

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ННІ холоду, кріотехнології та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

Кафедра екології, води та природоохоронних технологій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма «Технології захисту навколишнього середовища»



**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему «Дослідження технологій переробки відходів пивоваріння»

Здобувача Таранюк В.В.

2 курсу, ТЗС-467 групи

Керівник доцент Мадані М.М.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від \_\_\_\_\_ 2024 р., протокол № \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри ЕВтаПТ \_\_\_\_\_ Олексій ГАРКОВИЧ

Одеса – 2024 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІХКтаЕ ім. М.С. Мартиновського

Кафедра екології, води та природоохоронних технологій.

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

**к-т біол. наук, доц.**

\_\_\_\_\_ **О.Л. Гаркович**

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

\_\_\_\_\_ **Таранюк Вячеслава Вікторовича**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження технологій переробки відходів пивоваріння».

Затверджена наказом ОНТУ від «13» 06 2024 року, наказ № 249-03

2. Термін здачі здобувачем роботи 01.12.24.

3. Вихідні дані роботи розробка технології утилізації відходів пивоваріння.

4. Перелік питань, які потрібно розробити визначення концентрації органічних речовин (ХСК); визначення загальної кількості мікроорганізмів; фільтрація висококонцентрованих стоків від дріжджів; дослідження закономірностей кавітаційного очищення дріжджових стоків; дослідження впливу природи барботованого газу на процес очищення промислових стічних вод; дослідження динаміки зміни вмісту органічних та біологічних забруднень стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» після кавітаційної обробки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Таблиці та схеми, що відображають хід виконання випускної кваліфікаційної роботи.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Мадані М.М., доцент	28.09	9. 10
2	Мадані М.М., доцент	28.09	19.10
3	Мадані М.М., доцент	28.09	14.11
4	Мадані М.М., доцент	28.09	21.11
5	Мадані М.М., доцент	28.09	29.11

7. Дата видачі завдання 13.06.2024 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Марія МАДАНИ  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Вячеслав ТАРАНЮК  
(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд літератури та вибір напрямку досліджень	5.10.24	
2.	Об'єкти та методи досліджень	7.10.24	
3.	Склад відходів, що утворюються при виробництві пива	12.10. 24	
4.	Дослідження процесів переробки відходів	14.10.24	
5.	Дослідження динаміки зміни вмісту органічних та біологічних забруднень стічних вод	5.11.24	
6.	Технологічна схема очищення дріжджових стоків пивоварні	14.11.24	
7.	Формулювання висновків та рекомендацій	29.11.24	
8.	Оформлення презентаційних матеріалів	6.12.24	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Вячеслав ТАРАНЮК  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Марія МАДАНИ  
(підпис) (прізвище та ініціали)

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник Вячеслав ТАРАНЮК  
(прізвище та ініціали) (підпис)

## АНОТАЦІЯ

Випускна кваліфікаційна робота магістра: стор. - 80, рис. – 32, табл. – 10, література – 17.

**Перелік ключових слів:** переробка відходів, пивоваріння, екологічна небезпека.

**Тема:** Дослідження технологій переробки відходів пивоваріння.

**Об'єкт дослідження:** відходи пивоваріння крафтових пивоварень.

**Предмет дослідження:** оцінка впливу відходів пивоваріння на забруднення довкілля.

**Мета досліджень:** дослідити сучасні та новітні технології переробки відходів пивоваріння з метою підвищення їх ефективності, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Кваліфікаційна робота магістра складається з таких розділів:

**Розділ 1.** Наведено аналіз динаміки розвитку виробництва пива в Україні; показано особливості негативного впливу стоків підприємств пивоваріння на довкілля та можливі наслідки цього впливу; представлено ідентифікацію джерел екологічної небезпеки в зоні впливу пивоварних підприємств.

**Розділ 2.** Перераховано вихідні речовини (дріжджі *Saccharomyces*, бактерії *Micrococcus*, бактерії *Bacterium*, бактерії *Pseudomonas*, бактерії *Sarcina*); показано приготування поживних середовищ; визначені концентрація органічних речовин (ХСК) та загальної кількості мікроорганізмів; показані схеми реактора та експериментальних установок.

**Розділ 3.** Наведена фільтрація висококонцентрованих стоків від дріжджів; приведені закономірності кавітаційного очищення дріжджових стоків; досліджено динаміку зміни вмісту органічних та біологічних забруднень стічних вод «Пивоварні «Кумпель» після кавітаційної обробки; описано кінетику процесу очищення стічних вод «Пивоварні «Кумпель», представлено технологічну схему очищення дріжджових стоків пивоварні.

**Розділ 4.** Охарактеризовано заходи щодо охорони праці в науково-дослідній лабораторії.

**Розділ 5.** Докладно розказано про захист громадян, природних ресурсів та матеріальних цінностей від наслідків надзвичайних ситуацій.

<b>ЗМІСТ</b>		
	<b>Вступ</b> .....	3
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....		5
1.1	Аналіз динаміки розвитку виробництва пива в Україні.....	5
1.2	Особливості негативного впливу стоків підприємств пивоваріння на довкілля та можливі наслідки цього впливу.....	11
1.3	Ідентифікація джерел екологічної небезпеки в зоні впливу пивоварних підприємств.....	16
1.4	Висновки до 1 розділу.....	17
<b>РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....		19
2.1	Вихідні речовини.....	19
2.2	Приготування поживних середовищ.....	21
2.3	Визначення концентрації органічних речовин (ХСК).....	22
2.4	Визначення загальної кількості мікроорганізмів.....	23
2.5	Схема реактора.....	25
2.6	Схеми експериментальних установок.....	27
2.7	Висновки до розділу 2.....	29
<b>РОЗДІЛ 3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ПИВОВАРЕНЬ ВІД ОРГАНІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ В УМОВАХ КАВІТАЦІЇ</b> .....		30
3.1	Фільтрація висококонцентрованих стоків від дріжджів.....	30
3.2	Дослідження закономірностей кавітаційного очищення дріжджових стоків.....	32
3.2.1	Дослідження впливу природи барботованого газу на процес очищення промислових стічних вод.....	33
3.3	Дослідження динаміки зміни вмісту органічних та біологічних забруднень стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» після кавітаційної обробки.....	43
3.4	Технологічна схема очищення дріжджових стоків пивоварні.....	52
3.5	Висновки до 3 розділу.....	53
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....		54
4.1	Атестація робочого місця інженера-дослідника в лабораторії на дослідній установці.....	54
<b>РОЗДІЛ 5 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ</b> .....		62
5.1	Цивільний захист на пивоварних підприємствах.....	62
	<b>ВИСНОВКИ</b> .....	75
	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	76

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** В Україні набуває популярності крафтове пивоваріння. Пивоварні малого та середнього масштабу створюють унікальні сорти пива з різноманітними смаками та інгредієнтами. Це стає особливо важливим для українського ринку, де молоді споживачі шукають індивідуальність і нові смаки. Розвиток крафтових пивоварень допомагає підтримувати локальні традиції та сприяє створенню нових робочих місць.

Пивоваріння є важливою частиною культурної спадщини багатьох регіонів України. Крафтові пивоварні часто стають туристичними атракціями, організовуються фестивалі пива, що приваблюють як українських, так і іноземних туристів.

Пивоваріння є важливою галуззю в українській економіці, адже пивоварні підприємства створюють багато робочих місць, генерують значні податкові надходження та сприяють розвитку суміжних галузей, таких як агропромисловий комплекс (виробництво ячменю, хмелю, солоду). Тому розвиток пивоваріння є важливим фактором для стабільності та зростання економіки.

**Мета** дослідження - аналіз динаміки розвитку пивоварного виробництва в Україні та розробка технології комплексної переробки відходів пивоваріння для підвищення ефективності та екологічної безпеки галузі.

Досягнення цієї мети вирішувалися такі завдання:

Досягнення мети дослідження вирішувалися такі завдання:

1. Визначення концентрації органічних речовин (ХСК)
2. Визначення загальної кількості мікроорганізмів
3. Фільтрація висококонцентрованих стоків від дріжджів
4. Дослідження закономірностей кавітаційного очищення дріжджових стоків.
5. Дослідження впливу природи барботованого газу на процесочищення промислових стічних вод.

6. Дослідження динаміки зміни вмісту органічних та біологічних забруднень стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» після кавітаційної обробки.

*Об'єкт дослідження:* відходи пивоваріння крафтових пивоварень.

*Предмет дослідження:* оцінка впливу відходів пивоваріння на забруднення довкілля.

*Методи дослідження:* лабораторні, вимірювально-вагові, розрахунково-порівняльні, математично-статистичні.

**Наукова новизна** полягає в тому, що були запропонованні пропозиції та рекомендації для вирішення екологічних проблем під час виробничих процесів, які завдають негативного впливу на навколишнє природне середовище.

**Практичне значення результатів** – розглядання та врахування пропозицій і висновків екологічного аудиту крафтової пивоварні «Бородач» допоможуть провести ряд заходів для зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище.

# РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Аналіз динаміки розвитку виробництва пива в Україні

Пиво – це насичений діоксидом вуглецю пінистий алкогольний напій із вмістом спирту етилового від 0,5 відсотка об'ємних одиниць, отриманий під час бродіння охмеленого суслу пивними дріжджами, що відноситься до товарної групи УКТ ЗЕД за кодом 2203.

*Обсяги виробництва пива.* Згідно з повідомленням генерального директора ПрАТ «Укрпиво» Коренькової Г.М. експертна оцінка обсягу виробництва пива в Україні (крім пива безалкогольного з умістом спирту до 0,5 об. %) за 8 місяців 2024 року склав – 98,5 млн. дал, та становить 106,7 % до аналогічного періоду 2023 року. У той же час зазначений показник становить лише – 80,5 % до обсягів виробництва 8-ми місяців 2021 року [1].

Експертна оцінка обсягу виробництва пива по Україні (крім пива безалкогольного з умістом спирту до 0,5 об. %) за 11 місяців 2023 року склав – 123,7 млн. дал, та становить 108,5 % до аналогічного періоду 2022 року. У той же час зазначений показник становить лише – 78,6 % до обсягів виробництва 11-ти місяців 2021 року [2].

Обсяг виробництва пива по Україні (крім пива безалкогольного з умістом спирту до 0,5 об. %) за 12 місяців 2022 року – 122,8 млн.дал, або становить 72,1 % до аналогічного періоду 2021 року, та виробництво солоду –164 802 тонн, що становить 75,4 % до аналогічного періоду 2021 року [3].

Згідно з повідомленням генерального директора ПрАТ «Укрпиво» Коренькової Г.М. експертна оцінка обсягу виробництва пива по Україні (крім пива безалкогольного з умістом спирту до 0,5 об. %) за 12 місяців 2021 року – 170,5 млн.дал, або становить 95,0 % до аналогічного періоду 2020 року, та виробництво солоду – 218 500 тонн, що становить 81,5 % до аналогічного періоду 2020 року [4].

Висновок, який можна зробити на основі наведених даних, свідчить про зниження обсягів виробництва пива в Україні протягом останніх років. Хоча в 2024 і 2023 роках спостерігається зростання виробництва порівняно з попередніми роками (106,7 % у 2024 році до 2023 року та 108,5 % у 2023 році до 2022 року), ці показники все ще нижчі за обсяги 2021 року. У 2022 році виробництво пива впало до 72,1 % від обсягів 2021 року, а в 2021 році обсяги були значно нижчими за 2019 рік. Загалом, можна зазначити, що хоча є ознаки відновлення, обсяги виробництва пива все ще не досягли докарантного рівня.

*Структура ринку.* За останні десять років структура пивного ринку зазнала значних змін, зокрема через процеси консолідації в галузі. Сьогодні ринок пива в Україні є високо консолідованим, оскільки понад 80% його обсягу контролюють три основні конгломерати. Згідно з даними асоціації «Укрпиво», у 2020 році їх частки виглядали наступним чином: «Абінбев Ефес» — 36,1%, «Карслберг» — 25,3%, «Оболонь» — 18,7%. Четвертим гравцем є Oasis CIS, який володіє 12,6% ринку, включаючи «Першу приватну browарню». Решту ринку займають регіональні пивоварні та крафтові виробники [6].

**Економічні фактори.** *Вартість сировини.* Однією з основних проблем розвитку сучасного пивного ринку є висока вартість та якість сировини. Більшість українських пивоварних підприємств, а також всі іноземні компанії, що працюють на ринку України, змушені імпортувати ячмінь та хміль, оскільки вітчизняні сировинні матеріали не відповідають міжнародним стандартам якості. Це призводить до значних витрат на сировину, а також до ускладнень у її транспортуванні. Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 436 від 21 травня 2012 року, ячмінь насінний є одним із видів рослин, які підпадають під обмеження щодо переміщення через митний кордон України [7, 8].

#### *Інфляція та купівельна спроможність*

1. Зростання цін на сировину, енергоресурси та логістику може призводити до підвищення цін на пиво. Це, у свою чергу, зменшує його доступність для споживачів, особливо в умовах економічної нестабільності.

2. В умовах інфляції виробники можуть спробувати зберегти свої прибутки шляхом підвищення цін, але це може призвести до втрати споживачів. Деякі можуть обирати безалкогольні напої або домашнє виробництво.

3. На ринку пива в Україні спостерігається зміна споживчих уподобань, що також пов'язано з інфляцією. Вибір споживачів все більше переходить на бюджетні марки та акційні пропозиції.

4. Зниження реальних доходів населення через інфляційні процеси зменшує можливість споживання пива. Якщо ціни зростають швидше, ніж доходи, споживачі можуть почати відмовлятися від дорогих брендів на користь більш доступних або знижувати загальне споживання алкоголю.

**Споживчі вподобання. Крафтове пиво.** Одним із головних глобальних трендів на українському пивному ринку є розвиток крафтового пивоваріння, що підтверджується зростанням кількості крафтових пивоварень. Цей напрямок прийшов в Україну з США, де крафтове пиво займає понад 12% загального обсягу ринку і продовжує набирати популярності. В Україні ж частка крафтового пива наразі становить близько 3% від загального ринку, проте цей сегмент демонструє значний потенціал для подальшого зростання (рис. 1.1).

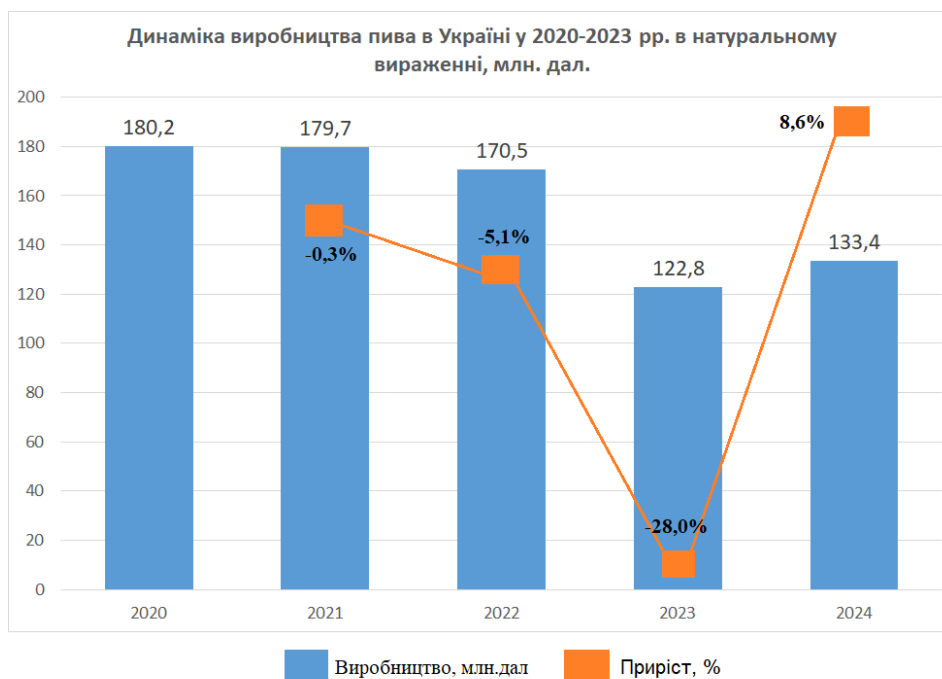


Рис. 1.1. Динаміка виробництва крафтового пива в Україні у 2020-2023 рр. в натуральному вираженні, млн. дал.

В Україні терміни «крафтове пиво», «малі пивоварні» та «незалежні мале пивоварне підприємство» досі не мають офіційного юридичного визначення. Для стимулювання розвитку крафтової галузі в 2016 році був ухвалений Закон України «Про внесення змін до Податкового кодексу України та деяких інших законодавчих актів щодо забезпечення збалансованості бюджетних надходжень у 2017 році». Цей закон встановив знижені тарифи на ліцензії для пивоварень з обсягом виробництва менше 3000 гектолітрів (300 000 літрів) на рік, що мало на меті підтримку малих виробників і відокремлення їх від великих пивоварних корпорацій.

У 2019 році в Україні налічувалося 204 пивоварні, чий річний обсяг виробництва не перевищував 3000 гектолітрів, і ці підприємства разом виготовили 61,2 млн літрів пива [9].

*Тренд на здоровий спосіб життя.* Усі видання з міжнародних компаній та регіональних пивоварень відзначають зростаючу популярність безалкогольного пива в Україні.

Сегмент безалкогольного пива в Україні розвивається швидшими темпами, ніж весь ринок пива загалом, хоча українські показники поки що трохи поступаються західноєвропейським. Наприклад, Carlsberg Group планує до 2030 року забезпечити 100 % доступність безалкогольних напоїв у торгових точках та підвищити частку свого безалкогольного та слабоалкогольного пива до 35% від загального обсягу. На кінець 2023 року цей показник вже становив 28,5%.

Розвиток безалкогольного сегменту в Україні продовжиться завдяки високій якості та смаковим властивостям сучасного безалкогольного пива, яке не поступається традиційному. Крім того, зростає попит на напої, які підходять для різних ситуацій, зокрема, коли потрібно сісти за кермо [10].

**Конкуренція на ринку.** *Великі виробники.* Згідно з фінансовими результатами за 2023 рік, лідер ринку «Абінбев Ефес Україна» зафіксував значні збитки у розмірі 811 млн грн при загальному обороті в 4,6 млрд грн. У перший рік повномасштабного вторгнення компанія зазнала ще більших втрат: із доходу в 2,2 млрд грн, 2,1 млрд грн становили збитки. Основною причиною цих

фінансових результатів стали пошкодження виробничих потужностей у Чернігові, Миколаєві та Харкові внаслідок бойових дій (дивись табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Найбільші виробники пива в Україні.

№	Назва підприємства	Дохід, грн	Прибуток, грн
1	ПАТ «Абінбев Ефес Україна»	4,6 млрд	-811 млн
2	ПрАТ «Карлсберг Україна»	10,8 млрд	1,8 млрд
3	ПрАТ «Оболонь»	10,7 млрд	1,8 млрд
4	ТЗОВ «Перша приватна броварня»	2 млрд	-25,5 млн

Водночас, компанії Carlsberg Ukraine та «Оболонь» показали вражаючі фінансові результати. Обидва підприємства оголосили про чистий прибуток у розмірі 1,8 млрд грн при річному обороті близько 10 млрд грн. Це найкращі результати за останні чотири роки, і їх можна пояснити ослабленням позицій ринкового лідера.

«Перша приватна броварня» також стикається зі збитками вже чотири роки поспіль. У 2023 році компанія зафіксувала дохід у розмірі 2 млрд грн, однак її збитки склали 25,5 млн грн [12].

*Малі виробники.* У 2023 році Верховна Рада ухвалила два нові законопроекти (№ 5118 та № 5119), орієнтовані на підтримку малого пивоварного бізнесу. Згідно з цими законами, з 2023 року акцизний податок на пиво буде знижено на 50%, з 2,78 грн/літр до 1,39 грн/літр. Також введено новий термін – «малі виробники пива», що стосуватиметься підприємств, які виробляють не більше 20 000 гектолітрів пива на рік. Це дозволить малим пивоварням збільшити обсяги виробництва, отримуючи ліцензію на мале пивоваріння за 30 000 грн на рік, що, своєю чергою, дасть їм можливість розширити продажі (рис. 1.2) [13].



Рис. 1.2. Ємність ринку крафтового пива в Україні у 2019-2023 рр. в натуральному вираженні, млн. л.

**Перспективи розвитку.** Основними напрямками для розвитку пивоварної галузі в Україні є:

- розвиток сегменту крафтового пива;
- створення нових варіантів пивних напоїв за оригінальними рецептами;
- виробництво пивної продукції, що відповідає європейським стандартам, з метою експорту до країн Європейського Союзу.

*Експорт.* Основними напрямками експорту українського пива у 2022 році стали Молдова (\$6,41 млн або 33,01%), Китай (\$3,42 млн або 17,59%) та Литва (\$2,37 млн або 12,22%). Ці країни забезпечили 62,82% від загальної виручки від експорту пива.

У 2022 році було експортовано 48,84 тис. тонн пива на суму \$17,95 млн, у 2021 році — 121,59 тис. тонн на \$42,43 млн, а в 2020 році — 143,92 тис. тонн на \$44,96 млн.

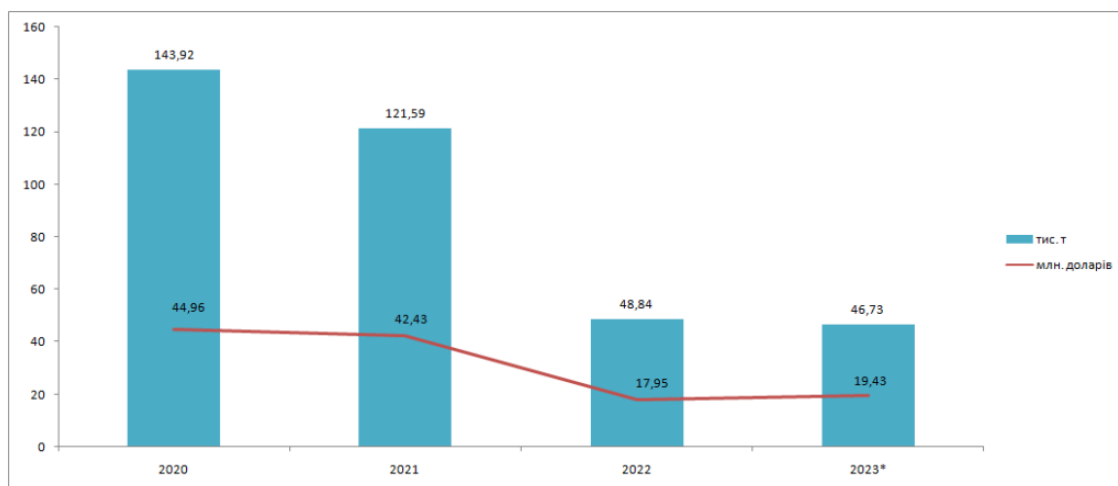


Рис. 1.3. Експорт пива у 2020-2023 роках



На даний момент чверть очисних систем, кожна п'ята насосна станція та половина насосних агрегатів вийшли за межі нормативного терміну експлуатації. Більше 30% мереж водопостачання та водовідведення знаходяться в аварійному стані. Щодня в водойми скидається понад 10,6 тис. кубічних метрів неочищених або недостатньо очищених стічних вод.

