

М.С. Мальований, Н.Ю. Вронська, І.З. Коваль, Г.М. Сакалова
Національний університет “Львівська політехніка”

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД

© Мальований М.С., Вронська Н.Ю., Коваль І.З., Сакалова Г.М., 2013

Розглянуто різні методи очищення води від бактерій роду *Bacillus*. Зроблена порівняльна характеристика цих методів.

Ключові слова: ультразвук, ультрафіолет, адсорбція, сорбенти.

The different methods of water purification from bacteria of the genus *Bacillus* are observed. The comparative characteristics of these methods is made.

Key words: ultrasound, ultraviolet, adsorption, sorbents.

Постановка проблеми. Проблема охорони довкілля є однією із найсерйозніших проблем, оскільки потреба населення у достатній кількості води необхідної якості завжди залишається життєво важливою.

Природні води – це середовище розмноження мікроорганізмів, а інтенсивність цього розмноження залежить від багатьох чинників і насамперед від вмісту живильного середовища. Варто зауважити, що природні води завжди в більшій або меншій кількості містять розчинені органічні та мінеральні речовини, які можуть бути продуктами харчування мікроорганізмів. Кількісний та якісний склад мікрофлори різних типів природних вод різний.

Якість природної води характеризується фізико-хімічними властивостями та бактеріальними забрудненнями. Інтенсивність бактеріального та вірусного забруднення води визначається колі-тестом або його зворотною величиною – колі-титром. небезпечними для здоров'я людей є хвороботворні бактерії, які передаються через воду (інфекційний гепатит, черевний тиф, дизентерія, туляремія, поліомієліт тощо). Але присутність їх не завжди можна визначити навіть у дуже забрудненій воді, тому для оцінки якості води у санітарно-епідеміологічному відношенні визначають вміст у воді кишкової палички (бактерії колі).

Необхідність обробки води виникає тоді, коли якість води природних джерел не задовольняє санітарні вимоги. Така невідповідність може бути тимчасовою або постійною. Характер і ступінь невідповідності якості води джерела вимогам користувача зумовлює вибір методів її обробки [1].

Сьогодні застосовують різні способи очищення стічних вод: механічні, хімічні, біологічні та фізичні. У цій роботі використали три методи очищення: очищення за допомогою ультразвуку, ультрафіолету та очищення природними сорбентами.

Суть ультразвукового очищення (УЗ) полягає у тому, що в процесі поширення ультразвуку у воді, довкола об'єктів, що знаходяться у ній і мають іншу щільність, виникають мікроскопічні зони дуже високого тиску (тисячі мегапаскаль), що змінюються високим розрідженням (кавітація). Під дією ультразвуку відбувається виділення (флокуляція, осадження, агломерація або коагуляція) розчинених, суспендованих або емульгованих у водному середовищі інгредієнтів або мікроорганізмів.

мів з подальшим їх відділенням. Під час ультразвукової обробки води під впливом ультразвуку відбувається розрив оболонки клітин, що сприяє утворенню фільтра, який знищує велику кількість бактерій та вірусів. Крім того, вплив ультразвуку сприяє руйнуванню хімічних сполук [2].

Одним з найефективніших методів знезаражування (мікробіологічного очищення) води є ультрафіолетове (УФ) опромінення. Ультрафіолетове проміння впливає на білкові молекули і ферменти цитоплазми клітин. Знезараженню ультрафіолетовим промінням найкраще піддається очищена прозора вода, колірність якої не перевищує 20°, оскільки завислі та колоїдні частинки розсіюють світло і заважають проникненню ультрафіолетового проміння. Ультрафіолетове опромінення діє миттєво, у той самий час випромінювання не додає воді залишкових бактерицидних властивостей, а також запаху і присмаку. Обробка води УФ-випромінюванням не приводить до утворення шкідливих побічних хімічних сполук (на відміну від обробки хімічними реагентами, у т.ч. хлором, хлораміном, озоном). УФ-знезаражування – високоефективне протягом усіх періодів року, у т. ч. у паводковому і, особливо, взимку, коли ефективність хлорування різко знижується [5].

Адсорбція із розчинів на поверхні твердих тіл є основою багатьох фізико-хімічних процесів. Поряд з активованим вугіллям сьогодні як адсорбенти застосовуються природні дисперсні глинисті мінерали. Завдяки пористій структурі та високорозвиненій поверхні такі мінеральні сорбенти здатні селективно вилучати з водних розчинів різні речовини, а їхня нетоксичність робить можливим використання цих реагентів для потреб різних галузей харчової промисловості. Природні дисперсні мінерали проявляють високі адсорбційні, каталітичні та іонообмінні властивості. Економічна доцільність використання цих реагентів у різних технологічних процесах зумовлена також існуванням ефективних методів регулювання їхньої геометричної структури та хімічної природи поверхні, наявністю в Україні великих промислових родовищ і невисокою вартістю глинистих мінералів [3, 4].

