enteric, and bloodborne viruses: a narrative synthesis. *Pathogens*, 10(8), 1017. <https://doi.org/10.3390/pathogens10081017>
26. Wahman, D. G. (2018). Chlorinated cyanurates: review of water chemistry and associated drinking water implications. *J Am Water Works Assoc*, 2018, 110(9), P. E1–E15. <https://doi.org/10.1002/awwa.1086>
27. EU4Environment (2022, March). *World Water Day: water in times of war – the case of Ukraine*. EU Neighbourseast. <https://euneighbourseast.eu/news/publications/world-water-day-water-in-times-of-war-the-case-of-ukraine/>
28. World Health Organization. *International scheme to evaluate household water treatment technologies*. WHO. <https://www.who.int/tools/international-scheme-to-evaluate-household-water-treatment-technologies>