Зростання вимог до якості стічних вод, що скидаються у водні об'єкти, пов'язано з рівнем розвитку сучасного суспільства, промисловості та екологічним станом навколишнього середовища. Традиційні методи біологічного очищення, що використовуються в аеротенках і біофільтрах, вже не відповідають сучасним стандартам якості води. Це вимагає введення додаткових, дорогих етапів очищення, вартість яких може складати до 30% від загальної вартості очисних споруд.

Вибір найкращої технічної системи для очищення води – досить складне завдання. Основна причина полягає в тому, що у воді присутні різні домішки і до якості очищеної води пред'являються високі вимоги. Забруднені промислові стічні води містять різні домішки і їх можна розділити на три групи:

1. Переважно забруднені мінеральними домішками (підприємства металургії, машинобудування, руди, вугілля; заводи з виробництва мінеральних добрив, кислот, будівельних виробів і матеріалів тощо);

2. Переважно забруднені органічними домішками (м'ясна, рибна, молочна, харчова, целюлозно-паперова, хімічна, мікробіологічна промисловість; виробництва пластмас, гуми та ін.);

3. Забруднені мінеральними речовинами та органічними домішками (підприємства нафтодобувної, нафтопереробної, нафтохімічної, текстильної, легкої промисловості, фармацевтичної промисловості; заводи з виробництва консервів, цукру, органічної синтетики, паперу, вітамінів тощо).

Особливу увагу необхідно приділити органічним забрудненням, оскільки сучасні методи їхнього знешкодження за допомогою окиснення дозволяють досягти ефективності до 80 %. Недостатнє окиснення органічних сполук

призводить до забруднення водойм, що спричиняє загибель водних організмів, а також виникнення неприємних запахів і присмаків у воді.

Процес очищення стічних вод полягає в руйнуванні або видаленні певних речовин, а також в їх знезаражуванні та усуненні патогенних мікроорганізмів. Оцінюючи знезараження води як складне завдання, важливо детально розглянути наявні методи, провівши їх об'єктивний аналіз, що дозволить оцінити їхні переваги та недоліки з гігієнічної точки зору та визначити напрямки для подальших досліджень.

Згідно з певними специфічними критеріями, способи очищення стічних вод можна класифікувати на кілька ключових категорій:

1. *Механічні методи* очищення базуються на процесах фільтрації, проціджування, відстоювання та інерційного поділу. Вони дозволяють виділяти нерозчинні забруднювачі. Ці методи є одними з найбільш економічних серед інших варіантів очищення. Механічне очищення здійснюється за допомогою різних пристроїв, таких як ґрати, сита, пісколовки, первинні та двоярусні відстійники. Хоча ці методи ефективно видаляють осади, шлами та нафтопродукти, вони не забезпечують повного очищення води. Механічне очищення дозволяє усунути до 60–75 % нерозчинних домішок з побутових стічних вод і до 95 % з промислових, причому частина цих домішок може бути повторно використана в виробничих процесах.

2. *Хімічні методи* очищення води використовуються для видалення як органічних, так і неорганічних розчинених забруднень зі стічних вод. У процесі обробки стічних вод за допомогою різних реагентів здійснюються такі процедури, як нейтралізація, знебарвлення та знезараження. На виробництвах найчастіше застосовують такі хімічні засоби, як вапняне молоко, хлорне вапно, хлорид заліза, сірчаноокисле залізо, сірчаноокислий амоній та глинозем. Однак цей підхід має свої недоліки, зокрема потребу у великих кількостях реагентів і складність підтримання стабільної їх концентрації. Завдяки хімічному очищенню вдається зменшити кількість нерозчинних домішок до 95 % і розчинених — до 25 %.

3. *Фізико-хімічні методи* очищення води включають процеси коагуляції, окиснення, сорбції, екстракції, електролізу, іонообмінного очищення та зворотного осмосу. Цей ефективний підхід до очищення характеризується значними витратами. Він здатний видаляти з стічних вод як дрібні, так і великі дисперсні частки, а також розчинені неорганічні забруднювачі та органічні сполуки, які важко піддаються окисненню.

4. *Біологічні методи* очищення базуються на використанні мікроорганізмів, які поглинають забруднювачі з стічних вод. Вони включають біофільтри з тонким бактеріальним шаром, біологічні ставки з мікроорганізмами та аеротенки з активним мулом, що містять бактерії та інші мікроорганізми. Ці методи ґрунтуються на здатності мікроорганізмів розкласти органічні речовини в стоках. Внаслідок цього, органічні забруднення окислюються під дією ферментів і мікроорганізмів, перетворюючись на вуглекислий газ, воду, азот і інші неорганічні сполуки. Однак цей підхід не ефективний щодо іонів важких металів та токсичних сполук, що містяться в стічних водах.

Найбільш поширеними є біофільтри, оскільки вони демонструють високу стійкість до значних коливань концентрації органічних забруднень. У аеротенках органічні речовини зменшуються на 88–95 %, але для досягнення цього результату потрібні великі ємності, що потребують суттєвих фінансових інвестицій у будівництво.

Для очищення стічних вод, що утворюються на дріжджових заводах, активно застосовується метод безкисневої ферментації, або анаеробного зброджування. Проте цей метод не забезпечує достатньої ефективності очищення і може слугувати лише як попередній етап.

Метод очищення стічних вод активним мулом дозволяє зменшити концентрацію органічних забруднень до 40 %, але тільки за умови тривалого часу аерації. Часто використовуються комбіновані підходи, які включають кілька етапів очищення з застосуванням різних методів, що залежать від концентрації і токсичності забруднень.

Пивна промисловість відрізняється великим споживанням води і значними об'ємами забруднених стічних вод, що мають високий рівень органічних і біологічних забруднень, негативно впливаючи на навколишнє середовище.

Середній склад стічних вод пивзаводів виглядає наступним чином: рН = 5–10,5; завислі речовини (ЗР) = 1392 мг/дм<sup>3</sup>; хімічне споживання кисню (ХСК) = 4187 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; біологічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) = 2596 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; нітроген амонійний = 14 мг/дм<sup>3</sup>; фосфати = 19 мг/дм<sup>3</sup>; жири – відсутні.

Стічні води в цьому випадку характеризуються високими концентраціями органічних забруднень, але не містять токсичних домішок. Органічні забруднювачі є складовими частинами рослинної сировини, яка, як і всі біологічні матеріали, може окислюватися. Біологічна здатність окиснення органічних поллютантів визначається через відношення БСКповн./ХСК, і якщо цей показник перевищує 0,5, то рекомендується застосовувати аеробні біологічні процеси. Однак при біологічному очищенні стічних вод необхідно враховувати різноманітні фактори, такі як продуктивність підприємства, його розташування, режим надходження стічних вод, а також їх склад (вміст біогенних елементів, завислих часток, жирів, коливання рН тощо).

У разі високих концентрацій забруднень і їх різноманітності, а також з урахуванням швидкості окиснення окремих компонентів, доцільно використовувати не тільки аеробні, але й анаеробні та аноксидні процеси. Зростаюче значення набувають питання енергозбереження та раціонального використання ресурсів у різних галузях промисловості. Одним із найефективніших підходів для досягнення високих технологічних результатів є інтеграція систем очищення, що застосовують імпульсні енергетичні впливи на оброблювані середовища. Наукове обґрунтування таких процесів є важливим і активно розвивається, охоплюючи численні промислові сфери.

### **1.3 Ідентифікація джерел екологічної небезпеки в зоні впливу підприємств пивоваріння**

Джерела екологічної безпеки на пивоварних підприємствах безпосередньо пов'язані з процесами утворення твердих відходів, стічних вод і атмосферних викидів. Типова схема основних етапів пивоварного виробництва, з зазначенням джерел екологічної небезпеки (ЕН), представлена на рисунку 1.5.

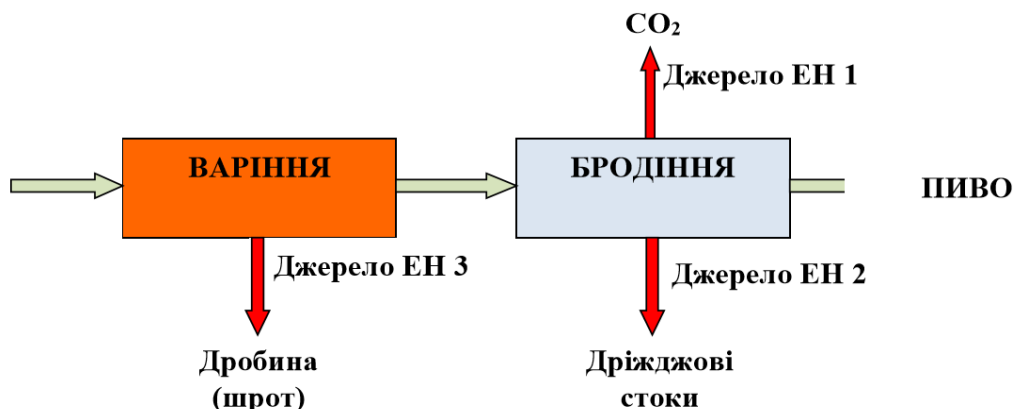


Рис. 1.5. Типова принципова схема стадій пивного виробництва.

За схемою, представною на рисунку 1.5, можна виділити три основні джерела екологічної небезпеки:

1. Джерело екологічної небезпеки 1 (ЕН 1). Забруднення повітря в результаті виділення вуглекислого газу під час бродіння. На кожен тону виробленого пива на заводі викидається  $17 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$ . Хоча викиди вуглекислого газу на пивоварнях не є критично великими, встановлення спеціального обладнання для їх утримання є недоцільним. Керування викидами здійснюється через механізми вуглецевого податку або придбання квот на викиди, відповідно до стандартів, прийнятих у ЄС.

2. Джерело екологічної небезпеки 2 (ЕН 2). Дріжджові стоки, які утворюються у кількості  $150 \text{ кг}$  на кожен тону виробленого пива. З них  $25 \text{ кг}$  осаджуються під час фільтрації (адсорбуються дробиною), а залишкові  $125 \text{ кг}$  представляють рідкі стоки, що містять  $3,75 \text{ кг}$  дріжджів. ЕН 2 є одним з найбільш небезпечних забруднень пивоварних підприємств і створює значну екологічну загрозу в навколишньому середовищі біля виробництва пива. Саме на зменшення цієї екологічної небезпеки спрямовані наші дослідження.

3. Джерело екологічної небезпеки 3 (ЕН 3). Дробина — це твердий відхід, що утворюється в процесі пивоваріння, з кількістю 265 кг на кожен тонну виробленого пива, з вологістю від 40 до 60 %. Вона містить 15 % протеїнів, 3,5 % жирів і 6,5 % клітковини. Зазвичай дробина використовується як корм для сільськогосподарських тварин. У запропонованій технології дробина застосовується для попереднього фільтрування дріжджових стоків, що дозволяє реалізувати першу стадію очищення. Крім того, вона збагачується поживними речовинами, що підвищує її кормову цінність для тварин. Використання дробини у відгодівлі сільськогосподарських тварин допомагає зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та мінімізує це джерело екологічної небезпеки.

#### **1.4 Висновки до 1 розділу**

На основі проведеної оцінки екологічної небезпеки, пов'язаної із забрудненням довкілля в зоні крафтового пивоваріння, було виявлено, що стоки, які містять дріжджі, мають суттєвий негативний вплив на екосистему, забруднюючи водні ресурси органічними речовинами та мікробіологічними забруднювачами.

Аналіз етапів виробництва крафтового пива дозволив визначити джерела екологічної загрози. Найбільш небезпечним виявилось скидання дріжджових стоків, обсяги яких складають 150 кг на тонну виготовленого пива. Саме ці стоки створюють найбільшу екологічну загрозу в регіоні пивоваріння, і дисертаційні дослідження спрямовані на зменшення цього ризику.

Дослідження динаміки розвитку крафтового пивоваріння в Україні за останнє десятиліття показало значний приріст цього сегмента. Хоча обсяги його виробництва ще не досягають рівня великих пивзаводів, крафтові пивоварні, завдяки обмеженості технологій, стають джерелами забруднень водних ресурсів.

Оцінка екологічної небезпеки забруднення в зоні крафтового пивоваріння вказує на перспективність двохступеневої технології очистки стоків: перший етап — фільтрування, другий — кавітаційна обробка. Використання різних методів для створення кавітаційного поля забезпечує різні ступені очищення

дріжджових стоків: ультразвук — 90%, віброрезонансний вплив — 80%, насос кавітатора — 60%. Створено залежності між ступенем екологічної небезпеки впливу стоків крафтового пивоваріння на водні ресурси та кількістю дріжджів на різних етапах очищення.

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Вихідні речовини

У даній роботі розглянуто вплив акустичної кавітації на швидкість окиснення органічних сполук (зокрема, вуглеводів) та знищення мікроорганізмів (дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* та різних бактерій) у стічних водах пивоварних виробництв за умов низьких концентрацій та температур, близьких до кімнатної. Дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*, відомі також як пивні дріжджі, є одним з найважливіших видів для людства, широко застосовуються у пивоварінні та пекарстві. Це одноклітинні організми овальної форми розміром 5–10 мкм у діаметрі. Їхній склад включає: воду – 74%, білки – 12,7%, жири – 2,7%, клітковину – 2,1%, а також мінеральні елементи (кальцій, калій, фосфор, магній, сірка, залізо) та вітаміни групи В (В1, В2).

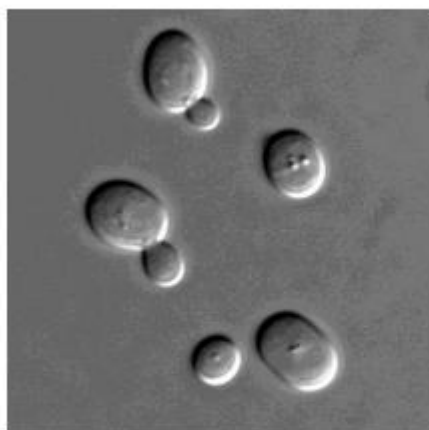
Бактерії *Micrococcus* мають сферичну форму та, як правило, білий колір, хоча інколи можуть бути оранжевими, жовтими або червоними. Вони є непатогенними і ростуть при температурі від 28 до 38 °С. Ці мікроорганізми володіють високою стійкістю до сушіння та нагріву.

Мікроорганізми роду *Bacterium* не мають чітко визначеної ядерної мембрани. Їхній розмір варіюється від 0,5 до 6 мкм, а колонії можуть бути ниткоподібними.

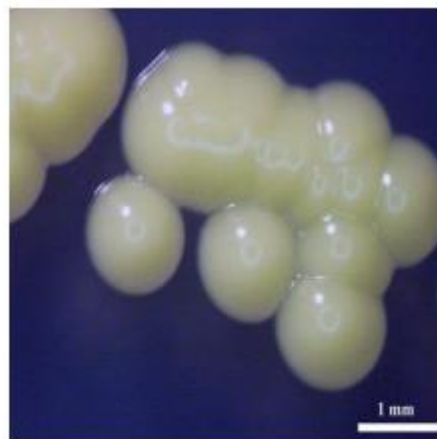
Бактерії роду *Pseudomonas* мають паличковидну форму, розмір яких коливається між 0,5–1,0 і 1,5–5,0 мкм. Ці бактерії можуть бути корисними для розкладу пластикових відходів, беручи участь у процесах біодеградації.

Бактерії *Sarcina* мають кулеподібну форму з діаметром від 0,3 до 0,8 мкм і формують комплекси з восьми та більше клітин. Вони непатогенні і мають безбарвні колонії жовтого, оранжевого або червоного кольору завдяки наявності

каротину, що забезпечує їхню стійкість до ультрафіолетового випромінювання.



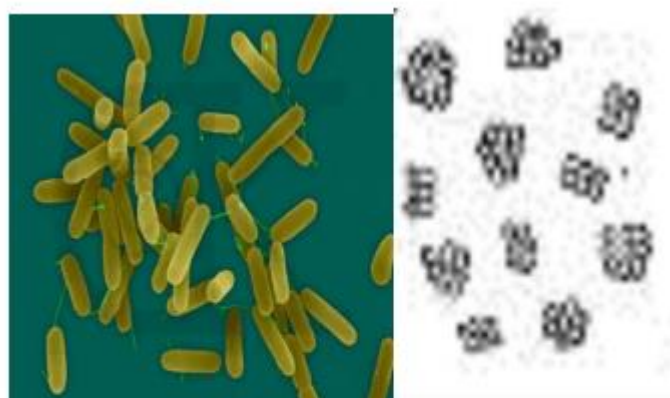
*Saccharomyces*



*Micrococcus*



*Bacterium*



*Pseudomonas Sarcina*

Рис. 2.1 Мікрофотографії біологічних забруднень стічної води пивоварні

Для дослідження впливу ультразвукових хвиль на мікроорганізми використовувались модельні дисперсії висушених хлібопекарських дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* з різними початковими концентраціями. Дисперсії готували шляхом ретельного диспергування певної кількості дріжджів у 1 л дистильованої води протягом 2 годин, поки дріжджові клітини не набухли і не розчинилися повністю. Після цього дисперсію розводили водою до отримання концентрацій дріжджів у діапазоні 0,1–20 г/л. Для експерименту використовувались як реальні стічні води з пивоварних підприємств, так і штучно підготовлені суміші з відомими концентраціями органічних і

біологічних забруднень. Крім того, дослідження проводились на реальних стічних водах пивоварні «Бородач», що розташована в м. Кілія Одеської області.

Для проведення досліджень використовувались такі реагенти:

- сульфатна кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) згідно з ГОСТ 4204-77, марки «хч», концентрована;
- дихромат калію ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) відповідно до ГОСТ 4220-75, марки «ч», розчин концентрацією 0,2 моль/дм<sup>3</sup> (0,2 н), приготований за ГОСТ 25794.2-83 з використанням відповідної наважки;
- сіль Мора ( $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) за ГОСТ 4208, марки «хч», розчин концентрацією 0,2 моль/дм<sup>3</sup> (0,2 н), приготований за ГОСТ 25794.2 із відповідною наважкою;
- технічний кисень ( $\text{O}_2$ );
- N-фенілантранілова кислота ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ ) як індикатор, марки «ч», приготована за ТУ 6-09-3692;
- натрію гідроксид ( $\text{NaOH}$ ) згідно з ГОСТ 4328, марки «хч», розчин концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup> (0,1н), приготований за ГОСТ 25794.1 з відповідною наважкою або зі стандарт-титром в ампулах без встановлення коефіцієнта поправки;
- дистильована вода за ГОСТ 6709-72;
- стерильна вода;
- поживні середовища.

## **2.2 Приготування поживних середовищ**

1. *Приготування м'ясної води.* До 1 л дистильованої води додають 500 г м'ясного фаршу (без жиру та сухожиль), витримують протягом 12 годин на холоді або 1 годину на водяній бані при температурі 50–60 °С. Потім суміш доводять до кипіння, фільтрують через марлю або вату і коригують об'єм до 1 л. Стерилізують в автоклаві при температурі 120±2 °С.
2. *Приготування м'ясного бульйону.* У 1 л м'ясної води додають 10 г пептону і 5 г солі. Розігривають до повного розчинення і регулюють рН до значення

7,2–7,4 за допомогою фосфатного буфера. Після фільтрації розчин розливають у пробірки та флакони і стерилізують в автоклаві при  $120 \pm 2$  °C протягом 20 хвилин.

3. *Приготування м'ясопептонного агару (МПА)*. До 1 л м'ясного бульйону додають 15 г агару, після чого суміш нагрівають на водяній бані до повного розчинення агару. Регулюють рН до 7,2–7,4, фільтрують, розливають у пробірки та флакони і стерилізують в автоклаві при  $120 \pm 2$  °C протягом 20 хвилин при тиску 1,1 атм.

### 2.3. Визначення концентрації органічних речовин (ХСК)

Оскільки неможливо здійснити індивідуальне визначення всіх компонентів стічної води, у практиці застосовують сумарну оцінку їхнього вмісту, вимірюючи кількість кисню, необхідного для окислення, з використанням дихромату калію. Цей показник називають хімічним споживанням кисню (ХСК).

Метод визначення ХСК за дихроматом ґрунтується на повному окисненні органічних сполук у воді дихроматом калію ( $K_2Cr_2O_7$ ) у присутності сірчаної кислоти.

Надлишок дихромату калію титрується розчином солі Мора ( $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ) із застосуванням індикатора N-фенілантранілової кислоти. ХСК обчислюється за відповідною формулою:

$$ХСК = \frac{(V_1 - V_2) \cdot T \cdot K \cdot 1000}{V}, [мг/дм^3]$$

де:  $V_1$  – об'єм розчину солі Мора з концентрацією 0,2 моль/дм<sup>3</sup>, використаний для титрування контрольної проби, см<sup>3</sup>;

$V_2$  – об'єм розчину солі Мора з концентрацією 0,2 моль/дм<sup>3</sup>, витрачений на титрування досліджуваної проби, см<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм проби, що була взята для аналізу, см<sup>3</sup>;

$K$  – поправковий коефіцієнт для корекції концентрації розчину солі Мора;

$T = 1,6$  мг – маса кисню, що відповідає 1 см<sup>3</sup> розчину дихромату калію з точною концентрацією 0,2 моль/дм<sup>3</sup>.

До круглодонної колби об'ємом 100 см<sup>3</sup> поміщали 5 см<sup>3</sup> зразка, потім додавали 45 см<sup>3</sup> дистильованої води і 20 см<sup>3</sup> 0,1 н розчину дихромату калію. Суміш ретельно перемішували і обережно вливали 10 см<sup>3</sup> концентрованої сульфатної кислоти. Установлювали зворотний холодильник з приладом для охолодження та кип'ятити суміш протягом 2 годин. Після цього охолоджували розчин, від'єднували холодильник і додавали 2-3 краплі розчину N-фенілантранілової кислоти. Надлишок дихромату калію титрували розчином солі Мора до зміни забарвлення індикатора. Паралельно проводили контрольний експеримент з 50 см<sup>3</sup> дистильованої води.