Матеріали та результати досліджень. Санітарно-епідеміологічна оцінка якості води визначалась мікробним числом – загальною кількістю бактерій в одиниці об'єму води. Суть методу полягає у визначенні загальної кількості мікроорганізмів, здатних рости на м'ясопептонному агарі за температури $37\pm 0,5$ °C протягом 24 ± 2 год в 1 мл води з подальшим обліком колоній, що виростили на цьому середовищі [6]. Дослідження проводили так. Для дослідження впливу різних методів очищення води від мікроорганізмів у досліджувану воду вносили монокультури роду *Bacillus*, створюючи в такий спосіб інфіковану модельну воду.

На першому етапі досліджувалось руйнування монокультур родів *Bacillus* під дією ультразвуку у різних газових середовищах. Досліджену воду поміщали в УЗ-реактор. УЗ-коливання (частота – 22 кГц, потужність – 35 Вт, інтенсивність – $1,65$ Вт/см³ на одиницю об'єму) від генератора УЗДН-2Т передавали за допомогою магніострикційного випромінювача, зануреного у воду ($V=150$ см³). Протягом усього процесу через досліджувану воду барботували різні гази. Реактор безперервно охолоджувався проточною водою. Умови експериментів: $T=298$ К, $P=1\cdot 10^5$ Па, тривалість процесу – 2 год. Вихідні дані: $ЧМ_0 = 8\cdot 10^2$ кл/см³.

Результати досліджень показано на рис. 1 та наведено в табл. 1.

В результаті досліджень, які проводилися в середовищі різних газів (кисню, вуглекислого газу, гелію і аргону), в УЗ-полі спостерігається зменшення кількості мікроорганізмів. Мікробне число через годину дії O_2 з 800 кл/см³ зменшилось до 100 кл/см³. За умови пропускання CO_2 мікробне число зменшилось з 800 кл/см³ до 200 кл/см³. В середовищі гелію очищення пройшло з 800 кл/см³ до 90 кл/см³. Як бачимо з табл. 1, найбільший бактерицидний ефект у відношенні до *Bacillus* спостерігався у випадку, коли газове середовище представлене аргонном, оскільки константа швидкості руйнування бактерій у цьому випадку найбільша. З початкового забруднення 800 кл/см³ вдалося очистити воду до 50 кл/см³, а ступінь очищення становив 95,9 %.

На другому етапі досліджувалось руйнування монокультур родів *Bacillus* під дією УФ. Досліджену воду поміщали в ємкість, де воду піддавали УФ-опроміненню (назва лампи – Philips TUV 15W/G15 T8, потужність – 15 Вт, тип цоколя – G13). Умови експериментів: товщина шару води – 25 та 45 мм; відбір проб здійснювався через 5, 10 та 20 секунд.

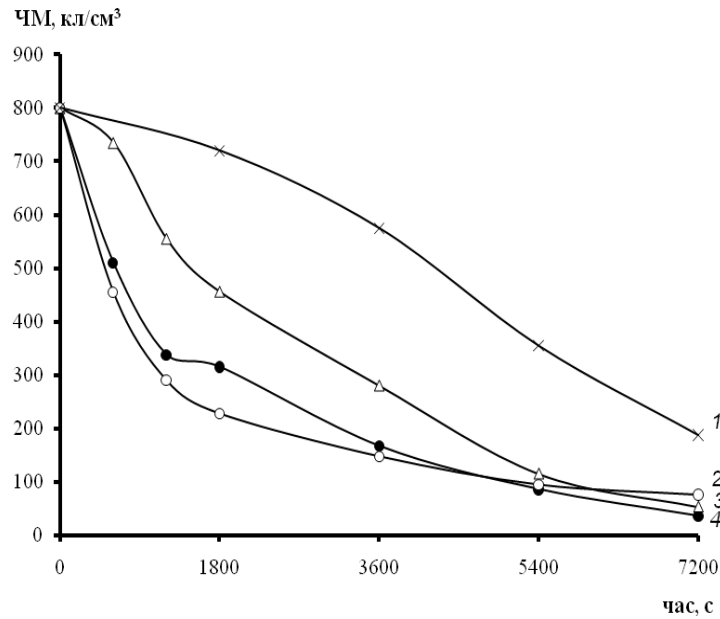


Рис. 1. Залежність зміни числа мікроорганізмів (бактерій роду *Bacillus*) від тривалості дії газ/УЗ в процесі барботування різних газів: CO₂ (1), O₂ (2), He (3) та Ar (4)