#### **2.4. Визначення загальної кількості мікроорганізмів (мікробне число МЧ)**

Метод полягає у визначенні загальної кількості мікроорганізмів, здатних до росту на м'ясопептонному агарі при температурі 37±0,5 °С протягом 24±2 годин в 1 мл води, з подальшим підрахунком колоній, що вирости на цьому середовищі.

Для дослідження попередньо готували стерильні пробірки (по одній для кожної проби води), пробірки з 9 см<sup>3</sup> стерилізованої водопровідної води для розведення, а також стерильні піпетки об'ємом 1 мл. Спочатку у порожню стерильну пробірку вносили 10 мл проби води, позначену як «0» (без розведення), з якої стерильною піпеткою брали 1 см<sup>3</sup> розчину і переносили в пробірку для розведення, отримуючи перше розведення 1:10. Далі з цієї пробірки (1) переносили стерильною піпеткою в наступну, отримуючи друге розведення 1:100, і так далі.

М'ясопептонний агар (МПА) розтоплювали на водяній бані і підтримували при температурі 45±5 °С. Стерильні чашки Петрі розкладали на столі і маркували на кришках номер проби, дату посіву та номер розведення.

Посіви виконували наступним чином: в стерильні чашки Петрі за допомогою стерильної піпетки вносили 1 мл води відповідного розведення, починаючи з найбільшого. Під час внесення води злегка піднімали кришку

чашки і швидко виливали вміст піпетки. Потім до чашки додавали МПА, перемішуючи середовище для рівномірного покриття дна. Для контролю стерильності середовища в одну чашку вносили МПА без проби води. Після цього чашки залишали на столі до застигнення агару, внаслідок чого бактеріальні клітини фіксувалися на певних ділянках середовища.

Далі чашки перевертали догори дном і переносили в термостат, де витримували протягом 24 годин при температурі 37 °С. В цей час клітини бактерій розмножувалися, утворюючи видимі колонії. Кожна колонія розвивається з однієї бактеріальної клітини.

Підрахунок колоній проводили лише в тих чашках, де кількість колоній знаходилася в межах від 30 до 300. Кількість бактерій у воді визначали за числом утворених колоній. Чашку розміщували на темному фоні дном догори та підраховували всі колонії, як на поверхні, так і в глибині агарового середовища, маркуючи кожен колонію або використовуючи спеціальні прилади.

Одержані результати коригували для визначення кількості бактерій у початковій пробі води з урахуванням проведеного розведення за допомогою наступної формули:

$$X = a \cdot 10^n,$$

де  $a$  – кількість колоній, що утворилися в чашці;

$n$  – ступінь розведення.

Якщо в 1 мл води міститься від 0 до 100 колоній мікроорганізмів, вода вважається чистою; від 100 до 1000 колоній – сумнівною; більше 1000 колоній – непридатною для використання. Для прискореного підрахунку загальної кількості колоній  $X$  визначали кількість колоній на 1 см<sup>2</sup> ( $m$ ) і множили її на площу чашки Петрі, яка обчислюється за формулою  $S = \pi \cdot r^2$  (де  $r$  – радіус чашки):  $X = m \cdot \pi \cdot r^2$ .

## 2.5 Схема реактора

Для вивчення впливу кавітації на трансформацію мікроорганізмів та органічних сполук у даній роботі використовувався реактор, виготовлений із нержавіючої сталі марки Х18Н9Т (рис. 2.2). Діаметр реактора становив 36 мм,

висота – 200 мм, а товщина стінки – 3 мм. У конструкції реактора були передбачені штуцери для відбору проб, подачі та відведення газів, а також зворотний холодильник для конденсації пари. Ультразвукові коливання частотою 22 кГц або 44 кГц генерувалися за допомогою ультразвукового генератора УЗДН-2Т (або УЗГ 22/44) і передавалися через магнітострикційний випромінювач, занурений у досліджувану рідину об'ємом 100 см<sup>3</sup> з попередньо визначеними значеннями ХСК та МЧ.

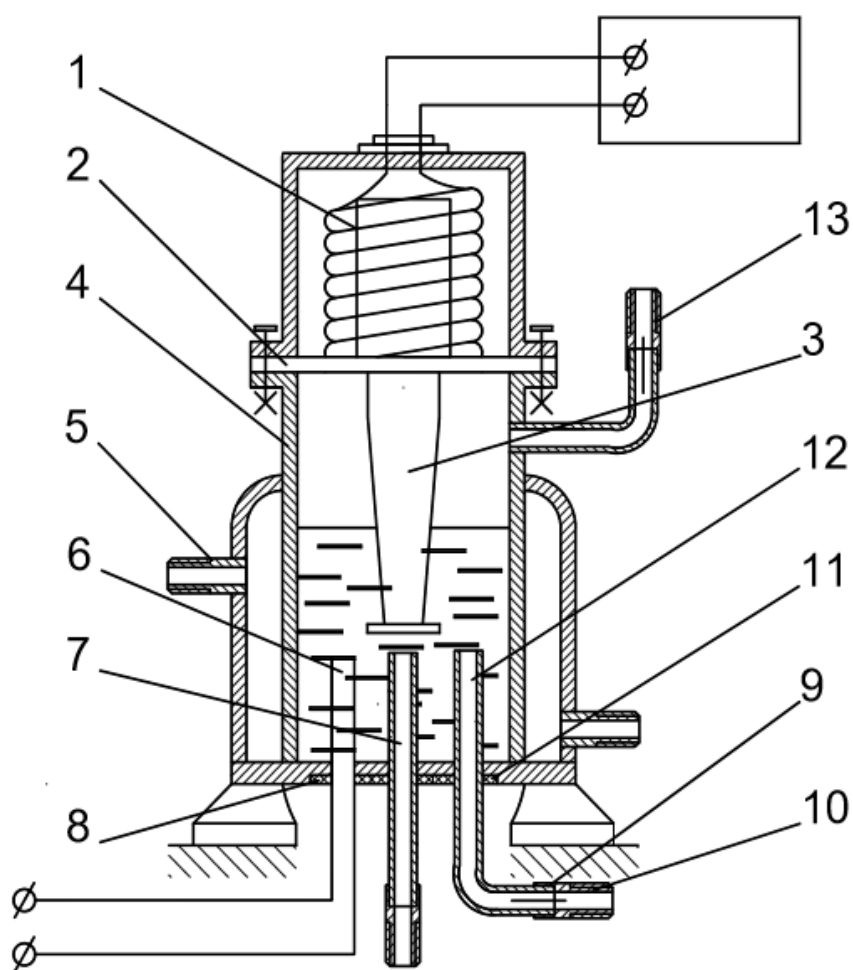


Рис. 2.2 Схематичне зображення реактора для окислення органічних домішок та дезінфекції дріжджових забруднень в ультразвуковому полі: 1 – магнітостриктор, 2, 8, 9 – ущільнювачі, 3 – хвилевід, 4 – реактор, 5 – штуцери для теплоносіїв, 6 – термопара, 7 – штуцери для подачі газів, 10, 11 – накидні гайки, 12 – пробовідбірник, 13 – штуцери для виходу газів.

У дослідженні також застосовувався низькочастотний віброрезонансний кавітатор, зображення якого представлено на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Зображення електромагнітного кавітатора, призначеного для кавітаційної обробки стічних вод з високим рівнем МЧ та ХСК під тиском та при підвищених температурах (з частково знятим захисним кожухом).

Основними елементами низькочастотного вібраційного електромагнітного кавітатора, призначеного для обробки забруднених стічних вод під тиском до  $3,5-4,0 \text{ кг/см}^2$  і при підвищених температурах, є герметично закрита робоча камера з симетричними фланцями об'ємом 700 мл. До цієї камери приєднуються два циліндричні корпуси з патрубками для подачі охолоджувальної води. У середині кожного корпусу розміщені статор з обмоткою та якорь електромагнітного приводу, герметизовані фланцем із центральним отвором, що дозволяє переміщатися штоку якоря. Між якорем і статором встановлена мембрана з пружного матеріалу, що забезпечує коливання якоря та штока з амплітудою до  $3,5-4,0 \text{ мм}$ . На штоках якорів закріплені дек-збурювачі, що мають отвори для перетікання оброблюваної рідини. Робоча камера оснащена патрубками для подачі та відведення оброблюваної води та супутніх газів. Кавітатор покритий захисними кожухами, встановленими на опорах для забезпечення безпеки. Електрична схема приводу включає регулятор частоти AFC-120, що дозволяє плавно змінювати частоту коливань якоря електромагніту та дек-збурювачів в межах від 7 до 100 Гц. Це дає змогу налаштувати частоту

коливань дек на резонансні частоти, що максимізує ефективність процесу обробки рідини.

## 2.6 Схеми експериментальних установок

Схема експериментальної установки, використаної для вивчення процесів руйнування дріжджових забруднень і водорозчинних органічних сполук у стічних водах пивоварних підприємств, зображена на рисунку 2.4.

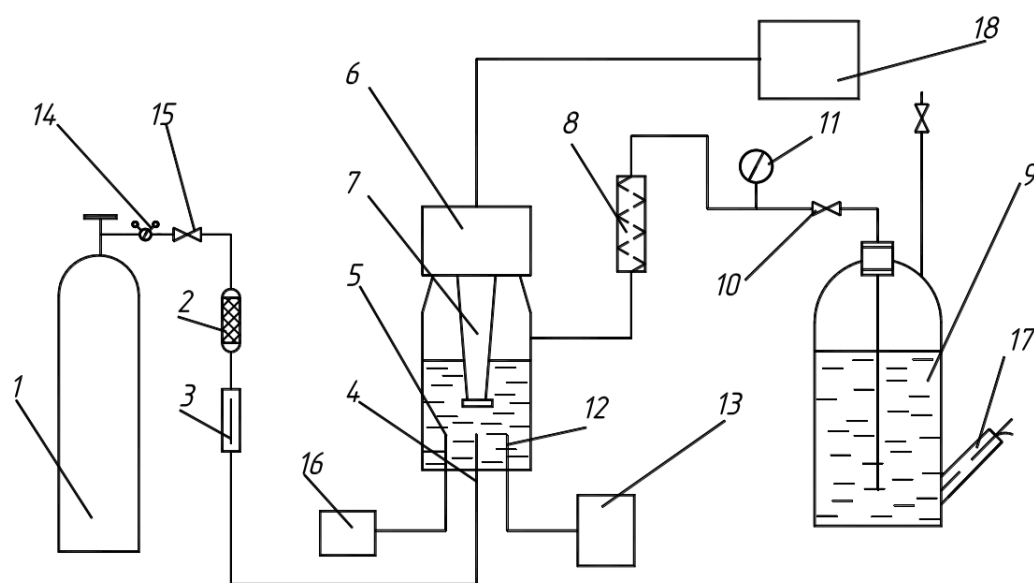


Рисунок 2.4. Схема експериментальної установки: 1 — газовий балон, 2 — хлор-кальцієва трубка, 3 — ротаметр, 4 — штуцер для подачі газу, 5 — реактор, 6 — магніостріктор, 7 — хвилевід, 8 — зворотний холодильник, 9 — газометр, 10, 15 — вентилі, 11 — манометр, 12 — термопара, 13 — потенціометр, 14 — редуктор, 16 — пробовідбірник, 17 — гідрозамикач, 18 — ультразвуковий генератор.

Газ з балона 1 спочатку проходив через хлор-кальцієву трубку 2 для усунення залишкової вологи, після чого подавався в нижню частину реактора 5 через штуцер 4. В реактор заправляли 100 см<sup>3</sup> стічної води. У верхній частині реактора розміщений магніостріктор 6, який герметизує реактор, а хвилевід 7, що з'єднується з магніостріктором, занурюється у рідину. Після реакційного процесу газу проходили через зворотний холодильник 8, охолоджений водою, і збиралися в газометрі 9. Тиск в системі регулювався за допомогою вентилі 10 і

контролювався манометрами 11 та 14. Температура вимірювалася термопарою 12, розташованою в захисному кожусі із нержавіючої сталі, з подальшим реєструванням через потенціометр 13. Температурний режим підтримувався подачею теплоносія до кожуха реактора.

Для проведення балансових дослідів і встановлення якісних та кількісних характеристик викидів у процесі пивоваріння використовувалася лабораторна міні-пивоварня пивоварні «Кумпель», виготовлена компанією «Zip Technologies» (див. рисунок 2.5).



Рисунок 2.5. Фото міні-пивоварні об'ємом 25 л від компанії «Zip Technologies».

Ця установка включає два бродильні чани по 25 л кожен, оснащені кожухами для термостатування, вивідними патрубками і вентилями для виведення надлишкового діоксиду вуглецю, а також системою автоматизації. Це установка періодичної дії, яка дає змогу повністю відтворювати процес пивоваріння та проводити експерименти з мінімальними витратами сировини та енергії.

Експериментальна установка для фільтрації дріжджових стоків має циліндричний корпус з діаметром 80 мм і висотою 300 мм. На дні корпусу

встановлена сітка з рівномірно розташованими отворами діаметром 2 мм і штуцер для підключення вакуум-насоса. Дробина розташовується на сітці і покривається верхньою сіткою для запобігання спливанню. Дріжджові стоки з підвищеним вмістом дріжджів подаються на верхню сітку, і включається вакуумний насос для створення залишкового тиску 100 мм рт. ст., при якому стоки фільтруються. В результаті фільтрації великі агломерати дріжджів залишаються на сітці, а розчинені клітини потрапляють у фільтрат, який аналізується на вміст дріжджових клітин та органічних речовин за зазначеними методами.

## **2.7. Висновки до 2 розділу**

У дипломній роботі надано загальний огляд об'єкта та предмета дослідження. Аналізуються стоки пивоварень, які стали основною темою дослідження. Описано використані матеріали та реагенти під час проведення експериментів. Докладно розглянуто методи приготування поживних середовищ для культивування дріжджів, а також аналізу стічних вод щодо вмісту органічних та біологічних забруднень. Наведені схеми реакторів і лабораторного обладнання, а також методики дослідження процесів загибелі мікроорганізмів і руйнування органічних сполук у стічних водах пивоварень. Включено фотографію мініпивоварні, що використовувалась для натурних експериментальних досліджень пивоваріння. Описано методи аналізу, такі як біохімічне споживання кисню (БСК), визначення загальної кількості мікроорганізмів (МЧ), приготування поживних середовищ та хімічне споживання кисню (ХСК).

## **РОЗДІЛ 3**

### **ЗАКОНОМІРНОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ПИВОВАРЕНЬ ВІД ОРГАНІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ ЗАБРУДНЕНЬ В УМОВАХ КАВІТАЦІЇ**

Стічні води крафтової пивоварні «Бородач» містять як органічні, так і біологічні забруднення. До органічних речовин відносяться спирти, органічні кислоти, ізоспирти та аміносполуки. Біологічні забруднення включають дріжджі роду *Saccharomyces* та різні види бактерій, такі як *Micrococcus*, *Bacterium*, *Pseudomonas* і *Sarcina*. Ці стоки можна поділити на дві групи: висококонцентровані, що утворюються при скиданні дріжджів (з показниками ХСК від 1000 до 4500 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> та МЧ від 16·10<sup>6</sup> до 22·10<sup>6</sup> КУО/см<sup>3</sup>) та низькоконцентровані, які утворюються під час миття обладнання після бродіння (від 100 до 450 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> та МЧ від 0,1·10<sup>6</sup> до 0,025·10<sup>6</sup> КУО/см<sup>3</sup>). Ці різні характеристики стічних вод створюють труднощі в їх очищенні, тому необхідно знайти методи, що дозволяють привести показники до єдиного рівня.

Найефективнішим способом зменшення вмісту дріжджів є центрифугування. Проте для малих виробництв цей метод є економічно не вигідним. З цієї причини було запропоновано альтернативний метод фільтрації для обробки висококонцентрованих стоків.

### **3.1 Фільтрація висококонцентрованих стоків від дріжджів**

Варто зазначити, що частинки дріжджів мають малий розмір, тому для їх виділення необхідно використовувати спеціалізовані матеріали та низький тиск, що в умовах пивоварень створює певні технологічні труднощі. З цієї причини було прийнято рішення використовувати в якості фільтруючого матеріалу відходи першої стадії пивоваріння — дробину, що утворюється під час варіння ячмінного солоду. Дробина є висококалорійним продуктом пивоваріння, який активно використовується в кормовому виробництві, оскільки містить білки, вуглеводи, протеїни та вологу (від 40 до 60%). Присутність дріжджових домішок у дробині не знижує її харчової цінності, і вона також може бути використана як корм для тварин. Результати фільтрації дріжджових стоків можна побачити в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Взаємозв'язок між ефективністю фільтрації висококонцентрованих дріжджових стоків пивоварні та висотою шару дробини.

№	$MЧ_0 \times 10^{-6}$ КУО/см <sup>3</sup>	$MЧ_к \times 10^{-5}$ КУО/см <sup>3</sup>	Висота фільтр. шару, мм	М/м, г/г	ХСК <sub>0</sub> мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	ХСК <sub>к</sub> мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
1	22	18	10	20/10	560	420
2	24	9	20	26/10	610	315
3	23	2	30	32/10	580	256
4	24	0,5	40	48/10	630	190
5	22	0,1	50	65/10	580	160
6	22,5	0,09	60	78/10	600	175
7	23	0,09	70	100/10	610	180

Час фільтрації становить 60 секунд при тиску 0,001 МПа, а фільтруючий матеріал використовується у вигляді дробини з вологістю 47%. У цьому випадку маса дробини позначена як М, а маса дріжджів — m.

Фільтрування висококонцентрованих дріжджових стоків через шар дробини дозволяє зменшити вміст дріжджових клітин майже на два порядки. Варто зазначити, що високий рівень мікробіологічного забруднення (106-107 КУО/см<sup>3</sup>) зумовлює підвищення хімічного споживання кисню (ХСК) від 600 до 1600 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Однак, зниження МЧ після фільтрації автоматично призводить до зменшення ХСК стічної води. Завдяки цьому вдається звести значення МЧ і ХСК висококонцентрованих стоків та промивних вод до однакових величин, що полегшує подальшу їх очистку. Крім того, усунення великих агломератів дріжджових клітин на цьому етапі значно знижує рівень забруднення води перед кавітаційною обробкою, оскільки на її першій стадії відбувається розпад агломератів на окремі клітини, що призводить до різкого збільшення МЧ дисперсії.

Також важливо зазначити, що кількість дробини, що утворюється на стадії варіння солоду, значно перевищує потребу в ній для процесу фільтрації.

### **3.2 Дослідження закономірностей кавітаційного очищення дріжджових стоків**

Оскільки початкові значення ХСК та МЧ в досліджуваних водах можуть значно коливатися і навіть відрізнятися на порядок залежно від експлуатаційних умов, для кращої наочності експериментальні результати подано у вигляді відношення  $X_{СК}/X_{СК0}$  та  $MЧ/MЧ0$ .

Застосування акустичної кавітації дозволяє значно покращити ефективність очищення води від органічних і біологічних забруднень. Ультразвукові хвилі мають руйнівний вплив на мікроорганізми, сприяючи розпаду високомолекулярних сполук, коагуляції білків, інактивації ферментів і токсинів, а також пошкодженню клітинних мембран. Тому для дослідження процесу знезараження та очищення стічних вод пивоварні було обрано атмосферу азоту, кисню та їх суміші в співвідношенні 1:1, оскільки це доступні і економічно вигідні реагенти. Швидкість очищення води за допомогою ультразвуку залежить від різних параметрів процесу. Експерименти проводились за сталих умов: частота 22 кГц, температура 298 К, тиск  $1 \cdot 10^5$  Па, а змінною складовою була лише природа газу (кисень, азот і їх суміш у пропорції 1:1).

Дослідження впливу газових середовищ різного складу при кавітації, а також без неї, проводилось на органічних забруднювачах та на різних типах мікроорганізмів, що містяться у стічних водах пивоварних підприємств. Ці стічні води є висококонцентрованими за органічними та біологічними забрудненнями, що ускладнює їх ефективне очищення.

#### **3.2.1 Дослідження впливу природи барботованого газу на процес очищення промислових стічних вод**

Як показано на рисунку 3.1, протягом перших 30 хвилин обробки води в середовищі кисню, азоту та суміші азоту з киснем у співвідношенні 1:1 спостерігається майже однакове зниження значення ХСК. При цьому, під

впливом азоту ХСК зменшується з 4150 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 4010 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, при впливі кисню — з 4150 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 4050 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а при використанні суміші газів — з 1000 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 930 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

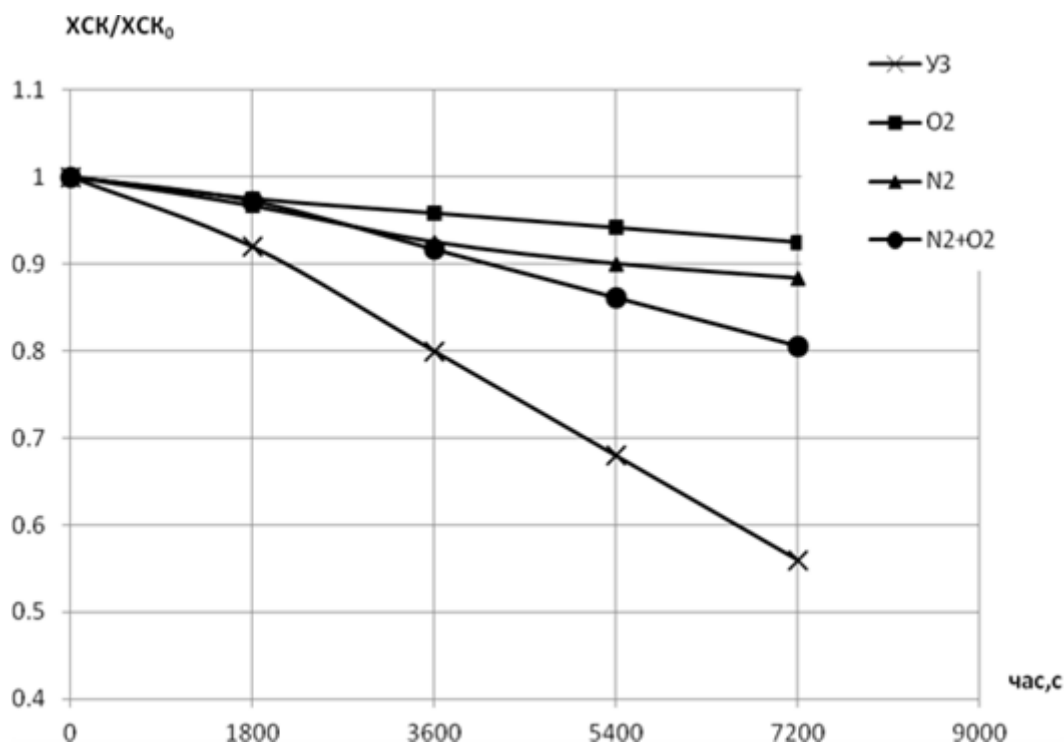


Рис. 3.1. Зміна відношення ХСК/ХСК<sub>0</sub> протягом обробки стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» в умовах різних газових середовищ.

Протягом першої години експериментів спостерігалася стабільність цієї тенденції. Через 90 хвилин результати барботування кисню змінилися незначно, зменшившись лише в 1,01 рази, у той час як при барботуванні азоту це зменшення склало 1,02 рази, а при використанні суміші газів — 1,1 рази. Через дві години барботування найбільш ефективним виявився метод із сумішшю кисню та азоту, що призвів до зниження показника до 830 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що на 1,2 рази менше початкового рівня.

Найменш ефективним було барботування киснем, з результатом зниження до 3820 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що становить лише 1,08 рази менше початкового значення. Дія азоту продемонструвала середній ефект (зниження до 3660 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що в 1,13 рази менше порівняно з початковим рівнем). Порівняно з барботуванням газами, ультразвукова обробка з 30-ї хвилини була більш ефективною,

зменшуючи показник з  $3630 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$  до  $2450 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ . Зі збільшенням часу до двох годин вплив ультразвуку став більш значним, про що свідчать кінцеві результати — зниження до  $1950 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ , що в 1,9 рази менше початкового рівня.

При вивченні руйнування біологічних забруднень у стічних водах (рис. 3.2) отримано наступні результати.

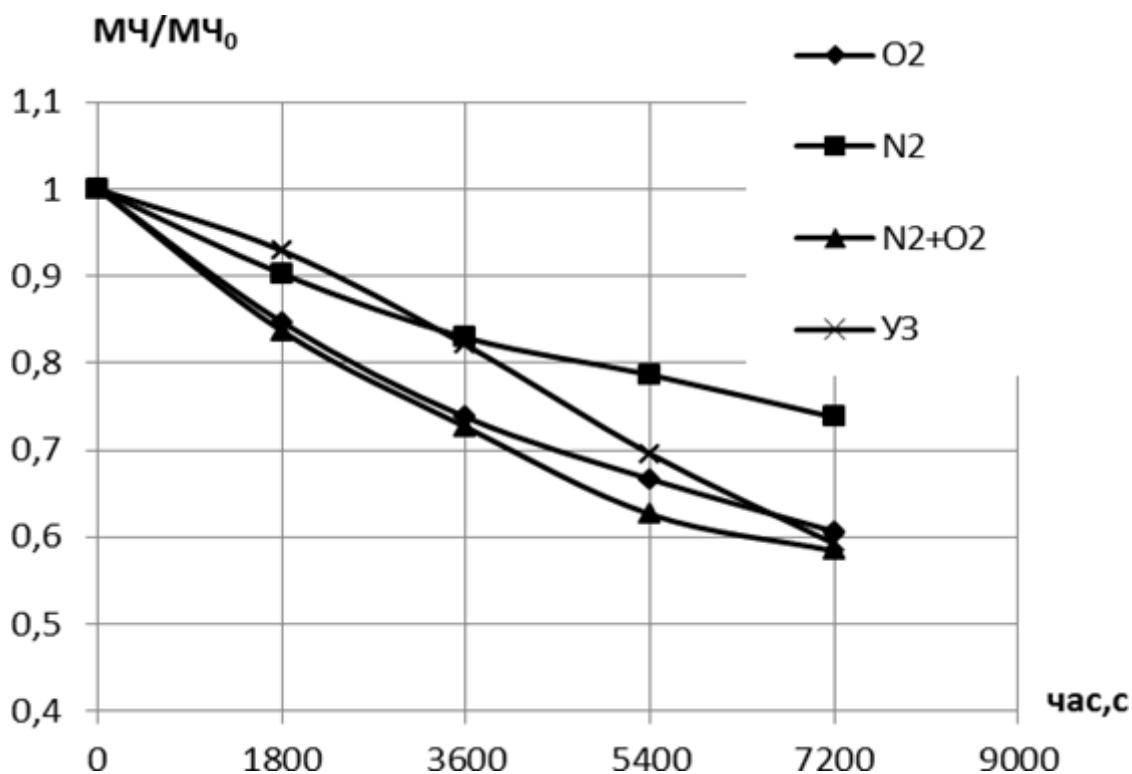


Рис. 3.2. Залежність відношення  $\text{МЧ}/\text{МЧ}_0$  від часу обробки стічних вод пивоварні «Бородач» за різних умов процесу.

Дані, представлені на рис. 3.2, показують, що протягом першої години барботування азотом та застосування ультразвукової кавітації (УЗ) спостерігається схожий ефект – зниження показників МЧ з  $16,4 \cdot 10^6 \text{ КУО}/\text{см}^3$  до  $13,6 \cdot 10^6 \text{ КУО}/\text{см}^3$  і з  $18,4 \cdot 10^6 \text{ КУО}/\text{см}^3$  до  $15,1 \cdot 10^6 \text{ КУО}/\text{см}^3$  відповідно, що становить зменшення в 1,2 рази для обох умов. При барботуванні киснем і сумішшю газів за аналогічний час також спостерігається подібний ефект: МЧ зменшується з  $18,3 \cdot 10^6 \text{ КУО}/\text{см}^3$  до  $13,5 \cdot 10^6 \text{ КУО}/\text{см}^3$  при кисні і з  $19 \cdot 10^6 \text{ КУО}/\text{см}^3$  до  $13,8 \cdot 10^6 \text{ КУО}/\text{см}^3$  для суміші газів, що в 1,35 рази менше від початкових значень. З подовженням часу обробки води, барботування азоту

виявляє найменшу ефективність, знижуючи значення МЧ до  $12,1 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> через 2 години, що відповідає зменшенню в 1,35 рази.

Барботування кисню та використання ультразвукової кавітації демонструють подібні результати, зменшуючи МЧ відповідно в 1,64 та 1,68 рази. Кращі результати показує суміш газів, де зменшення становить 1,72 рази, досягнувши кінцевого значення МЧ =  $11,1 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>.

Отже, використання газів окремо, а також ультразвукової кавітації самотійно не дає суттєвого покращення якості стічних вод. Однак їх комбіноване застосування є значно ефективнішим.

Наступний етап дослідження включав паралельне вивчення впливу кожного з газів на руйнування органічних сполук та біологічних забруднень у стічних водах у поєднанні з ультразвуковою обробкою та без неї.

Результати впливу азоту на органічні забруднення, наведені на рис. 3.3, показують, що при барботуванні азоту протягом двох годин зменшення ХСК становить лише 1,13 рази. Натомість ультразвукова обробка дає значно кращий результат, зменшуючи показник на 1,9 рази. Найкращий ефект спостерігається при комбінованому застосуванні азоту та ультразвуку, що дозволяє зменшити ХСК з 3660 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 1590 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що відповідає зниженню в 2,3 рази.

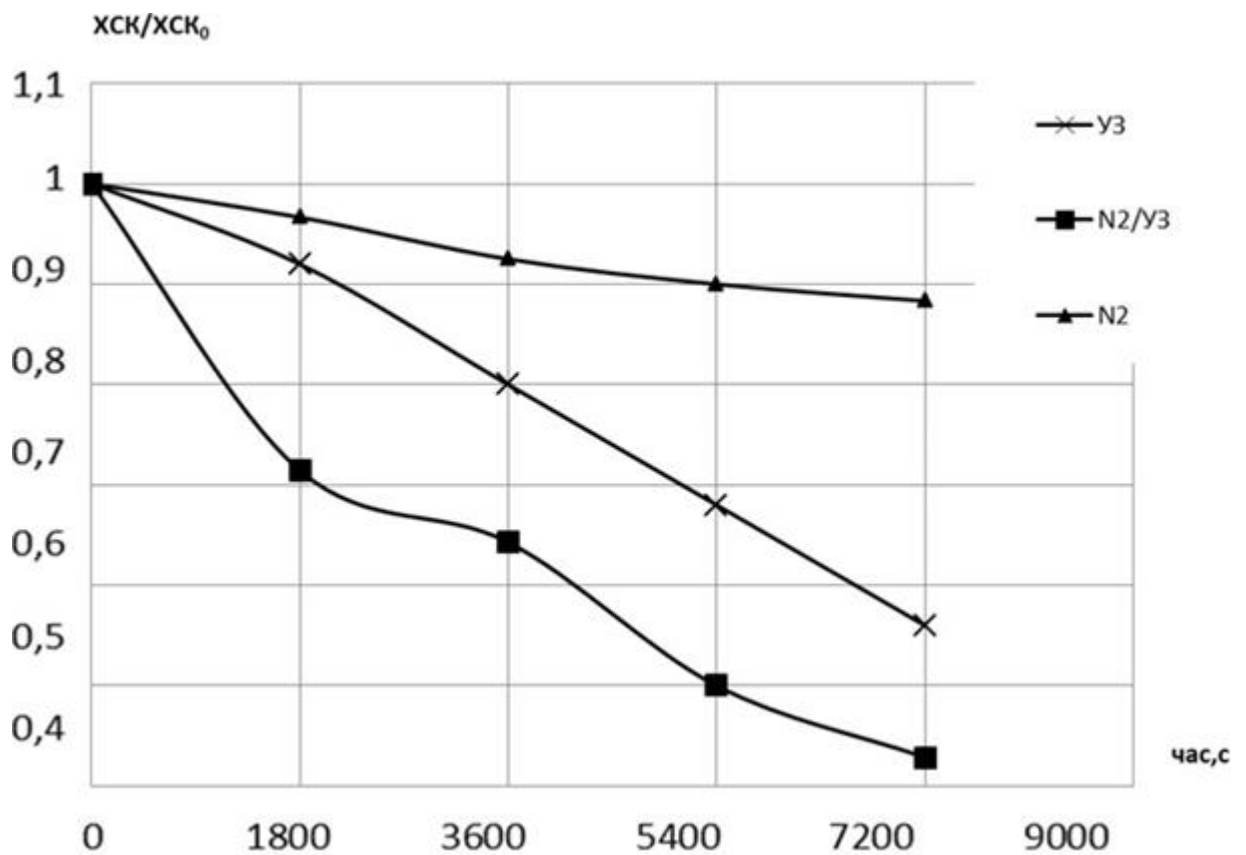


Рис. 3.3. Зміна відношення  $XSK/XSK_0$  в залежності від часу обробки стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» за умов барботування азотом при різних технологічних умовах.

Дослідження ефекту впливу азоту на процес знезараження води (рис. 3.3) показали, що протягом перших 30 хвилин обробки спостерігається зменшення МЧ на 1,1, 1,07 і 1,2 рази відповідно при використанні лише азоту, ультразвукових хвиль або їх комбінації. Через годину обробки води ефективність зниження МЧ при барботуванні азоту та ультразвуковому впливі стає однаковою – зменшення в 1,2 рази. Однак після однієї години обробки ультразвуковими хвилями спостерігається значне прискорення процесу знезараження у присутності азоту, зменшення МЧ з  $17 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до  $6 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>. Протягом двогодинної спільної обробки азотом та ультразвуковими хвилями, значення МЧ знижується в 7,6 разів, досягнувши рівня  $2,3 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>. Найменш ефективними виявилися окремо барботування азотом та ультразвукова обробка, зменшення яких становить лише 1,35 рази.

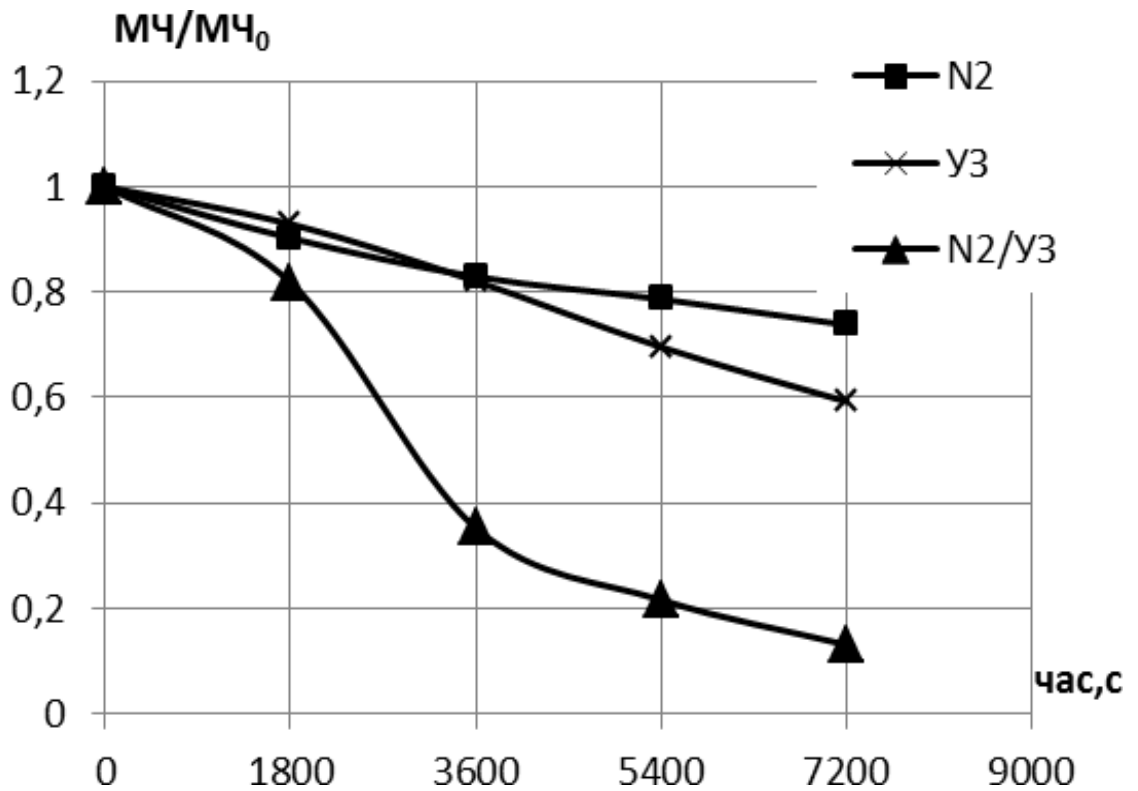


Рис. 3.4. Залежність зміни відношення МЧ/МЧ<sub>0</sub> від часу обробки стічних вод пивоварні «Бородач» в атмосфері азоту за різних умов проведення процесу.

Найбільш значний ефект очищення від органічних забруднень при дослідженні впливу кисню (рис. 3.5.) спостерігається при використанні лише ультразвукової обробки, як і в разі з азотом. Комбіноване використання ультразвуку з киснем та окреме застосування кисню не призводять до бажаного результату. Уже після 90 хвилин ультразвукової обробки спостерігається підвищення ефективності очищення порівняно з комбінацією ультразвуку та кисню. Найкращий результат, зокрема зниження ХСК в 1,9 рази, був досягнутий після двох годин обробки води лише ультразвуком. Водночас, використання тільки кисню протягом 2-х годин продемонструвало найменшу ефективність — зниження ХСК лише на 1,08 рази від початкового рівня.

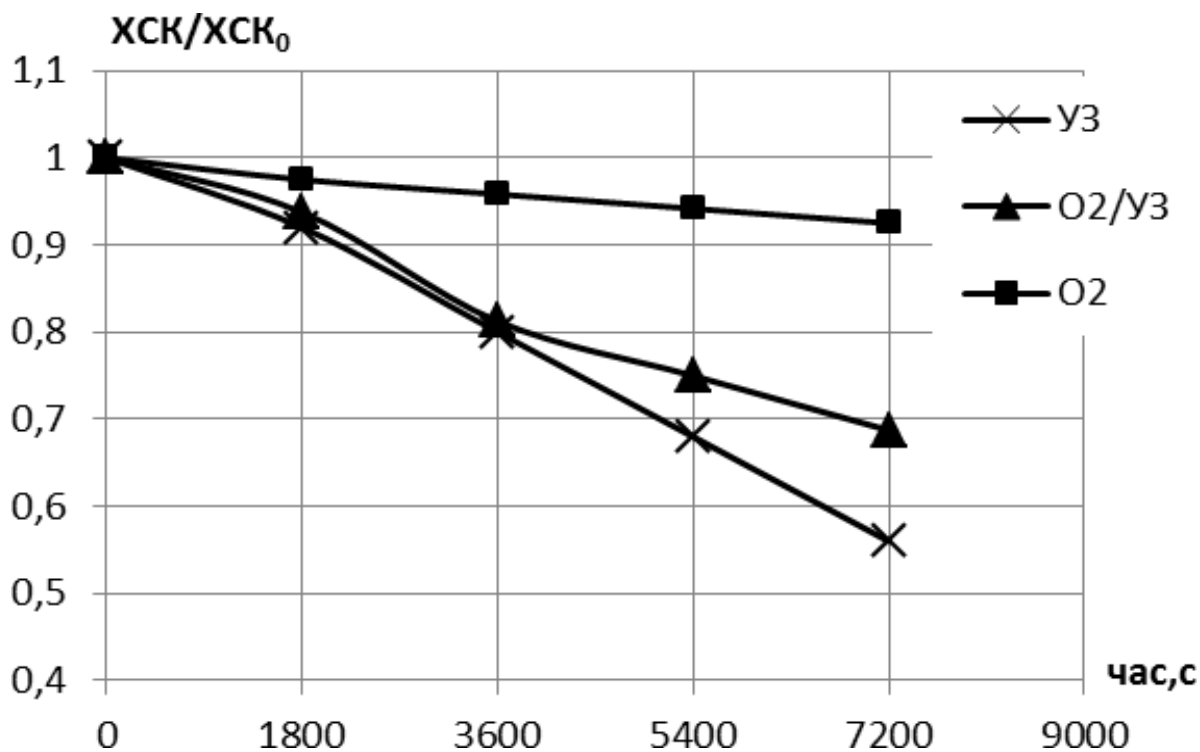


Рис. 3.5. Залежність зміни співвідношення  $XSK/XSK_0$  від часу обробки стічних вод пивоварні «Бородач» в присутності кисню при різних варіантах процесу.

Під час ультразвукової обробки стічних вод пивоварні в умовах кисневої атмосфери (рис. 3.6.) спостерігається поступове зниження концентрації мікроорганізмів протягом усього процесу. Уже через 30 хвилин обробки МЧ зменшується в 1,5 рази, а після години – в 2 рази. За два години спільної дії ультразвуку з киснем МЧ знижується в 5,27 разів. У той же час, дія лише ультразвуку не демонструє такої високої ефективності – після першої години обробки спостерігається зменшення в 1,2 рази, а через дві години – в 1,68 рази.

У разі використання суміші газів азоту та кисню (рис. 3.7.), деструкція органічних забруднень спостерігається протягом усього експерименту. Однак, барботування цієї суміші не дає очікуваних результатів: після першої години зменшення ХСК відбувається лише в 1,1 рази, а після двогодинної обробки – лише в 1,2 рази. Кращий ефект був досягнутий за допомогою комбінованої дії ультразвуку та газової суміші: після першої години обробки ХСК зменшилась з 544 мг  $O_2/дм^3$  до 448 мг  $O_2/дм^3$ , а через дві години зменшення склало 1,54 рази.

Найвищий ступінь очищення спостерігався при застосуванні лише ультразвукової обробки – зниження ХСК в 1,9 рази від початкового значення.

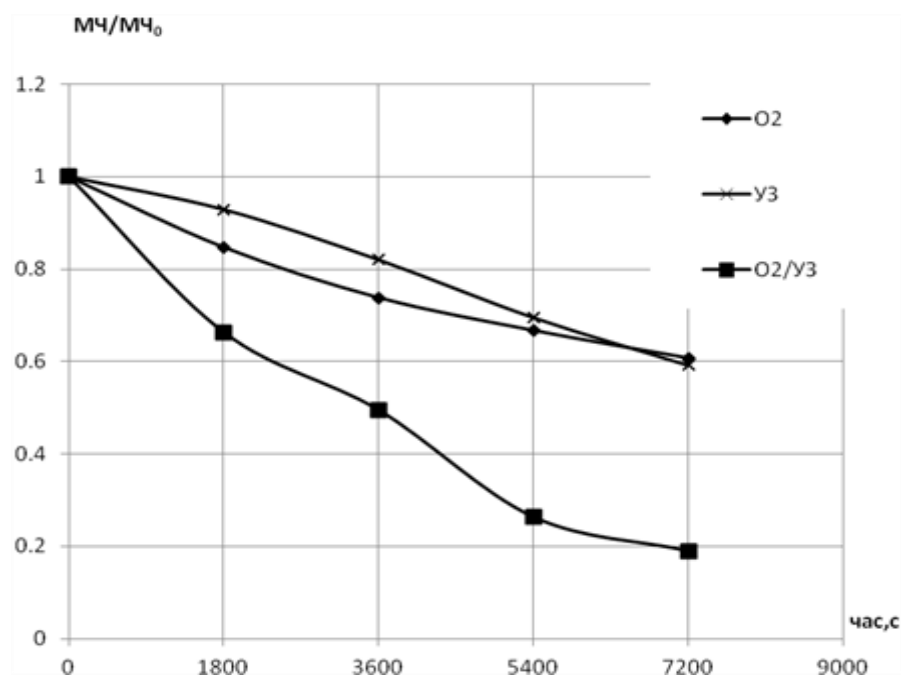


Рис. 3.6. Зміна відношення  $MЧ/MЧ_0$  в залежності від часу обробки стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» у присутності кисню при різних умовах обробки.