Таблиця 1

Ступінь знезараження води (D_d) та ефективні константи швидкості руйнування бактерій роду *Bacillus* (k_d) з $ЧМ_0=8 \cdot 10^2$ кл/см³, $t_{газ/УЗ}=7200$ с, $T=298 \pm 1$ К, $P=0,1$ МПа, $v_{УЗ}=22$ кГц за умов дії газ/УЗ

Умови процесу	D_d , %	$k_d \cdot 10^4$, с ⁻¹
Ar/УЗ	95,9	4,29±0,06
He/УЗ	93,6	3,68±0,07
O ₂ /УЗ	90,5	3,6±0,07
CO ₂ /УЗ	91,1	1,67±0,13

Результати досліджень показано на рис. 2 та наведено в табл. 2.

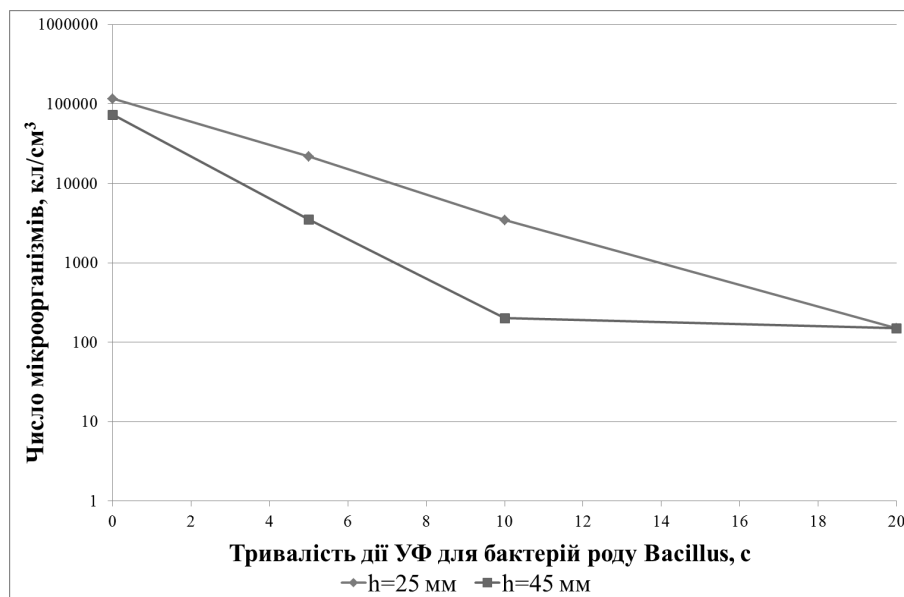


Рис. 2. Залежність зміни числа мікроорганізмів від тривалості дії УФ для бактерій роду *Bacillus*

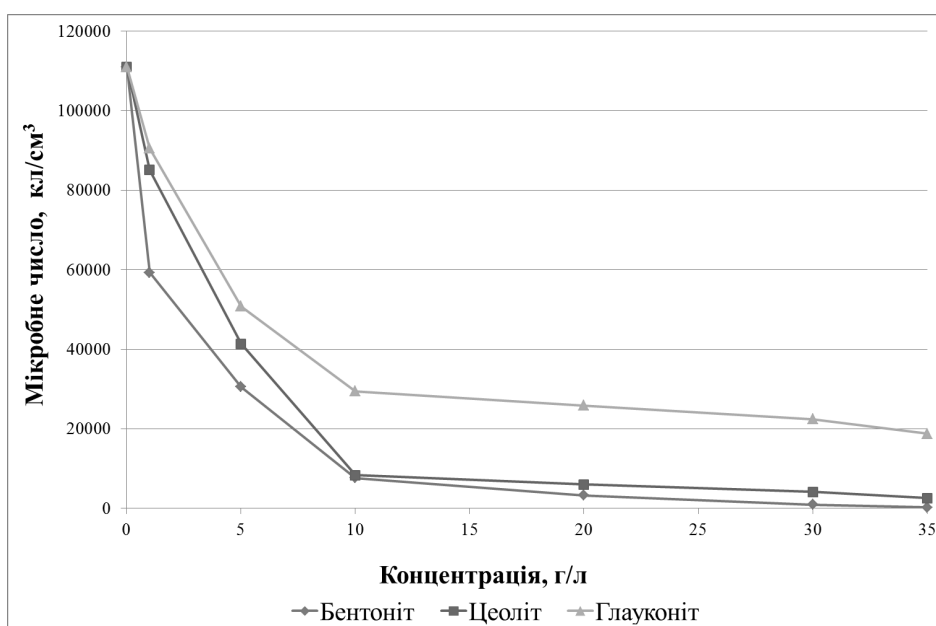
**Залежність зміни числа мікроорганізмів від тривалості дії УФ
для бактерій роду *Bacillus***