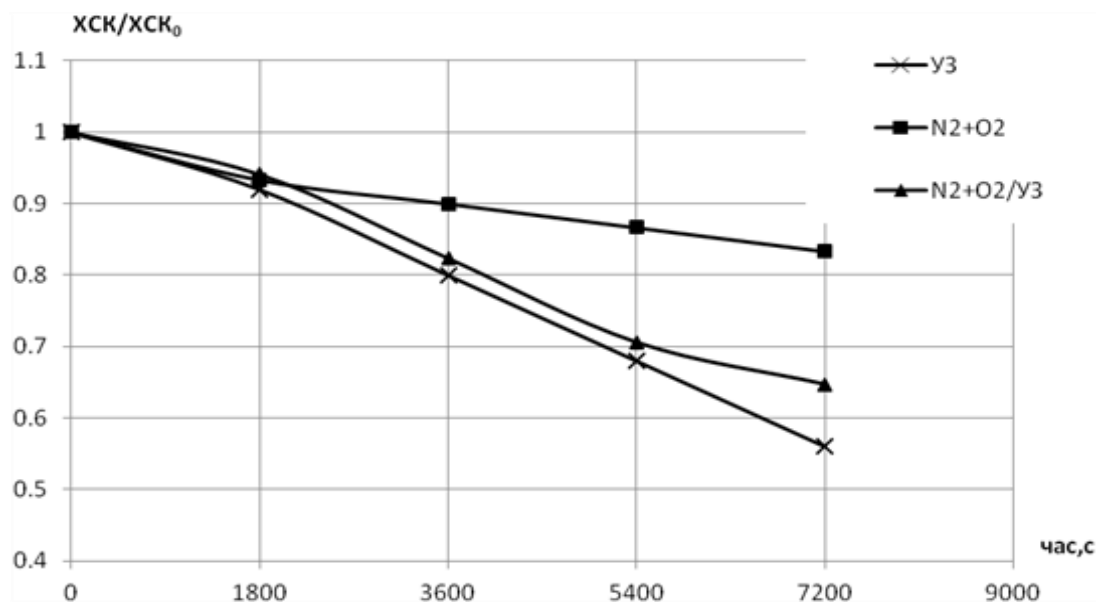


Рис. 3.7. Зміна відношення  $ХСК/ХСК_0$  в залежності від часу обробки стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» в атмосфері суміші газів при різних умовах обробки.

Оцінюючи результати, отримані при дослідженні впливу суміші газів на знищення мікроорганізмів (рис. 3.8), можна зазначити, що незалежно від умов проведення експерименту, результати, отримані при барботуванні газової суміші, ультразвуковому обробленні води та їх комбінованому застосуванні, мають схожі кінцеві значення. Зокрема,  $MЧ_K$  склало  $11,1 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> для барботування суміші газів,  $10,9 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> при застосуванні лише ультразвуку та  $14,1 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> при озвучуванні води в атмосфері газової суміші.

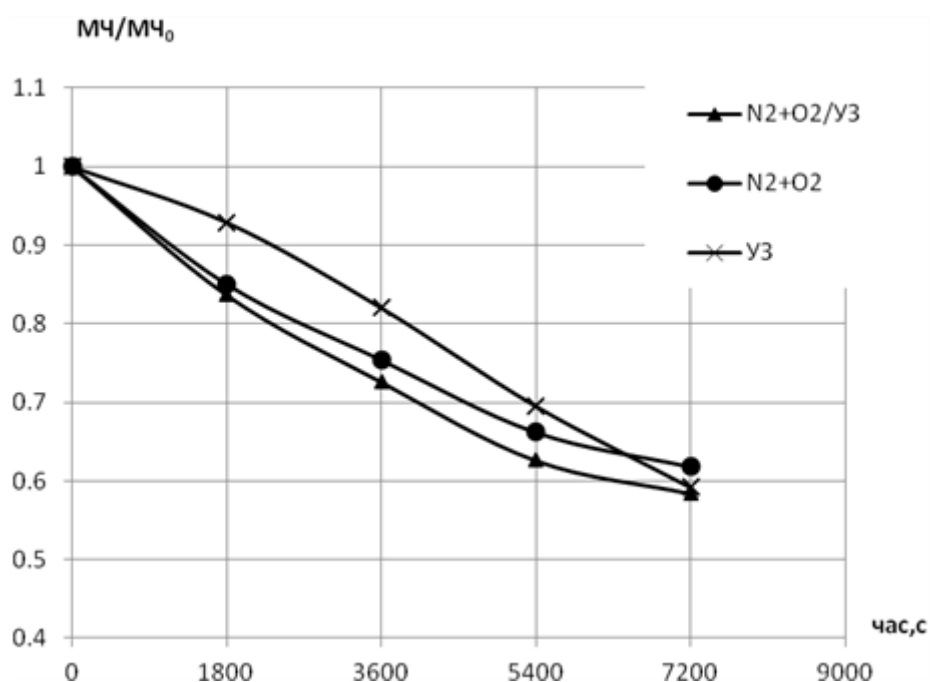


Рис. 3.8. Зміна відношення  $MЧ/MЧ_0$  під час обробки стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» в атмосфері суміші газів за різних умов проведення процесу.

Під час барботування газів різної природи в ультразвуковому середовищі (рис. 3.9) спостерігається поступове руйнування органічних забруднень на всіх етапах дослідження. Сумісне використання кисню з УЗ, суміші газів з УЗ та лише ультразвукової обробки дає схожі результати протягом першої години обробки (зниження в 1,3, 1,2 і 1,4 рази відповідно). Однак вже після 90 хвилин помітно знижується ефективність дії кисню в ультразвуковому середовищі (зменшення з  $532,48$  мг  $O_2/дм^3$  до  $399,36$  мг  $O_2/дм^3$ ) у порівнянні з барботуванням суміші газів

(зменшення з 544 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 384 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) та дією тільки ультразвуку (зменшення з 632,32 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 366,08 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Ця тенденція зберігається й через 120 хвилин, коли результати виглядають наступним чином: для кисню з УЗ спостерігається зниження в 1,45 рази (ХСК<sub>к</sub> = 366 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), для суміші газів з УЗ — в 1,54 рази (ХСК<sub>к</sub> = 352 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), а для тільки УЗ — в 1,9 рази (ХСК<sub>к</sub> = 332 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Найбільш ефективним виявляється обробка води ультразвуком в присутності азоту, де вже через 30 хв спостерігається суттєве зменшення ХСК (в 1,4 рази, ХСК<sub>п</sub> = 465,92 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), що вказує на значне зниження концентрації органічних сполук. Після двох годин спільного впливу азоту з УЗ результат є найбільш вражаючим: ХСК зменшується до 199,68 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що відповідає зниженню в 2,3 рази від початкового значення та наближається до встановлених санітарних норм для скиду стічних вод.

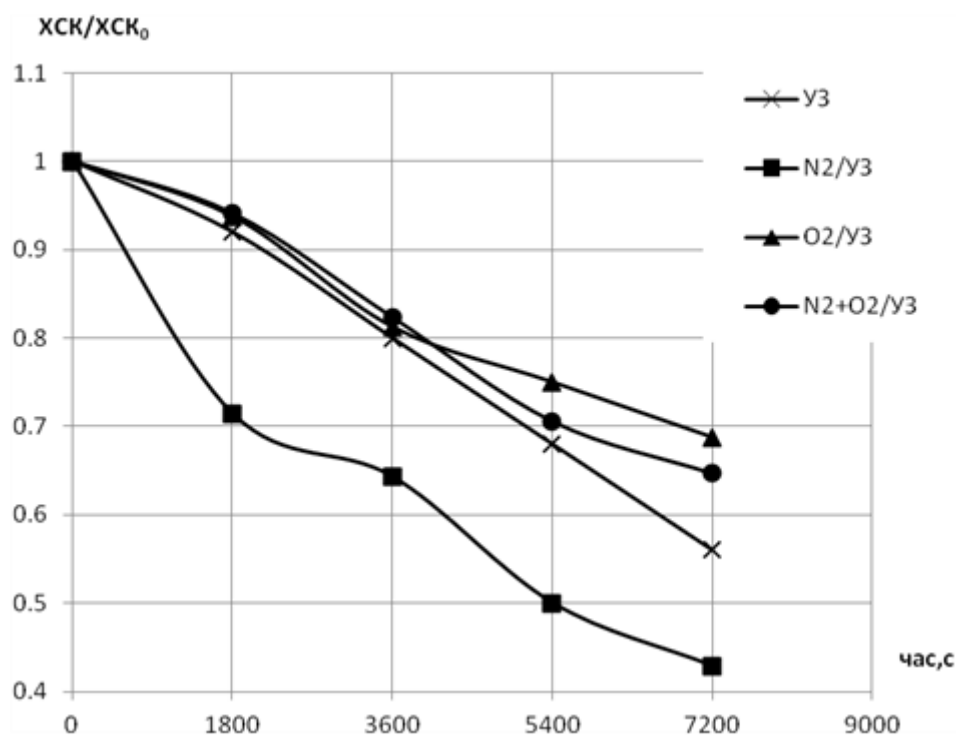


Рис. 3.9. Зміна відношення ХСК/ХСК<sub>0</sub> для стічних вод пивоварні «Бородач» в залежності від умов проведення процесу.

Аналізуючи отримані результати знезараження води від мікробіологічних забруднень (рис. 3.10), можна зробити висновок, що ультразвукова обробка без

подачі газів і комбіноване використання ультразвуку з газовою сумішшю дали схожі результати (зниження МЧ в 1,6 рази від початкового рівня) та виявились найменш ефективними серед усіх варіантів. Найкращі показники були досягнуті при поєднанні азоту з ультразвуковим впливом.

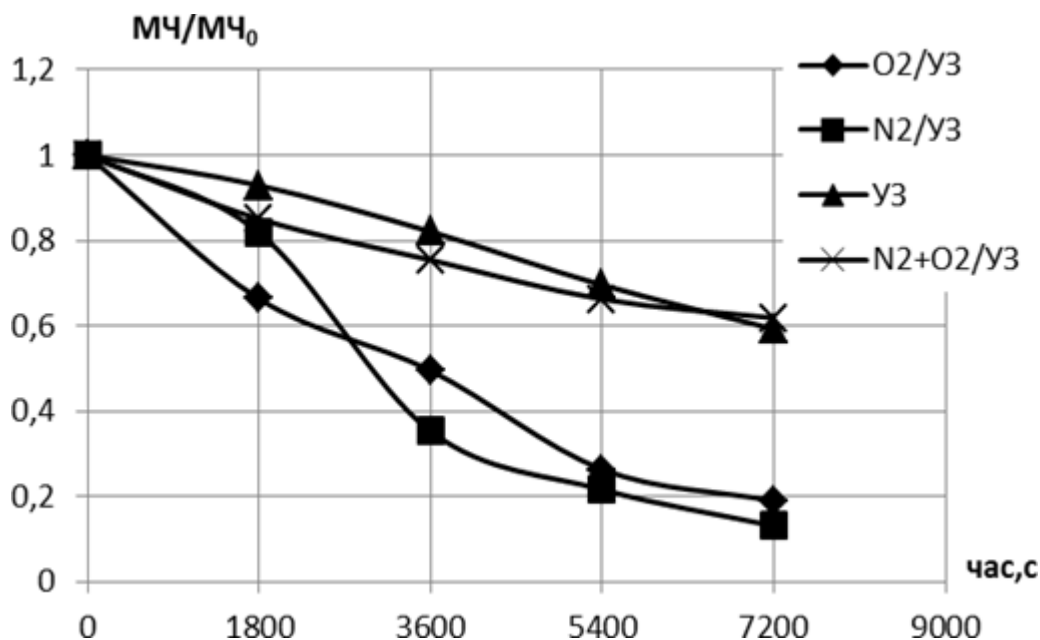


Рис. 3.10. Залежність відношення МЧ/МЧ<sub>0</sub> стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» від різних умов обробки.

Як видно з отриманих даних (рис. 3.10), ефективність знезараження води за допомогою ультразвуку та різних газових середовищ змінюється залежно від умов експерименту. Протягом перших 30 хвилин найбільш виражене зниження мікроорганізмів спостерігається при барботуванні кисню (зменшення з  $19 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до  $12,6 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>), в той час як при барботуванні азоту зменшення становить з  $17,6 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до  $14,4 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>. Після 60 хвилин результат змінюється: при барботуванні кисню спостерігається зменшення в 2 рази, до  $9,4 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, тоді як дія азоту дає більший ефект – зменшення в 2,8 рази до  $6,2 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>. Після 30 хвилин у кавітаційних умовах азот проявляє більш сильну знезаражувальну дію, зменшуючи кількість мікроорганізмів на 4,6 рази, порівняно з киснем, де зниження складає лише 3,8 рази. В кінці 2-годинного експерименту найкращі результати були досягнуті при сумісній дії азоту з ультразвуком ( $МЧ_k = 2,3 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>), що відповідає зниженню на 7,6 разів

порівняно з початковим значенням. Барботування кисню в ультразвуковому середовищі виявилось менш ефективним, оскільки кінцеве значення МЧ<sub>к</sub> становить  $3,6 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, що є лише на 5,2 рази менше початкового рівня.

### **3.3 Дослідження динаміки зміни вмісту органічних та біологічних забруднень стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» після кавітаційної обробки**

У попередньому розділі було продемонстровано ефективність використання різних газів в умовах кавітації для підвищення результативності очищення стічних вод пивоварень. На основі цих даних можна зробити висновок, що двогодинна обробка стічних вод азотом разом з ультразвуком дозволяє досягти значного покращення якості води, зокрема, досягнення значення ХСК = 199,68 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Результати двогодинної обробки свідчать, що найвищий бактерицидний ефект був досягнутий при спільному використанні азоту і ультразвукової обробки, що дозволило зменшити рівень МЧ в 7,6 разів порівняно з початковими показниками. Це підтверджує високу ефективність саме азоту в поєднанні з ультразвуком для знезараження стічних вод.

Згідно з отриманими результатами, найкращі показники очищення та знезараження води досягалися саме в атмосфері азоту. Тому подальші дослідження були орієнтовані на вивчення змін показників ХСК і МЧ у процесі тривалого зберігання очищених стічних вод, зокрема, в умовах з доступом повітря і без нього.

Для цього були відібрані два зразки стічних вод: один зразок, оброблений лише в атмосфері азоту протягом двох годин, і другий зразок, що піддавався одночасному впливу ультразвуку і азоту впродовж того ж часу. Кінцеві значення ХСК та МЧ, отримані в результаті цих обробок, були прийняті як базові для подальших досліджень. Далі ці зразки зберігали при різних умовах (з доступом повітря та без нього), періодично фіксуючи зміни в значеннях ХСК і МЧ.

На рисунку 3.11 показана залежність зміни ХСК від часу для стічних вод, оброблених звукохімічним методом за участю азоту при температурі 313 К. Початкові значення ХСК для води, що зберігалась без доступу повітря, становили 1330 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а для води з доступом повітря — 1040 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Протягом експерименту ці значення зменшувалися. Без доступу повітря спад ХСК відбувався протягом перших восьми діб, після чого до 20-ї доби зміни були незначними, а з 20-ї до 26-ї доби відбулося нове зменшення показника.

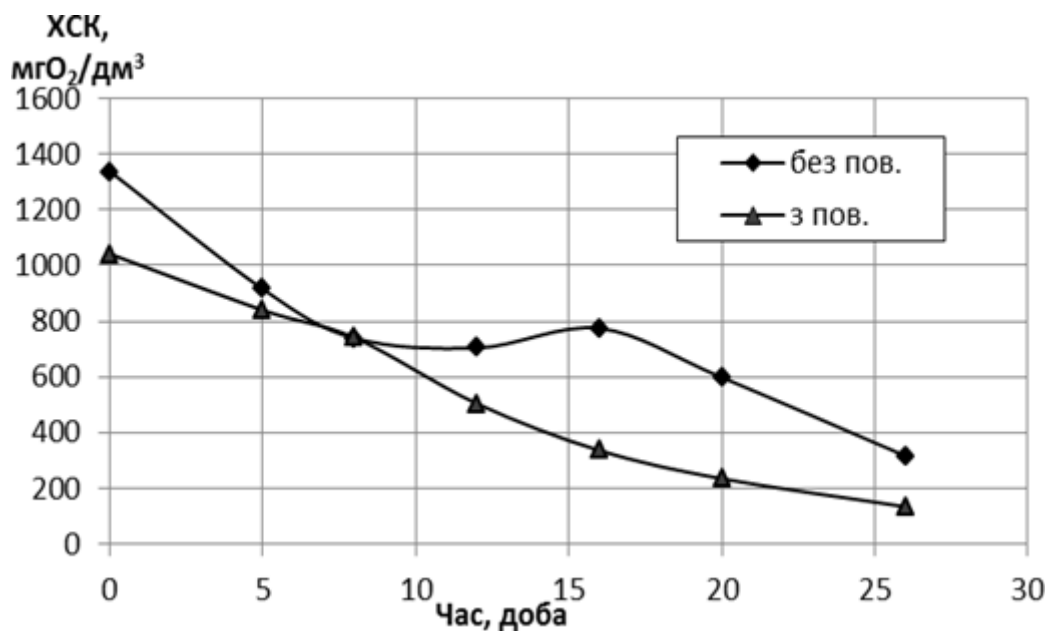


Рис. 3.11. Зміна ХСК в залежності від часу для стічної води пивоварного виробництва, яка була попередньо очищена за допомогою звукохімічного методу в атмосфері азоту.

При наявності доступу повітря спостерігається суттєве зниження ХСК, яке досягає 500 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на 12-й день (для порівняння, без доступу повітря на 12-й день ХСК становить 700 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). До завершення експерименту значення ХСК зменшується до 130 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на 26-й день. Таким чином, процес зменшення ХСК відбувається більш інтенсивно при доступі повітря, порівняно з умовами без доступу кисню. Це свідчить про те, що в присутності кисню продовжуються окислювальні реакції в обробленій воді, що сприяє подальшому зниженню ХСК.

Окрім визначення ХСК, паралельно проводилось дослідження загальної кількості мікроорганізмів (МО) у стічній воді для проведення бактеріологічного аналізу.

Щодо змін у кількості мікроорганізмів, спостерігається протилежна тенденція. На рисунку 3.12 представлена залежність зміни МЧ від часу для стічної води пивоварні, очищеної звукохімічним методом в атмосфері азоту.

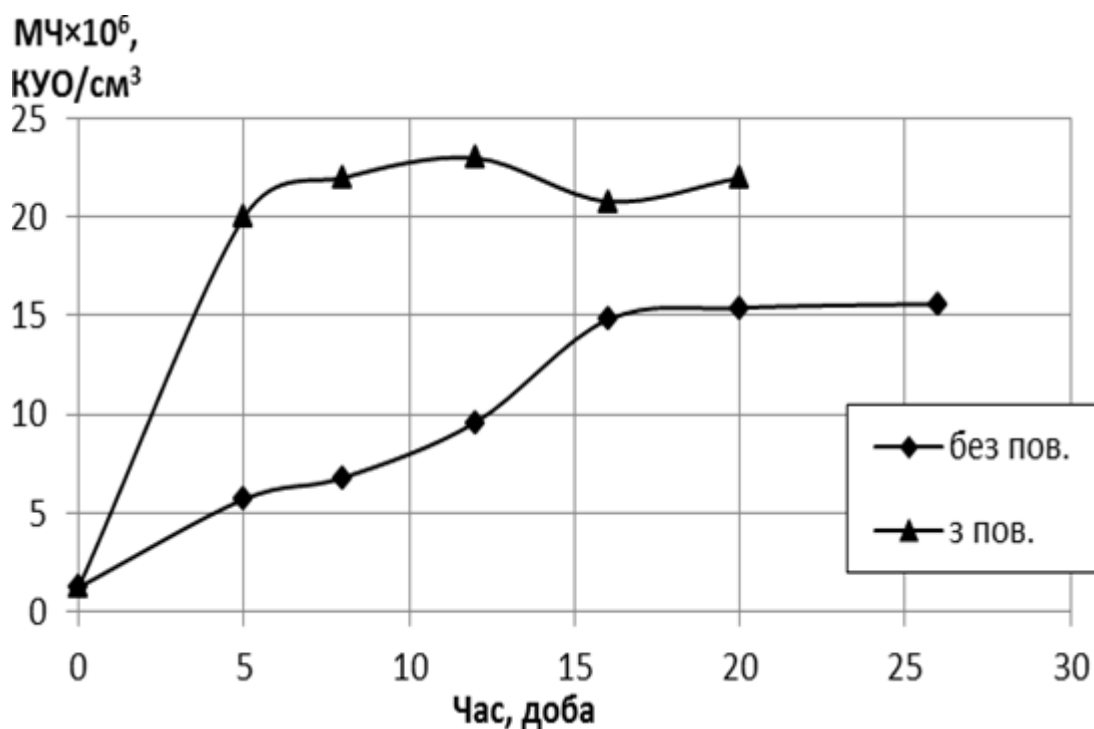


Рис. 3.12. Залежність динаміки зміни кількості МЧ від часу для стічних вод пивоварні, попередньо очищених звукохімічним методом за участю азоту.

Початкове значення МЧ становило  $1,236 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, після чого протягом експерименту спостерігалось його постійне збільшення. На п'ятий день після очищення в умовах доступу повітря МЧ різко підвищилось до  $20 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, що більше ніж у 20 разів, тоді як у воді без доступу повітря значення МЧ на той самий день становило  $5,7 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, що є збільшенням у 5 разів. Протягом наступних 15 діб рівень МЧ продовжував зростати у воді без доступу повітря, в той час як у воді з доступом повітря це значення майже не змінювалось. В період з 16-го по

26-й день спостерігалось невелике збільшення МЧ як у воді з доступом повітря, так і без нього.

Що стосується води, яку аерували азотом при температурі 313 К, то початкове значення ХСК було 1040 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup> без доступу повітря та 1340 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup> з доступом повітря. Протягом 25 діб, перебуваючи в умовах доступу повітря, ХСК значно знизилосся, що показано на рисунку 3.13.

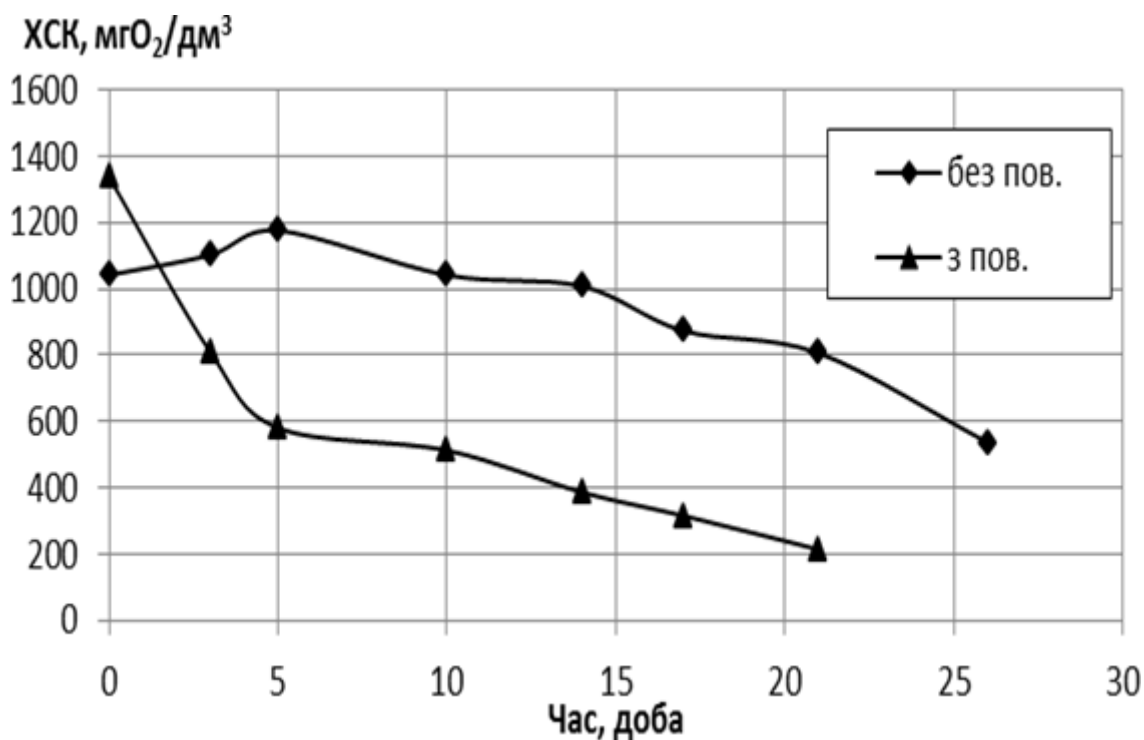


Рис. 3.13. Зміна ХСК з часом для стічних вод пивоварні, що пройшли попередню аерацію азотом без використання ультразвуку.

До п'ятої доби значення ХСК досягло 580 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup>, а на чотирнадцяту добу зменшилось до 390 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup>. Протягом періоду з 14 до 25 доби значення ХСК майже не змінювалось, знижуючись лише до кінцевого рівня 215 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup>. У відсутності доступу повітря на початку дослідження спостерігалось підвищення ХСК до п'ятої доби, після чого показник почав поступово знижуватися до 540 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup> на 25 добу, причому темп цього зниження був повільнішим порівняно з умовами, де був доступ повітря.

Щодо мікробіологічного забруднення, зміна МЧ також показала поступове зростання, як і у випадку з водою, обробленою за допомогою кавітації. Однак, в цьому випадку зростання було менш вираженим. Початкове значення МЧ становило  $6,8 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, а в кінці дослідження досягло  $11,6 - 12,8 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, що вдвічі більше, ніж початкове значення. Це зростання було подібним як в умовах з доступом повітря, так і без нього, як показано на рис. 3.14.

Очищення води проводилось в умовах барботування азотом без доступу повітря за температури  $T = 313$  К.

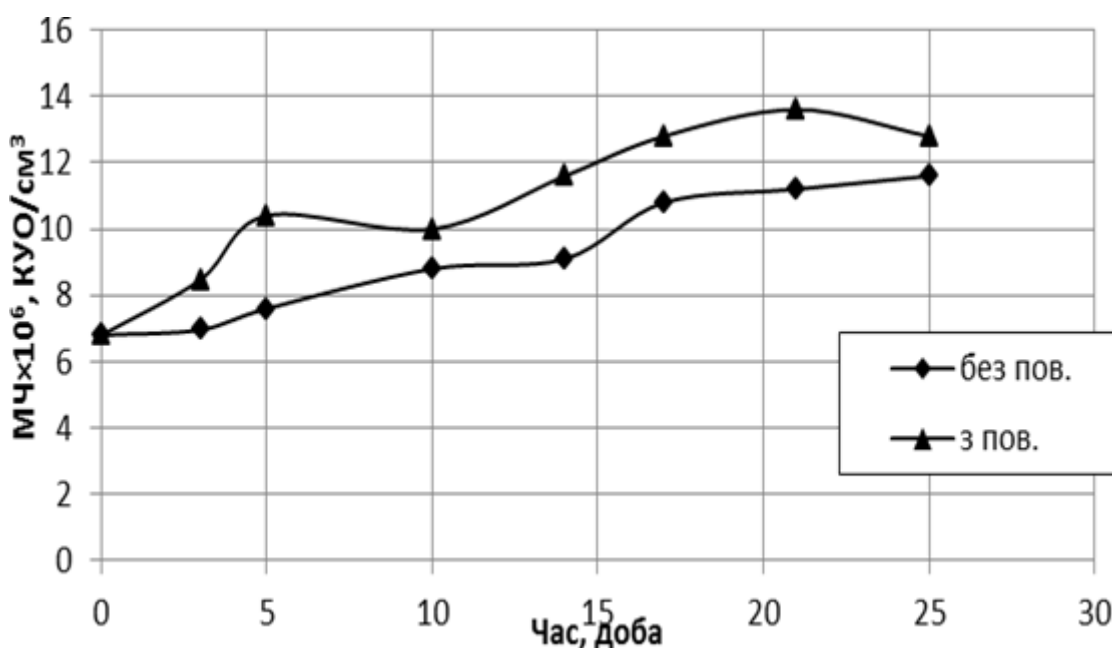


Рис. 3.14. Зміна концентрації мікроорганізмів у часі для стічних вод пивоварні, які були попередньо аеровані азотом.

На рисунку 3.15 показано, як змінюється ХСК стічної води, яка була попередньо очищена за допомогою звукохімічного методу.

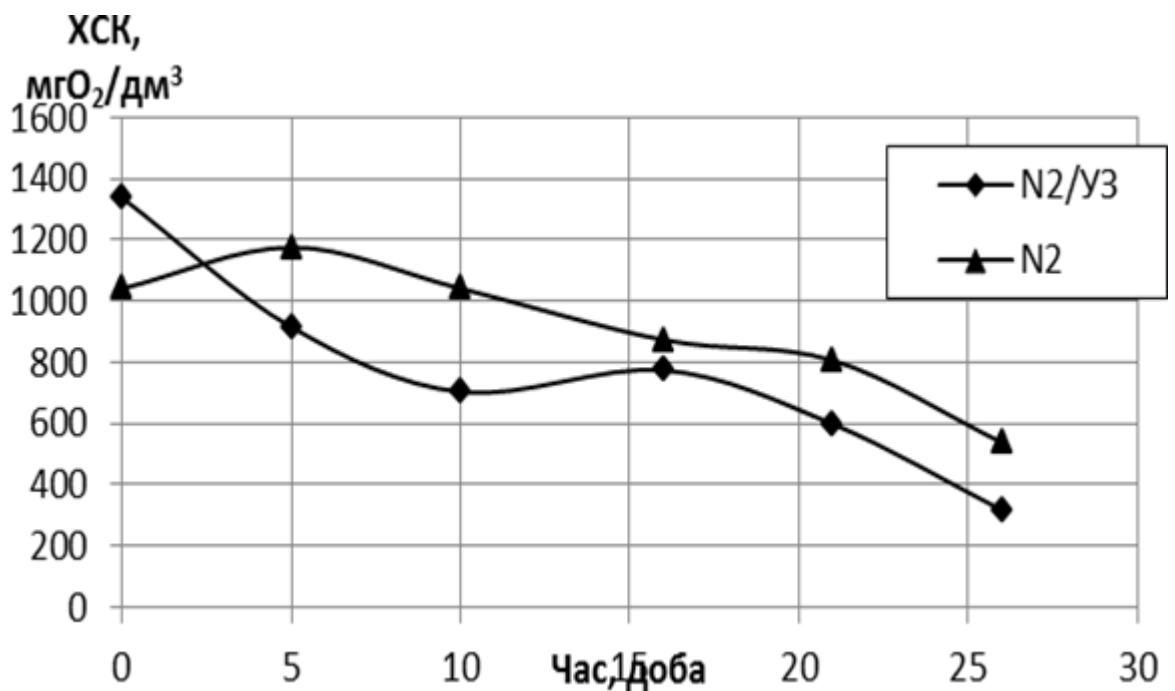


Рис. 3.15. Зміна ХСК стічних вод пивоварні, попередньо аерованих азотом та збережених без доступу повітря, залежно від часу.

Протягом перших п'яти діб спостерігається протилежна динаміка змін ХСК для стічних вод пивоварні: у воді, попередньо аерованій азотом, ХСК збільшується, тоді як у воді, обробленій ультразвуком, цей показник зменшується.

З 5-ї по 21-у добу обидва варіанти демонструють поступове зниження ХСК, причому в обох випадках процес відбувається подібно. Однак максимальний результат досягається в разі ультразвукової обробки в присутності азоту, де кінцевий показник ХСК становить 320 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Зниження ХСК від початкових значень 1340 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 390 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> спостерігається у воді, попередньо барботованій азотом, коли вона контактує з повітрям, як показано на рисунку 3.16.

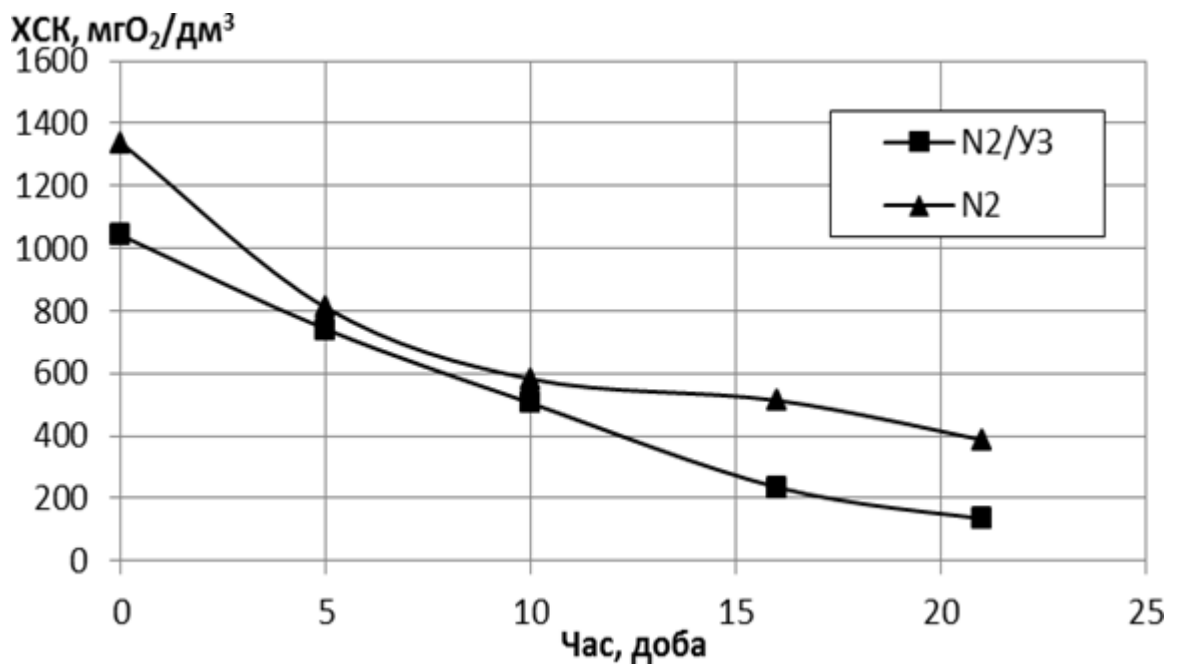


Рис. 3.16. Динаміка змін ХСК у часі для стічних вод пивоварні, які були попередньо аеровані азотом та зберігалися з доступом повітря.

При наявності доступу повітря для досліджуваної води відзначається зниження значення ХСК, причому у стічній воді, очищеній звукохімічним методом в атмосфері азоту, цей показник досягає мінімуму на рівні 134,4 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Як видно на рисунку 3.16, відбуваються позитивні зміни в значенні ХСК води, що оброблялась таким чином, на відміну від води, яка зберігалась без доступу повітря.

Протягом всього дослідницького періоду у воді, зберігаючи доступ повітря, спостерігалось поступове зменшення ХСК. В обробленій ультразвуком воді з азотом цей показник знижувався в 2,3 рази більше, ніж у воді без доступу повітря. У разі просто барботування азотом різниця складала лише 1,3 рази. Це дозволяє зробити висновок, що оптимальнішим методом очищення є поєднання ультразвуку та азоту за умови доступу повітря.

Попри різні методи очищення стічних вод та варіанти експериментальних умов, у всіх випадках спостерігалось зниження значень ХСК, що чітко відображено на рисунку 3.17.

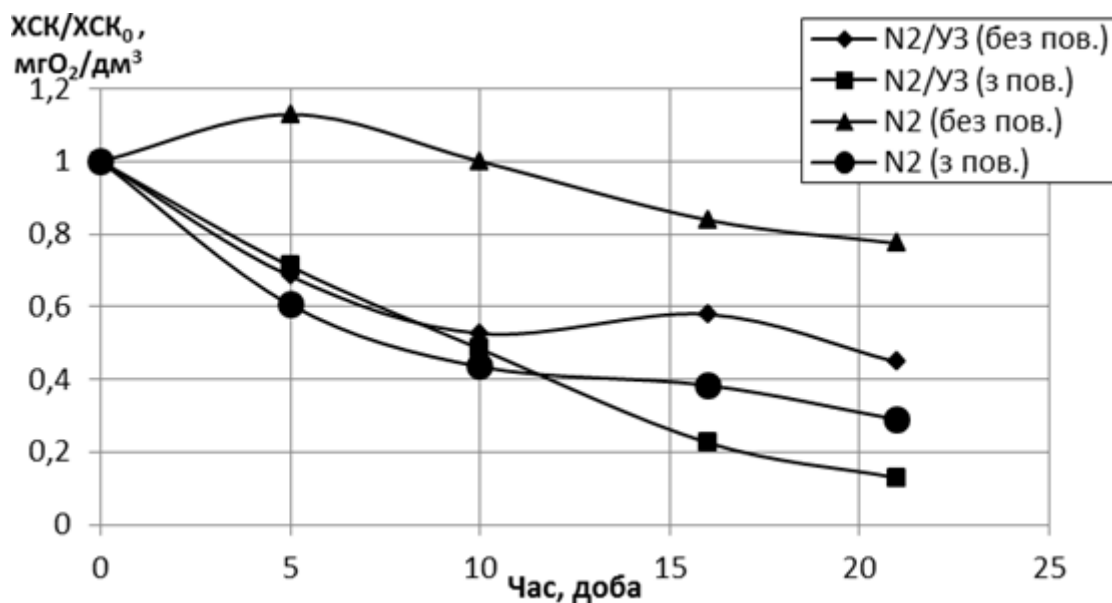


Рис. 3.17. Зміна відношення ХСК/ХСК<sub>0</sub> залежно від часу для стічних вод пивоварні «Бородач» за різних експериментальних умов.

Найменш ефективним виявився процес очищення стічної води, попередньо аерованої азотом і витриманої без доступу повітря. У цьому випадку значення ХСК зменшилось лише з 1041,6 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 806,4 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що відповідає зниженню в 1,2 рази. Натомість, при застосуванні ультразвукової обробки разом з аерацією азотом, було досягнуто значно кращих результатів – зменшення ХСК з 1337,6 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 598,4 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, що в 2,2 рази ефективніше. Середні результати були отримані при використанні води, попередньо барботованої азотом в умовах доступу повітря: ХСК знизилось з 1337,6 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 387,1 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, тобто на 3,4 рази. Найвищий рівень очищення був досягнутий за допомогою спільної дії азоту та ультразвуку при доступі повітря, що дозволило знизити ХСК в 7,7 разів, від 1041,6 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 134,4 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Однак, для мікробіологічного очищення ситуація виглядає по-іншому. Найменше зростання кількості мікроорганізмів було зафіксовано у випадку довготривалого зберігання води, аерованої азотом без доступу повітря. В результаті цього процесу спостерігалось збільшення МЧ з  $6,8 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до  $11,2 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, тобто в 1,6 рази, що свідчить про погіршення бактеріологічних показників води в умовах відсутності доступу кисню.

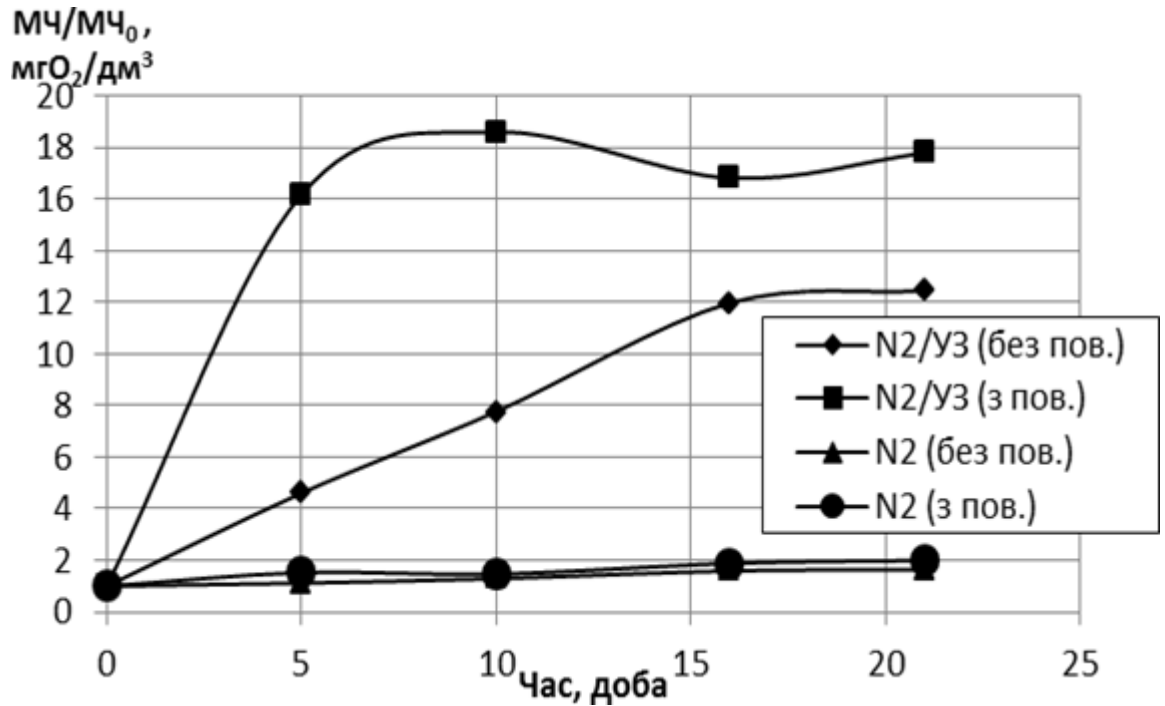


Рис. 3.18. Залежність відношення МЧ/МЧ<sub>0</sub> від часу для стічних вод крафтової пивоварні «Бородач» за різними умовами експериментального дослідження.

У процесі дослідження стічних вод, попередньо аерованих азотом і витриманих за умов доступу повітря, спостерігається зростання значення МЧ з  $6,8 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до  $13,6 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, що відповідає подвоєнню початкового рівня.

Коли застосовуються сумісні дії ультразвуку та азоту, як за наявності повітря, так і без нього, відзначається ще більш виражене зростання кількості мікроорганізмів. Зокрема, в умовах доступу повітря МЧ збільшується з  $1,2 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до  $22 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, що є підвищенням у 18 разів, а без доступу повітря — з  $1,2 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup> до  $15,4 \cdot 10^6$  КУО/см<sup>3</sup>, тобто в 12 разів.

### 3.4 Технологічна схема очищення дріжджових стоків пивоварні

Схема основних етапів очищення дріжджових стічних вод пивоварних підприємств представлена на рисунку 3.19.

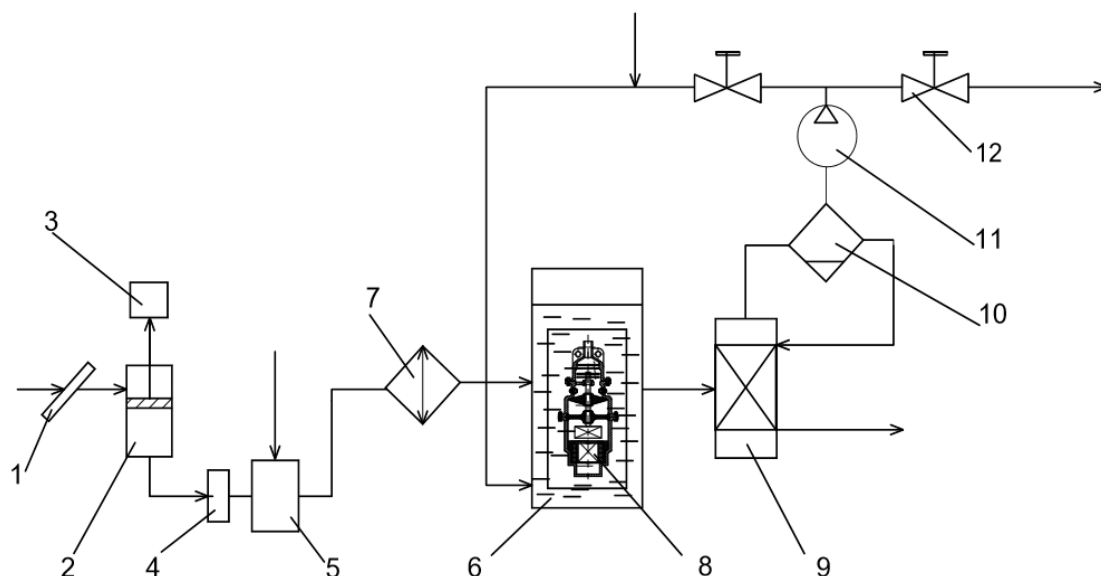


Рис. 3.19. Схема технологічного процесу очищення дріжджових стоків пивоварних підприємств: 1 – решітка, 2 – фільтр із дробини, 3 – резервуар для видалення суміші дробини та дріжджів, 4 – відстійник, 5 – ємність для змішування стоків, 6 – ємність, 7 – теплообмінник, 8 – вібраційний електронасос-кавітатор, 9 – адсорбер, 10 – сепаратор, 11 – компресор, 12 – вентилі.

Висококонцентровані дріжджові стоки спочатку подаються через решітку 1, де відбувається відділення великих агломератів дріжджів і інших суспензійних часток (зокрема дробини). Потім стоки надходять на фільтр 2, де фільтруючим матеріалом виступає шар дробини висотою 50 мм. Після цього грубо очищені стоки перетікають в відстійник 4, а звідти — в ємність 5 для змішування з іншими стоками, що утворюються при очищенні обладнання. Суміш дробини та дріжджів направляється в ємність 3, де її утилізують. Усереднені стоки з ємності 5 через теплообмінник 7 подаються в робочу зону вібраційного електронасоса-кавітатора 8, куди також надходить рециркулюючий азот.