Товщина шару води (мм)	МЧ ₀	5 с	10 с	20 с
25	116000	21800	3450	150
45	73000	3500	200	150

Як бачимо з табл. 2, найбільший бактерицидний ефект має досліджувана вода, яка піддавалась обробці тривалістю 20 с. У результаті досліджень спостерігається зменшення кількості мікроорганізмів у відношенні до тривалості процесу. Мікробне число через 20 с з 116000 зменшилось до 150 кл/см³, а ступінь очищення для h=25 мм становив 99,87%. Аналіз цих досліджень дає змогу стверджувати, що за товщини шару води h=25 мм ефективність очищення води від мікроорганізмів у початкові періоди часу значно вища, але через 20 с обробки води ультрафіолетом ефективність очищення не залежить від товщини шару води у межах досліджуваних параметрів.

На третьому етапі досліджень встановлювалась ефективність очищення води від монокультур родів *Bacillus* у разі використання різних видів сорбентів. У досліджувану воду додавали один із сорбентів і за умов постійного перемішування очищали її. Умови експериментів: вид сорбенту – бентоніт, цеоліт, глауконіт; концентрація кожного сорбенту у дослідженні становила 7, 20, 35 г/л; тривалість процесу – 1 год.

Результати досліджень показано на рис. 3 та наведено в табл. 3.



*Рис. 3. Залежність зміни числа мікроорганізмів у випадку очищення різними сорбентами для бактерій роду *Bacillus**

У результаті очищення, в якому використовувались різні типи сорбентів (бентоніт, цеоліт, глауконіт), спостерігалось зменшення кількості мікроорганізмів. Мікробне число через годину контакту води з цеолітом з 111000 зменшилось до 2600 кл/см³. За таких умов у разі контакту води з глауконітом мікробне число зменшилось з 111000 до 18750 кл/см³. Найкраще очистилась досліджувана вода, яка контактувала із бентонітом. З початкового забруднення 111000 вдалося очистити воду до 200 кл/см³. У цьому випадку ступінь очищення становив 99,81%.

**Залежність зміни числа мікроорганізмів під час очищення
різними сорбентами для бактерій роду *Bacillus***

Бентоніт		Цеоліт		Глауконіт	
С	МЧ після очищення	С	МЧ після очищення	С	МЧ після очищення
C_0	111000	C_0	111000	C_0	111000
1	59300	1	85100	1	90550
5	30550	5	41350	5	50800
10	7650	10	8300	10	29450
20	3300	20	6000	20	25900
30	900	30	4150	30	22400
35	200	35	2600	35	18750

Висновки. Підсумовуючи, можна зробити висновок, що використання трьох різних методів є доволі ефективними для очищення води від бактеріальних забруднень. Дослідження показали, що очищення води від бактеріальних забруднень за допомогою ультрафіолетового методу є найефективнішим, оскільки впливу УФ піддаються патогенні та непатогенні види мікроорганізмів, що призводить до покращення санітарно-епідеміологічних показників якості води. Експериментально встановлено, що у разі очищення води від монокультури роду *Bacillus* за допомогою ультрафіолетового опромінення ступінь очищення становив 99,87%. Найперспективнішим є використання комбінованих методів, які б включали очищення із застосуванням кількох із досліджуваних методів, що дало б змогу позбутись недоліків, властивих окремим методам, та домогтись гарантованої якості очищеної води.

1. *Комплексное использование и охрана водных ресурсов / О.М. Юшманов, В.В. Шабанов, И.Г. Галямина и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 303 с.* 2. *Мелькумова А.С., Лисичкина З.С., Горшков С.И. Ультразвук. – М.: Медицина, 1975. – 344 с.* 3. *Грим Р.Э. Минералогия и практическое применение глин. – М.: Мир, 1967. – 511 с.* 4. *Челіщев Н.Ф. Цеоліт – новий тип мінеральної сировини / Н.Ф. Челіщев, Б.Г. Беренштейн, В.Ф. Володін. – М.: Недра, 1987. – 176 с.* 5. *Машков В.П. Основы радиационной безопасности / В.П. Машков, А.М. Панченко. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 176 с.* 6. *Слюсаренко Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.*