Після проведення знезараження, очищена вода потрапляє в адсорбер 9, заповнений природними цеолітами (глауконітом і палигорськітом), які адсорбують неконвертовані органічні забруднення. Газові викиди (азот разом з

вуглекислим газом) проходять через сепаратор 10, а потім за допомогою компресора 11 частково повертаються до вібраційного електронасоса-кавітатора 8, а частково скидаються в атмосферу.

### **3.5 Висновки до розділу 3**

1. Досліджено вплив кавітаційних процесів у середовищі азоту, кисню та їх суміші (1:1) на руйнування органічних забруднень і знищення мікробіологічних забруднювачів у стічних водах крафтової пивоварні «Бородач».

2. Підтверджено ефективність використання різних газів для руйнування органічних забруднень та знищення мікроорганізмів. Найкращі результати очищення (зменшення ХСК в 2,3 рази) та знезараження води (зменшення МЧ в 7,6 рази) були досягнуті в кавітаційному полі, створеному азотом.

3. Проведено аналіз впливу тривалого контакту повітря на стічні води, очищені за допомогою кавітаційних процесів. Встановлено, що ступінь руйнування органічних речовин досягає 87,09%, а ефективність знезараження становить 88,23%. Оцінено також, як різні гази впливають на органічні та біологічні забруднення.

4. Розроблено технологічний процес очищення стічних вод пивоварних підприємств від органічних і біологічних забруднень за допомогою кавітаторів, що дозволяє підвищити ефективність очищення на 25–85%, залежно від типу використовуваного газу та конкретних умов застосування.

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Одне з найважливіших та першорядних завдань соціального і економічного розвитку України на ближню перспективу - завдання поліпшення умов праці. Успішне розв'язання цього завдання значною мірою залежить від підготовки інженерно-технічних кадрів у сфері охорони праці та навколишнього середовища. Розробка методик виконання науково-дослідних робіт та організація їх безпечного проведення в лабораторних умовах та на дослідних установках є досить актуальним питанням.

### **4.1 Атестація робочого місця інженера-дослідника в лабораторії на дослідній установці**

Згідно [14] робоче місце атестується, підлягає раціоналізації або ліквідуванню. На робочих місцях, які підлягають раціоналізації, необхідно встановити причину невідповідності умов праці існуючим нормам і розробити або рекомендувати методи та засоби усунення таких невідповідностей. При аналізі причин невідповідності факторів умов праці нормованим значенням і розробці рекомендацій (заходів) для їх нормалізації керувалися вимогами ДСН, ГОСТ, СН та іншими нормативним документами.

**Вказівки до складання карти умов праці на робочому місці.** Ступінь шкідливості факторів виробничого середовища і важкості робіт встановлюють (в балах) за відповідними критеріями (додаток 1). Якщо показники фактичного стану факторів виробничого середовища дорівнюють встановленим нормам або нижчі від показників ГДК, ГДР, то в карті умов праці (гр. 4) - проти відповідних факторів ставлять ризику «-».

Вплив даного фактора, згідно зі ступенями шкідливості факторів та робіт, коригують за формулою:

$$X_{\text{факт}} = X_{\text{ст}} * T,$$

де  $X_{ст}$  – ступінь шкідливості фактора чи важкості робіт, встановлений згідно з гігієнічною класифікацією праці, який вказується у гр. 5 карти умов праці;  $T$  – відношення часу дії даного фактора до часу робочої зміни; якщо час дії цього фактора становить більше 0,9 робочої зміни, то  $T = 1$ .

Розмір доплат залежно від фактичного стану умов праці встановлюється керівництвом підприємства та організацій за узгодженням із профкомом за шкалою (додаток 2), залежно від суми значень  $X_{факт}$  в разі обмеження можливості проведення інструментальних вимірів або розрахунку факторів виробничого середовища, допускається, як виняток, застосування методу експрес-оцінки умов праці за відповідними критеріями (додаток 3), при цьому оцінка у 3 бали дається тільки на основі інструментальних вимірювань.

Для проведення *атестації робочого місця інженера-дослідника* в лабораторії на дослідній установці необхідно скласти Карту умов праці. Карту умов праці розробляють на основі Протоколу замірів шкідливих факторів умов праці інженера-дослідника в науково-дослідній лабораторії.

### **Протокол замірів шкідливих факторів умов праці**

Об'єкт дослідження: Науково-дослідна лабораторія №5

Посада працівника: Інженер-дослідник

Дата проведення замірів: 01.09.2024

Комісія:

1. Іваненко І.О. (голова комісії)
2. Петров О.В. (інженер з охорони праці)
3. Сидоренко М.М. (представник відділу гігієни праці)

#### **1. Замір рівня шуму**

Місце заміру: Дослідна ультразвукова установка в лабораторії №5

Прилад для вимірювання: Шумомір типу "Shumetest-100"

Результати заміру:

№	Час заміру	Рівень шуму (дБ)	Допустимий рівень (дБ)	Висновок
1	09:00	74	65	Перевищення допустимого рівня
2	12:00	77	65	Перевищення допустимого рівня
3	15:00	76	65	Перевищення допустимого рівня

Середній рівень шуму: 75,7 дБ

Висновок: Рівень шуму перевищує допустимі значення для лабораторних умов праці.

## 2. Замір рівня освітленості:

Місце заміру: Робоче місце інженера-дослідника

Прилад для вимірювання: Люксометр "LightCheck-200"

Результати заміру:

№	Час заміру	Рівень освітленості (лк)	Рекомендований рівень (лк)	Висновок
1	09:30	340	500	Недостатнє освітлення
2	12:30	360	500	Недостатнє освітлення
3	15:30	350	500	Недостатнє освітлення

Середній рівень освітленості: 350 лк

Висновок: Освітленість на робочому місці нижче рекомендованого рівня для лабораторних умов.

## 3. Замір концентрації шкідливих речовин у повітрі

Місце заміру: Робоче місце інженера-дослідника біля дослідної установки

Прилад для вимірювання: Газоаналізатор "GasTest-300"

Результати заміру:

№	Речовина	Концентрація (мг/м <sup>3</sup> )	Допустима концентрація (мг/м <sup>3</sup> )	Висновок
1	Аміак	25	20	Перевищення допустимої концентрації

2	Ацетон	15	10	Перевищення допустимої концентрації
3	Вуглекислий газ	500	900	В межах норми

Висновок: Концентрації аміаку та ацетону перевищують допустимі значення, що створює потенційний ризик для здоров'я працівників.

### **Загальний висновок комісії**

Рівень шуму, освітленості та концентрації деяких шкідливих речовин (аміак та ацетон) на робочому місці інженера-дослідника не відповідають чинним нормативам. Для забезпечення безпеки та комфорту праці рекомендовано вжити заходів щодо:

1. Встановлення додаткових джерел вентиляції для зниження концентрації шкідливих речовин.
2. Установки додаткового освітлення для досягнення рекомендованих рівнів освітленості.
3. Зниження шумового навантаження шляхом встановлення шумоізоляційних панелей.

Підписи членів комісії:

1. Іваненко І.О. \_\_\_\_\_
2. Петров О.В. \_\_\_\_\_
3. Сидоренко М.М. \_\_\_\_\_

### **Карта умов праці**

#### **1. Загальні відомості про робоче місце:**

Посада працівника: Інженер-дослідник

Структурний підрозділ: Лабораторія хімічних досліджень

Місце проведення атестації: Лабораторія № 5

Дата проведення атестації: 01.09.2024

Склад комісії:

1. Іваненко І.О. (голова комісії)
2. Петров О.В. (інженер з охорони праці)

3. Сидоренко М.М. (представник відділу гігієни праці)

## 2. Основні фактори умов праці та їх вплив на здоров'я

№	Фактор умов праці	Одиниці вимірювання	Результати замірів	Допустиме значення	Висновок
1	Концентрація аміаку в повітрі	мг/м <sup>3</sup>	25	20	Перевищення норми
2	Концентрація ацетону	мг/м <sup>3</sup>	15	10	Перевищення норми
3	Рівень шуму	дБ	75	65	Перевищення норми
4	Освітленість робочого місця	лк	350	500	Недостатнє освітлення
5	Температура повітря	°С	23	18-25	В межах норми
6	Вологість повітря	%	50	40-60	В межах норми

## 3. Оцінка умов праці:

Загальна характеристика: Умови праці на робочому місці інженера-дослідника характеризуються перевищенням допустимих значень для концентрації шкідливих речовин та рівня шуму, а також недостатньою освітленістю.

Ризики для здоров'я: Можливі негативні наслідки для дихальної системи через вплив аміаку та ацетону, а також підвищене навантаження на слух через підвищений рівень.

## 4. Рекомендації щодо поліпшення умов праці:

### 1. Зниження концентрації шкідливих речовин:

Встановити додаткові витяжні системи біля дослідної установки.

Використовувати захисні фільтри для нейтралізації випарів аміаку та ацетону.

*2. Зниження шумового навантаження:*

Встановити шумоізоляційні панелі навколо основного обладнання.

Провести технічне обслуговування вентиляційної системи для зниження шуму.

*3. Покращення освітленості:*

Додати додаткові освітлювальні пристрої, щоб досягти рекомендованого рівня освітлення у 500 лк.

**5. Висновок комісії:**

На основі результатів атестації, робоче місце інженера-дослідника потребує раціоналізації. Впровадження вищевказаних заходів сприятиме забезпеченню безпечних та комфортних умов праці.

**Атестація робочого місця інженера-дослідника в лабораторії на дослідній установці**

*1. Загальні відомості*

Посада працівника: Інженер-дослідник

Підрозділ: Лабораторія хімічних досліджень

Місце проведення атестації: Лабораторія № 5, відділ експериментальних досліджень

Дата проведення атестації: 01.09.2024

Склад комісії:

1. Іваненко І.О. (голова комісії)
2. Петров О.В. (інженер з охорони праці)
3. Сидоренко М.М. (представник відділу гігієни праці)

*2. Характеристика робочого місця*

Основні завдання і функції: Інженер-дослідник виконує експерименти на дослідній установці, пов'язані з вивченням властивостей хімічних речовин,

проводить аналітичні дослідження, готує звіти та висновки за результатами дослідів.

*Устаткування:*

Дослідна установка для хімічного аналізу.

Аналізатор газів.

Вимірювальне обладнання для визначення температури, тиску, рівня шкідливих речовин у повітрі.

*3. Оцінка умов праці за факторами*

Шкідливі речовини: аміак, ацетон, кислоти, луги.

Рівень випарів: Під час роботи з розчинами може виділятися випар хімічних речовин (зокрема, аміаку та ацетону).

Замір концентрацій: Проведено заміри концентрацій шкідливих речовин у повітрі, які показали перевищення допустимих значень для аміаку.

Мікроклімат:

Температура повітря: 23°C (норма для лабораторних умов).

Вологість повітря: 50% (в межах норми).

Вентиляція: Вентиляційна система працює недостатньо ефективно, що сприяє накопиченню шкідливих випарів.

Фізичні фактори:

Рівень шуму: Рівень шуму біля ультразвукової установки становить 75 дБ, що перевищує допустимі значення для постійного шуму в лабораторних умовах.

Освітлення: Загальний рівень освітлення становить 350 лк, що недостатньо для лабораторної роботи, де рекомендовано 500 лк.

*4. Аналіз відповідності умов праці нормативним документам*

Робоче місце не відповідає вимогам щодо концентрації шкідливих речовин у повітрі та рівня шуму (згідно з вимогами ДСН 3.3.6.042-99).

Умови освітлення також потребують покращення (згідно з нормами СНіП 23-05-95).

*5. Рекомендації*

Раціоналізація робочого місця: встановити додаткові системи локальної вентиляції та фільтрації повітря для зниження концентрації аміаку.

Забезпечити додаткові джерела освітлення для досягнення рекомендованого рівня у 500 лк.

Зменшення шуму: розмістити шумоізоляційні екрани навколо дослідної установки.

Перевірити та оптимізувати роботу вентиляційної системи для зниження загального рівня шуму.

Контроль факторів середовища:

Регулярно проводити заміри концентрацій шкідливих речовин у повітрі.

Перевіряти роботу вентиляції щоквартально.

*б. Висновок комісії*

На основі проведеної атестації робоче місце потребує раціоналізації для приведення умов праці у відповідність до чинних нормативів. Впровадження рекомендованих заходів дозволить забезпечити безпечніші та комфортніші умови праці для інженера-дослідника.

## РОЗДІЛ 5 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Цивільний захист – це функція держави, спрямована на захист населення, території, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таких ситуацій, ліквідації їх наслідків та надання допомоги постраждалим в мирний час та в особливий період [15].

### **5.1 Способи захисту населення і територій підприємства від надзвичайних ситуацій техногенного характеру**

Захист населення та територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру передбачає реалізацію комплексу заходів, спрямованих на зменшення ризиків, запобігання аваріям і мінімізацію їх наслідків. Основні способи захисту включають [16]:

#### **1. Попереджувальні заходи**

- Оцінка ризиків і планування: Аналіз потенційних небезпек, оцінка ризиків на підприємстві та розробка планів реагування;
- Контроль і моніторинг: Постійне спостереження за станом технічного обладнання, систем безпеки та екологічної ситуації.

- Виконання нормативних вимог: дотримання правил техніки безпеки, екологічних стандартів та законодавства у сфері надзвичайних ситуацій.

#### **2. Інженерно-технічні заходи**

- Проектування безпечних об'єктів: Використання сучасних технологій для створення стійких до аварій будівель і систем.

- Системи автоматичного контролю і захисту: Встановлення систем сигналізації, пожежогасіння, аварійного відключення.

- Бар'єри і захисні споруди: будівництво резервуарів, дамб, протипожежних бар'єрів.

#### **3. Організаційні заходи**

- Навчання персоналу: Проведення регулярних тренувань і навчань щодо дій у надзвичайних ситуаціях.

- Інформування населення: Повідомлення про можливі ризики та порядок дій через ЗМІ, соціальні мережі та спеціальні системи оповіщення.

- Створення аварійно-рятувальних служб: Формування мобільних груп, оснащених необхідним обладнанням для швидкого реагування.

#### **4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)**

- Маски, респіратори, костюми хімічного захисту, протигази для працівників і населення.

- Засоби першої допомоги, такі як аптечки та антисептики.

#### **5. Евакуаційні заходи**

- Розробка маршрутів і планів евакуації працівників та населення.

- Створення безпечних зон збору.

#### **6. Екологічний контроль і відновлення**

- Проведення постійного моніторингу стану довкілля навколо підприємства.

- Знешкодження або утилізація небезпечних відходів.

#### **7. Фінансування заходів безпеки**

Виділення коштів на модернізацію обладнання, проведення профілактичних ремонтів і закупівлю засобів захисту.

Ці заходи значно зменшують ризики техногенних аварій і забезпечують готовність до швидкого реагування у разі їх виникнення.

### **5.2 Аварії з викидом сильнодіючих отруйних речовин. Захист населення при хімічному ураженні**

Аварії з викидом сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) є одним із найнебезпечніших видів техногенних надзвичайних ситуацій. До таких речовин належать аміак, хлор, сірчистий ангідрид, бензол та інші хімікати, які можуть спричинити масові ураження людей і довкілля [16].

#### **Основні дії при аварії з викидом (СДОР)**

##### **1. Оповіщення населення**

- Сигнал про небезпеку передається через сирени, радіо, телебачення, SMS-повідомлення або інші засоби зв'язку.

- Населенню надається інформація про характер небезпеки, порядок дій та місця укриття.

## 2. Захист дихальних шляхів

Використання протигазів або респіраторів. У разі їх відсутності – використання підручних засобів: ватно-марлевих пов'язок, рушників, змочених у розчині соди (при ураженні хлором) або оцту (при аміаку) [16].

## 3. Укриття населення

Перехід до захищених приміщень (підвали, герметичні кімнати, сховища). Закриття вікон, дверей, вентиляційних отворів для запобігання проникненню СДОР.

## 4. Евакуація

- Організована евакуація із зони ураження під керівництвом органів цивільного захисту.

- Дотримання маршрутів, рекомендованих для виходу в безпечні райони.

## 5. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

- Використання спеціального захисного одягу, гумових рукавичок, окулярів для запобігання контакту з отруйними речовинами.

## 6. Перша медична допомога

У разі контакту з хімічними речовинами:

- Промивання уражених ділянок шкіри великою кількістю води.

- Негайне звернення до медичних закладів для лікування.

## 7. Дії після виходу із зони ураження

Утилізація одягу, який міг контактувати із СДОР.

Прийняття душу для видалення залишків отруйних речовин з тіла.

Постійний медичний контроль для виявлення можливих ускладнень.

### ***Попереджувальні заходи для захисту від хімічного ураження***

#### 1. Навчання населення

Проведення регулярних інструктажів і тренувань щодо дій при хімічній аварії.

#### 2. Створення запасів ЗІЗ

Забезпечення протигазами та аптечками першої допомоги в місцях проживання і роботи.

### 3. Інженерні заходи

- Герметизація будівель і приміщень.
- Установлення систем фільтрації повітря.

#### ***Ознаки хімічного ураження***

- Утруднене дихання, кашель.
- Запаморочення, слабкість, подразнення очей або шкіри.
- Втрата свідомості при сильному отруєнні.

При підозрі на хімічне ураження важливо негайно звернутися за медичною допомогою [16].

### **5.3. Оцінювання хімічної обстановки при руйнуванні (аварії) об'єктів, що містять сильнодіючі отруйні речовини**

При руйнуванні або аваріях на об'єктах, що мають сильнодіючі отруйні речовини (СДОР), утворюються зони хімічного зараження, всередині яких можуть виникати осередки хімічного ураження [17].

*Сильнодіючі отруйні речовини* – хімічні сполуки, що у визначених кількостях перевищують гранично припустимі концентрації (щільність зараження) та можуть впливати на людей, сільськогосподарських тварин, рослини і викликати в них ураження різного ступеня.

СДОР можуть бути елементом виробництва (аміак, хлор, азотна і сірчана кислоти, фтористий водень) і можуть утворюватися як токсичні продукти при пожежах на об'єктах народного господарства (окис вуглецю, окис азоту, хлористий водень, сірчистий газ). СДОР можуть бути у вигляді рідин або зріджених газів. Їх зберігають у закритих ємностях. Руйнування або ушкодження ємності або комунікації з зазначеними речовинами служать джерелами утворення зон хімічного зараження і вогнищ хімічного ураження.

Зона хімічного зараження, утворена СДОР, включає місце безпосереднього розливу отруйних речовин і територію, над якою поширилися пари отруйних речовин у вражаючих концентраціях.

Залежно від кількості отруйної речовини, що вилася, у зоні хімічного зараження може бути один або кілька вогнищ хімічного ураження [17].

Розміри зони хімічного зараження характеризуються глибиною поширення хмари, зараженої отруйними речовинами повітря з вражаючими концентраціями  $\Gamma$ , шириною  $Ш$  і площею  $S$ .

Основною характеристикою зони хімічного зараження є глибина поширення зараженої хмари зараженого повітря. Ця глибина пропорційна концентрації СДОР і швидкості вітру. Однак при значній швидкості вітру у приземному шарі повітря (6 – 7 м/с і більше) ця пропорційність порушується, тому що хмара швидко розсіюється. Підвищення температури ґрунту і повітря прискорює випар СДОР, а, отже, збільшує її концентрацію над зараженою місцевістю. На глибину поширення СДОР і на їхню концентрацію в повітрі значно впливають вертикальні потоки повітря. Їхній напрямок характеризується ступенем вертикальної стійкості атмосфери. Розрізняють три ступеня вертикальної стійкості атмосфери: інверсію, ізотермію і конвекцію (рис. 5.1).

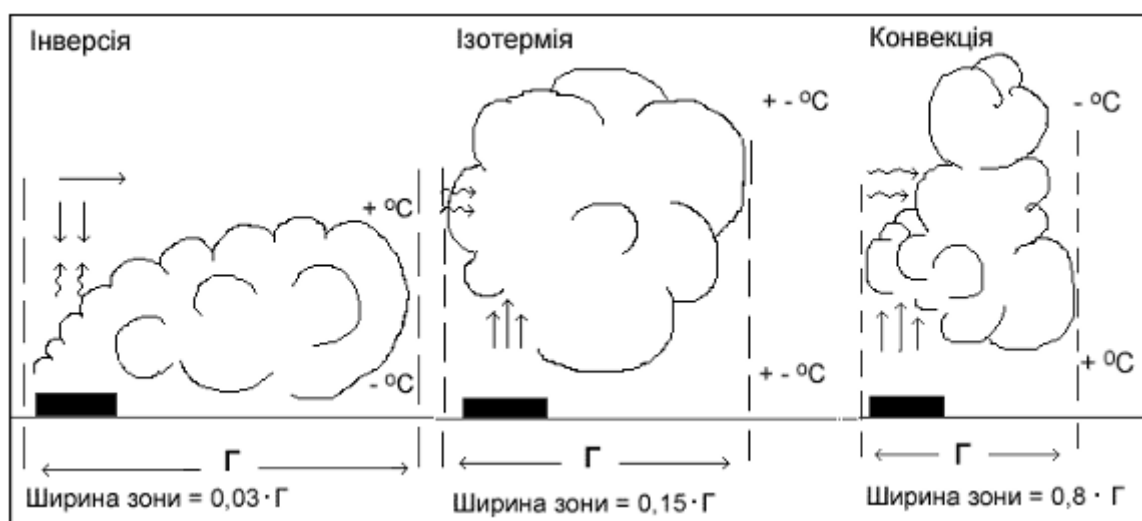


Рис. 5.1 – Ступені вертикальної стійкості атмосфери

Оцінювання хімічної обстановки на об'єктах, що мають СДОР, проводиться для організації захисту людей, які можуть виявитися в зонах хімічного зараження [17].

При розв'язанні завдання з підвищення стійкості роботи об'єктів оцінювання хімічної обстановки проводиться завчасно методом прогнозування.

Оцінювання хімічної обстановки на об'єктах, що мають сильнодіючі отруйні речовини, включає:

- визначення розмірів і площі зони хімічного зараження; □ визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкта;
- визначення часу вражаючої дії СДОР;
- визначення можливих втрат людей у вогнищі хімічного ураження.

### 5.3.1. Визначення розмірів і площі зони хімічного зараження

Розміри зон залежать від кількості СДОР на об'єкті, фізичних і токсичних властивостей, умов зберігання, метеоумов і рельєфу місцевості [17].

У табл. 5.1 наведено орієнтовні відстані (глибину), на яких у повітрі можуть створюватися вражаючі концентрації деяких видів СДОР для певних умов.

Таблиця 5.1 – Глибина поширення зараженого повітря при  $V_v = 1$  м/с

Найменування СДОР	Кількість СДОР в ємностях на об'єкті, т					
	5	10	25	50	75	100
При інверсії, км						
Хлор, фосген	23		49		80	Більше 80
Аміак	3,5	4,5	6,5	9,5	12	15
Сірчистий ангідрид	4	4,5	7	10	12,5	17,5
Сірководень	5,5	7,5	12,5	20	25	61,6
При ізотермії, км						
Хлор, фосген	4,6	7	11,5	16	19	21
Аміак	0,7	0,9	1,3	1,9	2,4	3
Сірчистий ангідрид	0,8	0,9	1,4	2	2,5	3,5
Сірководень	1,1	1,5	2,5	4	5	8,8

При конвекції, км						
Хлор, фосген	1	1,4	1,96	2,4	2,85	3,15
Аміак	0,21	0,27	0,39	0,5	0,62	0,66
Сірчистий ангідрид	0,24	0,27	0,42	0,52	0,65	0,77
Сірководень	0,33	0,45	0,65	0,88	1,1	1,5

Ширина зони хімічного зараження визначається за наступними співвідношеннями:

$$Ш = 0,03 \cdot Г \text{ – при інверсії;}$$

$$Ш = 0,15 \cdot Г \text{ – при ізотермії;}$$

$$Ш = 0,8 \cdot Г \text{ – при конвекції,}$$

де  $Г$  – глибина поширення хмари зараженого повітря з вражаючою концентрацією, км.

Площа зони хімічного зараження  $S_3$  приймається як площа рівнобічного трикутника, що дорівнює половині добутку глибини поширення зараженого повітря на ширину зони зараження:

$$S_3 = 1/2 Г \cdot Ш \quad (5.1)$$

**Завдання 1.** На об'єкті зруйнувалася необвалована ємність, що містить 10 т аміаку. Визначити розміри і площу зони хімічного зараження в нічний час. Місцевість відкрита. Метеоумови – ясно, швидкість вітру 3 м/с.

*Розв'язання*

1. Визначаємо ступінь вертикальної стійкості повітря. Для цього з рис. 5.2 знаходимо, що при зазначених метеоумовах ступінь вертикальної стійкості повітря – інверсія.

Швидкість вітру, м /с	Ніч			День		
	ясно	хмарно	похмуро	ясно	хмарно	похмуро
0,5	інверсія			конвекція		
0,6 – 2						
2,1 – 4	ізотермія			ізотермія		
Більше 4						

Рис. 5.2 - Графік оцінювання вертикальної стійкості повітря

2. З табл. 5.1 для 10 т аміаку знаходимо глибину поширення зараженого повітря при  $V_в = 1$  м/с; вона дорівнює 4,5 км для вражаючої концентрації. З табл. 5.2 визначаємо поправковий коефіцієнт для  $V_в = 3$  м/с. Для інверсії він дорівнює 0,45. Визначимо глибину поширення хмари :

$$\Gamma = 4,5 \cdot 0,45 = 2,02 \text{ км.}$$

Таблиця 5.2 – Поправкові коефіцієнти при швидкості вітру більше 1 м/с

Поправковий коефіцієнт	Швидкість вітру, м/с					
	1	2	3	4	5	6
При інверсії	1	0,6	0,45	0,38	-	-
При ізотермії	1	0,71	0,55	0,5	0,45	0,41
При конвекції	1	0,7	0,62	0,55	-	-

3. Визначаємо ширину зони хімічного зараження при інверсії :

$$\text{Ш} = 0,03 \Gamma = 0,03 \cdot 2,02 = 0,06 \text{ км.}$$

4. Визначаємо площу зони хімічного зараження за формулою (5.1) :

$$S_3 = 2 \Gamma \cdot \text{Ш} = 2,02 \cdot 0,06/2 = 0,06 \text{ км.}$$

### 5.3.2. Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкта

Час підходу хмари  $t$  визначається діленням відстані  $R$  від місця розливу СДОР до даного об'єкта, м, на середню швидкість переносу хмари повітряним потоком  $W$ , м/с [17].

$$t = R / W \cdot 60. \quad (5.1)$$

Середня швидкість переносу хмари визначається за табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Середня швидкість переносу хмари, зараженої речовиною,  $W$  м/с

Швидкість вітру $V_1$ , м/с	Інверсія		Ізотермія		Конвекція	
	$R < 10$ км	$R > 10$ км	$R < 10$ км	$R > 10$ км	$R < 10$ км	$R > 10$ км
1	2	2,2	1,5	2	1,5	1,8
2	4	4,5	3	4	3	3,5
3	6	7	4,5	6	4,5	5
4	-	-	6	8	-	-
5	-	-	7,5	10	-	-
6	-	-	9	12	-	-

**Завдання 2.** У результаті аварії на об'єкті, розташованому на відстані 9 км від населеного пункту, зруйновані комунікації зі зрідженим аміаком масою 10 т. Метеоумови: ізотермія, швидкість вітру 5 м/с. Визначити час підходу хмари зараженого повітря до населеного пункту.

*Розв'язання*

1. Знаходимо середню швидкість переносу хмари зараженого повітря  $W$  з табл. 5.3 для ізотермії і швидкості вітру  $V = 5$  м/с :

$$W = 7,5 \text{ м/с.}$$

2. Тоді час підходу хмари зараженого повітря буде за формулою (5.2):

$$t = R / W \cdot 60 = 9000 / 7,5 \cdot 60 = 20 \text{ хв.}$$

### 5.3.3. Визначення часу вражаючої дії СДОР

Час вражаючої дії СДОР  $t_{вр}$  у вогнищі хімічного ураження визначається часом випару СДОР з поверхні його викиду (розливу) [17]. Час випару рідини  $t_{вип}$  (хв), визначається як частка від розподілу маси рідини в резервуарі  $G$  на швидкість випару  $C_{вип}$

$$t_{вр} = t_{вип} = G / C_{вип} .$$

Швидкість випару рідини (швидкість рідини, що випарувалася, у хвилину) розраховують за формулою

$$C_{вип} = 12,5 \cdot S \cdot P_s \cdot (5,38 + 4,1 \cdot V) \cdot M \cdot 10^{-8},$$

де  $C_{вип}$  – швидкість випару рідини, т/хв;

$S$  – площа розливу, м<sup>2</sup>;

$P_s$  – тиск насиченої пари, кПа;

$M$  – молекулярна маса рідини (молекулярна маса рідин: хлор – 70,91; аміак – 17,03; фосген – 98,92; сірчистий ангідрид – 64,07);

$V$  – швидкість вітру, м /с.

Тиск насиченої пари  $P_s$  визначають за рис. 5.3.

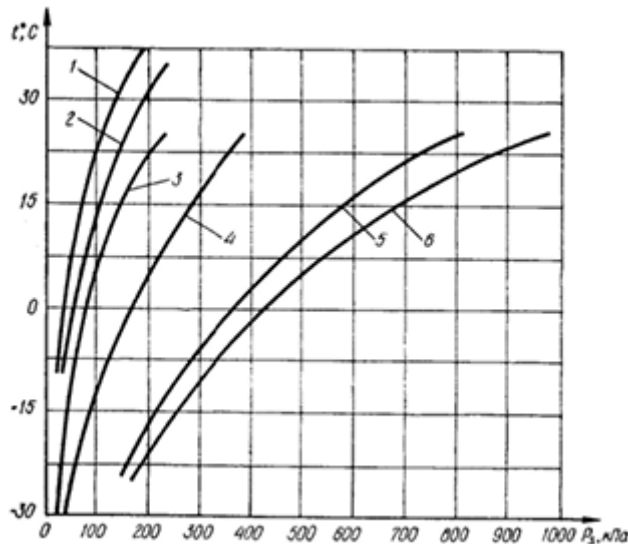


Рис. 5.3 – Графік залежності тиску насичених парів отруйних речовин від температури: 1 – синильна кислота; 2 – хлорціан; 3 – фосген; 4 – сірчистий ангідрид; 5 – хлор; 6 – аміак

Площа розливу при обвалуванні сховищ дорівнює площі обвалованої території [17]. При відсутності обвалування для наближених розрахунків можна прийняти, що рідина, що розлилася, покриє поверхню шаром у 0,05 м. У цьому випадку площа розливу  $S$  ( $m^2$ ) визначається як частка від розподілу обсягу рідини, що розлилася, на товщину шару 0,05 м:

$$S = V / 0,05,$$

де  $V$  – обсяг рідини в сховищі,  $m^3$ .

Час вражаючої дії СДОР у вогнищі хімічного ураження можна також визначати за допомогою таблиць [17].

**Завдання 3.** На об'єкті в результаті аварії зруйнована необвалована ємність з 10 т аміаку. Швидкість вітру 3 м/с. Визначити час вражаючої дії аміаку, що розлився.

*Розв'язання*

1. З табл. 5.4 знаходимо, що час вражаючої дії аміаку (час випару) при швидкості вітру 1 м/с дорівнює 1,2 год.

Таблиця 5.4 – Час випару деяких СДОР, год (швидкість вітру

$$V = 1 \text{ м/с)}$$

Сильнодіючі отруйні речовини	Вид сховища	
	необвалюване	обвалюване
Хлор	1,3	22
Фосген	1,4	23
Аміак	1,2	20
Сірчитий ангідрид	1,3	20
Сірководень	1	19

3. З табл. 5.5 знаходимо поправковий коефіцієнт для швидкості вітру 3 м/с; він дорівнює 0,55.

Таблиця 5.5 – Поправковий коефіцієнт для швидкостей вітру більше ніж  $V = 1 \text{ м/с}$

Швидкість вітру $V$ , м/с	1	2	3	4	5	6
Поправковий коефіцієнт	1	0,7	0,55	0,43	0,37	0,32

3. Час вражаючої дії аміаку складе,  $t_{\text{ч}}$ :

$$t_{\text{ч}} = 1,2 \cdot 0,55 = \sim 50 \text{ хв.}$$

#### 5.4. Визначення можливих втрат людей у вогнищі хімічного ураження

Втрати робітників, службовців і мешканців, що проживають поблизу від об'єкта, а також особового складу ЦЗ будуть залежати від чисельності людей, що опинилися на площі ураження, ступеня їх захищеності і своєчасного використання засобів індивідуального захисту (протигазів) [17]. Можливі втрати людей у вогнищі ураження визначаються з табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Можливі втрати робітників, службовців і населення від СДОР у вогнищі ураження, %

Умови перебування людей	Без протигазів	Забезпеченість людей протигазами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
На відкритій місцевості	90-100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
В найпростіших укриттях, будинках	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

Примітка. Орієнтована структура втрат людей у вогнищі ураження складе, % : легкого ступеня – 25, середнього і важкого ступеня – 40, зі смертельним результатом – 35.

**Завдання 4.** На хімічному заводі в результаті аварії зруйнована ємність з хлором. Робітники заводу (600 чол.) знаходяться в будинку і забезпечені протигазами на 100 %. Визначити можливі втрати робітників і їхню структуру.

*Розв'язання*

1. З табл. 5.6 визначаємо втрати:

$$P = 600 \cdot 0,04 = 24 \text{ чол.}$$

2. Відповідно до примітки до табл. 5.3.6 структура втрат робітників на об'єкті буде:

- зі смертельним результатом –  $24 \cdot 0,35 = 8$  чол;
- середнього і важкого ступеня –  $24 \cdot 0,4 = 9$  чол;
- легкого ступеня –  $24 \cdot 0,25 = 6$  чол.

Результати всіх розрахунків зводимо в табл. 5.7

Таблиця 5.7 – Результати оцінювання хімічної обстановки

Джерело зараження	Тип СДОР	Кількість СДОР, т	Глибина зони зараження, км	Загальна площа зони зараження, км	Час підходу хмари, хв	Час вражаючої дії, хв	Втрати від СДОР, чол	Примітка
Зруйнована ємність	Аміак	10	2,02	0,06	20	50	24	-

#### **Визначення можливих наслідків**

1. **Характер впливу** аміаку: аміак є сильнодіючою отруйною речовиною, яка викликає подразнення слизових оболонок, дихальних шляхів та шкіри. У великих концентраціях може бути смертельним.

#### **2. Осередок ураження:**

- глибина зони ураження в 2,02 км вказує на значний радіус розповсюдження небезпечної хмари, що може зачепити густонаселені території;

- загальна площа в 0,06 км<sup>2</sup> є невеликою, проте ураження концентроване, що збільшує ризик значних втрат у цій зоні.

**3. Час для реагування:** з урахуванням часу підходу хмари (20 хвилин), організація захисних заходів має бути оперативною:

- евакуація або укриття в захищених приміщеннях;
- використання засобів індивідуального захисту (протигазів, респіраторів, герметичних укриттів).

**4. Втрати серед населення:** згідно з оцінкою, можливі втрати складають 24 особи. Це число може зменшитися при правильній організації заходів захисту.

**5. Час вражаючої дії (50 хвилин):** тривалий період небезпеки вимагає утримання людей у захищених зонах протягом усього періоду дії отруйної хмари.

### **Рекомендації щодо дій**

#### **1. Евакуація або укриття:**

- Населення, яке перебуває у зоні потенційного ураження, має бути проінформоване про аварію і розпочати евакуацію до безпечних зон;
- Якщо евакуація неможлива — населення має зайняти герметизовані приміщення.

#### **2. Використання засобів індивідуального захисту:**

- Забезпечення протигазами та підручними засобами захисту дихальних шляхів (наприклад, вологі рушники, змочені у розчині лимонної або оцтової кислоти).

#### **3. Організація медичної допомоги:**

- Розгортання пунктів надання першої допомоги поблизу зон ураження.
- Проведення заходів з детоксикації постраждалих.

#### **4. Додаткові заходи:**

- Постійний моніторинг концентрації аміаку у повітрі.
- Інформаційна підтримка: інформування населення про тривалість небезпеки і подальші дії.

**Висновок.** На основі оцінки хімічної обстановки, ключові дії мають бути спрямовані на мінімізацію втрат серед населення та захист довкілля. Оперативна евакуація, використання засобів захисту і правильне інформування здатні значно зменшити кількість постраждалих.

## ВИСНОВКИ

Результати проведених досліджень у сфері крафтового пивоваріння виявили суттєвий екологічний вплив виробничих стоків, зокрема дріжджових стоків, на водні ресурси, що створює серйозну загрозу навколишньому середовищу. Особливо небезпечними для екосистеми є органічні і мікробіологічні забруднювачі, які потрапляють до водойм. Проте, отримані дані вказують на ефективність двоступеневих технологій очищення стоків, таких як фільтрація та кавітаційна обробка, що можуть забезпечити значну ефективність очищення, зокрема, за допомогою різних газів у кавітаційному полі.

Додаткові дослідження використання кавітаційних процесів для очищення стічних вод пивоварень показали високу ефективність цього методу в зниженні хімічного споживання кисню та знищенні мікроорганізмів. Це дозволяє суттєво поліпшити екологічну ситуацію в районах пивоваріння, знижуючи вплив на водні ресурси на 25–85% залежно від типу газу і конкретних умов застосування.

Окрім того, дослідження умов праці на пивоварних підприємствах підкреслюють необхідність вдосконалення робочих місць для забезпечення безпечних та комфортних умов праці. Впровадження рекомендованих заходів дозволить досягти відповідності чинним стандартам безпеки.

Не менш важливим є адекватне реагування на хімічні небезпеки, що можуть виникнути внаслідок забруднень. Вжиття ефективних заходів евакуації, використання засобів захисту та належне інформування громадськості дозволяє значно зменшити шкоду для населення і навколишнього середовища.

Загалом, інтеграція екологічно чистих технологій очищення, удосконалення умов праці та ефективне реагування на потенційні небезпеки є важливими кроками для забезпечення сталого розвитку крафтового пивоваріння і збереження навколишнього середовища.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обсяг виробництва пива за 8 місяців 2024 року. – Режим доступу: <http://ukrpivo.com/obsyag-virobnitstva-piva-za-8-misyatsiv-2024-roku/>.
2. Обсяг виробництва пива за 11 місяців 2023 року. – Режим доступу: <http://ukrpivo.com/obsyag-virobnitstva-piva-za-11-misyatsiv-2023-roku/>.
3. Обсяг виробництва за 12 місяців 2022. – Режим доступу: <http://ukrpivo.com/obsyag-virobnitstva-za-12-misyatsiv-2022/>.
4. Обсяг виробництва за 12 місяців 2021. – Режим доступу: <http://ukrpivo.com/obsyag-virobnitstva-za-12-misyatsiv-2021/>.
5. Обсяг виробництва за 12 місяців 2020. – Режим доступу: <http://ukrpivo.com/obsyag-virobnitstva-za-12-misyatsiv-2020/>.
6. Л.С. Філатова, М. О. Остащевський. Оцінка структури галузевого ринку пива в Україні. – Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/40770/17462.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
7. Н. Яблонська, Малацковська О. Сучасні тенденції та проблеми розвитку пивного ринку України. Науковий вісник [Одеського національного економічного університету]. – 2014. – №8. – С. 220-228. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nv\\_2014\\_8\\_24](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nv_2014_8_24).
8. Про затвердження переліків товарів, на які встановлено обмеження щодо переміщення через митний кордон України. Офіційний вебпортал парламенту України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-2012-п#Text>.
9. BRDO. BRDO провело аналіз української пивоварної галузі та підготувало програмний документ // Pivnoe Delo. 2021. Режим доступу: <https://pivnoe-delo.info/2021/04/15/brdo-provel-analiz-ukrainskoj-pivovarennoj-otrasli-i-podgotovil-programmnyj-dokument/>.
10. Безалкогольний тренд та конкуренція з крафтом. Як зараз розвивається ринок пива в Україні. In4People. URL: <https://in4people.com.ua/novini/bezalkogolnii-trend-ta-konkurenciia-z-kraftom-iak-zaraz-rozvivajetsia-rinok-piva-v-ukrayini>.

11. Пиво належить до підакцизних товарів. URL: <https://dp.tax.gov.ua/media-ark/news-ark/print-445059.html>.
12. Які компанії в Україні найбільше заробляють на пиві. LIGA. URL: <https://biz.liga.net/ua/all/infographic-of-the-day/infografica/yaki-kompanii-v-ukraini-naibilshe-zarobliaiut-na-pyvi>.
13. Аналіз ринку крафтового пива в Україні. URL: <https://inventure.com.ua/uk/analytics/investments/analiz-rinku-kraftovogo-piva-v-ukrayini>.
14. Про Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 741 (741-2016-п) від 05.10.2016). с. 216-218.
15. Кодекс цивільного захисту України – ВРУ №5403-VI, від 2.10.2012
16. Цивільна оборона : навч. посіб. для студентів вищих навч. закладів / М.А. Кулаков, В.О. Ляпун, В.О. М'який та ін.; за ред. В.В. Березуцького– Х.: Факт, 2008. – 312 с.
17. Практикум із курсу «Цивільна оборона» /М. А. Кулаков, В. О. Ляпун, Н. П. Мандрика та ін.; за ред. В. В. Березуцького.– Х.: Факт, 2007. – 120 с.

## ДОДАТОК 1

### Класифікація умов і характеру праці за ступенем шкідливості та небезпечності, тяжкості та напруженості

№ п/п	Фактори	Класи умов і характеру праці				
		1 – оптимальні	2 – допустимі	3 – шкідливі		
				1-й ступінь (бал)	2-й ступінь (бал)	3-й ступінь (бал)
1	2	3	4	5	6	7
1	Шкідливі речовини			Перевищення ГДК, разів		
	I клас безпеки			До 2	2,1-4	4
	II клас безпеки			До 3	3,1-5	5
	III клас безпеки			До 4	4,1-6	6
2	Пил (фіброгенної дії)			До 2	2,1-3	5
3	Вібрація			До 3	3,1-6	6
4	Шум			До 10	11-15	15
5	Інфразвук			>ГДР		
6	Ультразвук			***		
7	Неіонізуюче випромінювання:			***		
	Радіочастотний діапазон			***		
	Промислова частота Оптичний діапазон (лазерне випромінювання)			***		
8	Мікроклімат у приміщенні: Температура повітря, °С	Оптимальна за санітарними нормами	Допустима за санітарними нормами	Вище максимально допустимих величин у теплий період року або нижче мінімально допустимих величин у холодний період: До 4      4,1-8      вище 8		
	Швидкість руху повітря, м/с	Те саме	Те саме	Вище допустимих величин у холодний період року або нижче мінімально допустимих величин у теплий період		
	Відносна вологість повітря, %	Те саме	Те саме	Перевищення рівнів, допустимих санітарними нормами у теплий період року		
9	Інфрачервоне випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	Те саме	Те саме	141-350	351-2800	>2800
10	а) біологічні та мікроорганізми:			Перевищення ГДК, разів		
	I клас безпеки			2<	2,1-4	>4
	II клас безпеки			3<	3,1-6	>6
	III-IV клас безпеки			5<	5,1-10	>10
б) білкові препарати: I клас безпеки			3<	3,1-5	>5	

	II клас небезпеки III-IV клас небезпеки			5<	5,1-10	>10
				10<	10,1-20	>20
11	Важкість праці: динамічна робота Потужність роботи (Вт) при роботі з участю м'язів нижчих кінцівок і тулуба Те саме при роботі переважно участю м'язів плечового поясу Маса вантажу, що підіймається і носить	Чоловіки до 40	41-90	>90	***	***
		Жінки до 36	37-63	>63	***	***
		Чоловіки до 22	23-45	>45	***	***
		Жінки до 17,5	18-30,5	>30,5	***	***
		Чоловіки	<30,5	31-35	>35	***
		Жінки	До 10	11-15	Більше	***
13	Напруженість праці і важкість, зосередженість (% часу зміни)	50<	51-75	>75	-	-
14	Напруженість аналізаторних функцій: Зір (розряд зорових робіт і згідно з ДБН В.2.5.28-2006)	Груба і малої точності	Середньої точності	Високої точності	Дуже високої точності із застосуванням оптичних приладів	-

\* Підняття і пересування вантажів жінками вручну за 1 раз не повинно перевищувати при чергуванні з іншою роботою 15 кг, постійно протягом зміни - 10 кг.

## ДОДАТОК 2

### Розмір доплат залежно від фактичного стану охорони праці

На роботах	$X_{факт}$ , балів	Розмір доплати до тарифної ставки
З важкими та шкідливими умовами праці	До 2,0	4
	2,1 – 4,0	8
	4,1 – 6,0	12
З особливо важкими та особливо шкідливими умовами праці	6,1 – 8,0	16
	8,1 – 10,0	20
	Більше 10	24

